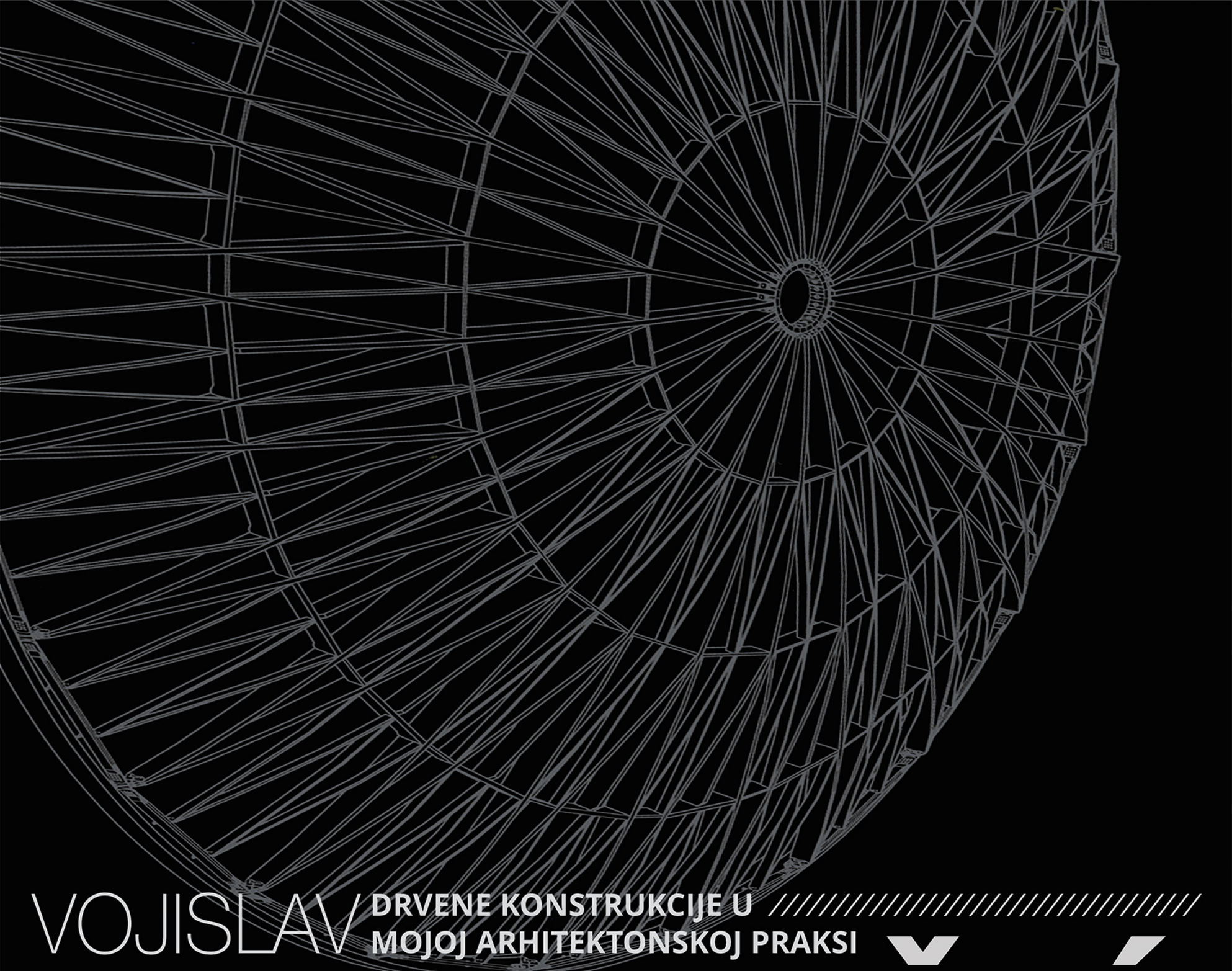


VOJISLAV

DRVENE KONSTRUKCIJE U
MOJOJ ARHITEKTONSKOJ PRAKSI

KUJUNDŽIĆ



Mojoj Snežani
i našoj deci

Prof. dr Vojislav KUJUNDŽIĆ, dipl. inž. arh.
redovni član Inženjreske akademije Srbije

DRVENE KONSTRUKCIJE U MOJOJ ARHITEKTONSKOJ PRAKSI

Automonografija

IZDAVAČI
LKV CENTAR d.o.o. Beograd
mr Gordana Jelkić, dipl. inž. arh.
Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu
Prof. dr Vladan Đokić, dipl. inž arh.
IAS – Inženjerska akdemija Srbije
Acc. prof. dr Ljubiša Kuzović, dipl. inž.

RECENZIJA Prof. dr Milorad RISTIĆ, dipl. inž. arh.
LEKTURA Tim Lekture i korekture, Niš
DIZAJN Vladimir Kovač, mast. inž. arh.

ISBN 978-86-918325-1-3

Matične sekcije projektanata i izvođača radova Inženjrske komore Srbije pomogle su sufinansiranjem pripremu za štampu ove knjige

Beograd /// 2014. godina





VOJISLAV
KUJUNDŽIĆ

DRVENE KONSTRUKCIJE U MOJOJ ARHITEKTONSKOJ PRAKSI

IZVOD IZ RECENZIJE

Milorad Ristić

„Ova automonografija predstavlja jedno obimno, široko i sveobuhvatno delo, koje svojim sadržajem i opusom, predstavlja jedan period kako autorovog stručnog i naučnog istraživačkog sazrevanja i stvaranja, kao projektanta i graditelja DRVENIH KONSTRUKCIJA, tako i njegovog nastavničkog razvoja – od asistenta do profesora i lidera u ovoj oblasti na Arhitektonskom fakultetu, u Beogradu, pa i šire. Obeležava i označava rad autora u nastavi na Arhitektonskom fakultetu poslednjih decenija 20. veka i prve decenije 21. veka, na nastavi u ovoj oblasti kojom se Fakultet može samo ponositi. Ono što je cilj svake primenjene nauke iz tehničkih oblasti danas, to je povezivanje teorije, nastave, i prakse, što je ovom automonografijom predstavljeno u punoj meri.

Ko su, ili koji će biti čitaoci ovog dela?
Prelistaće ga, ako im dođe do ruku, kao časopis iz arhitekture, svi arhitekti mlađi od 40 godina, kao i svi građevinski inženjeri, takođe mlađi od 40 godina, a koji se bave drvetom kao konstrukcijskim materijalom. Među navedenim kolegama, pročitaće ga kao stručnu i veoma korisnu literaturu, samo entuzijasti i zaljubljenici u drvo kao materijal, a to je najviše 10% od navedene interesne grupe.

Nažalost, nesrećnom implementacijom Bolonjske dekleracije u sadašnji program nastave na Arhitektonskom fakultetu, svi sadašnji i budući inženjeri arhitekture, budući projektanti drvenih konstrukcija, nisu obrazovani da bi mogli da čitaju ovo delo sa razumevanjem. Zato će sami morati da prošire svoja minorna saznanja o fizičkim i mehaničkim karakteristima drveta, a takođe i iz oblast matematike, statike i teorije konstrukcija. Za tako nešto je potrebno da imaju 25 do 30 godina života. Posle toga je kasno.

Što se tiče građevinskih inženjera konstruktivaca, koji žele da se bave drvetom kao konstrukcijskim materijalom, oni moraju da prošire svoja, takođe minorna znanja, iz oblasti funkcionalne analize prostora arhitektonskih objekata, kako u eksterijeru, tako i u enterijeru. Oni, takođe, moraju samostalno da oplemene svoje estetske kriterijume i da shvate da stvaranje u materijalu nije samo zadovoljavanje fizičkih i mehaničkin poptencijala drveta definisanih aktuelnim normama i propisima, već i oblikovanje prostora i oblika u prostoru, uz definisanu preliminarmu normu u skladu sa svim provedenim arhitektonskim analizama. I ovim inženjerima je Bolonjska deklaracja minimizirala njihov entuzijastički poriv i svela njihove potencijalne godine života na 25 do 30 godina.Posle toga je kasno. No, svako od njih, i od jednih i od drugih čitalaca entuzijasta, shvatiće da se mogu podići na željeni nivo predpostavljene obaveštenosti potrebne za čitanje ove knjige sa razumevanjem i uživanjem.“

* * *

„Shvatio sam da Vojislav Kujundžić ne radi ništa slučajno. Svuda gde je to bilo bitno, navodi imena kolega saradnika i značajnih specijalista, koji su mu pomagali u rešavanju datih projektantskih problema. Kao završnu reč, kojom sa uživanjem preporučujem ovu automonografiju obema grupama potencijalnih čitalaca entuzijasta, mogu da izjavim: U oblasti DRVENIH KONSTRUKCIJA, kao i u drugim inženjerski oblastima, postoje ljudi koji vide dalje, postoje ljudi koji vide dublje i postoje ljudi koji vide šire, ali ljudi koji vide istovremeno i dalje i dublje i šire su veoma retki. To su ljudi za kojima treba ići. Takav čovek, stvaralac i autor ove automonografije je Vojislav Kujundžić. Sledite ga!“

U Beogradu, septembra 2014. g.

REZIME

Vojislav KUJUNDŽIĆ [1]

DRVENE KONSTRUKCIJE U MOJOJ ARHITEKTONSKOJ PRAKSI

Automonografija

Moje višedecenijsko iskustvo stečeno u naučnom, pedagoškom i stručnom radu na primeni drveta u projektovanju i izvođenju radova na konstrukcijama arhitektonskih objekata i objekata parterne arhitekture predstavljeno je ovom knjigom. Koristio sam pisani materijal, projekte konstrukcija i fotodokumentaciju iz moje obimne arhive.

Najpre sam promovisao filozofiju kretaivnog pristupa projektovanju konstrukcija kroz sveobuhvatne analize, studije i izbor njihovih sistema iz uslova funkcije i oblikovanja arhitektonskih objekata i njihove izgradnje, a koje prethode neizbežnoj statičkoj, dinamičkoj i svakoj drugoj inženjerskoj proveri i dokazu stabilnosti usvojenog sistema. Slede detaljni podaci o savremenim sistemima drvenih konstrukcija prikazanih u formi detaljnog priručnika za primenu sistema lakih krovnih vezača (LKV), lepljenog lameliranog drveta (LLD) i krstasto lameliranog drveta (KLD) u arhitektonskoj i inženjerskoj praksi.

Prikaze primene prethodno promovisanih načela izneo sam na tri načina: kroz prikaze nekih pisanih radova, kroz podatke o mom doprinosu razvoju tehnologija LKV i LLD i kroz prezentaciju primene tih načela u realizaciji konstrukcija objekata različite funkcije i često, veoma složenog arhitektonskog izraza.

Puni sadržaj ove knjige ima specifičnu dimenziju: obuhvta moj razvojnu put, definisanu strategiju projektovanja konstrukcija i prikaz jednog dela mog stvaralačkog opusa u trajanju od pola veka – od 1964. do 2014. godine, sa profesionalnom bazom znanja formiranom četvorogidišnjim studijama na Arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Berogradu.

1) Dr sci. Vojislav Kujundžić, dipl. inž. arh.
Redovni profesor Arhitektonskog fakulteta
Redovni član Inženjerske akdemije Srbije

SUMMARY

Vojislav KUJUNDŽIĆ [1]

TIMBER STRUCTURES IN MY ARCHITECTURAL PRACTICE

Automonography

Experience many decades that I have acquired during the work in scientific, educational and field of expertise, regarding implementation of timber in design and construction of architectural and landscape developments, is presented by this book. I have used written material, structural design documents and photo-documentation from my extensive archive.

Initially, I presented creative approach philosophy to structural design, through comprehensive analysis, studies and selection of system to be applied, resulting from envisaged function and form of the architectural structures, as well as foreseen method for their construction, all to precede mandatory static, dynamic and every other engineering verification and proof of adopted system stability. The above is followed by detailed data on contemporary timber structure systems, shown in the form of precise manual for implementation of Timber Frame Trusses, Glued Lamination Timber and Cross Laminated Timber, in architectural and engineering practice.

Implementation overview of previously promoted principles, is carried out in three different ways: through presentation of some written works, by outlining information on my contribution to the stated timber structure technology development and through showing the use of the above principles in realization of building structures, for facilities with diverse functions and often quite complex architectural expression.

Full content of this book has specific dimension, encompassing course of my professional growth, defined strategy for structural design development and view of ample part of my creative work, lasting for half a century – from 1964. up to 2014. with basic expert knowledge acquired during the course of four year study, at the Faculty of Architecture – University of Belgrade.

1) PhD. Vojislav KUJUNDŽIĆ, BSc. Eng. Arch.
Full Professor, Faculty of Architecture
Regular member of the Engineering Academy of Serbia

RÉSUMÉ

Vojislav KUJUNDŽIĆ [1]

LES CONSTRUCTIONS EN BOIS DANS MES RÉALISATIONS ARCHITECTURALES

Automonographie

Ce livre présente plusieurs décennies d'expérience acquise au cours de mon travail dans le domaine scientifique, pédagogique et professionnel. Il s'agit de l'utilisation du bois dans les projets et réalisations de constructions architecturales diverses, de grande et petite taille. Pour présenter mon activité, j'ai utilisé des documents écrits, des projets de constructions et la documentation de mes archives.

J'ai abordé en premier lieu ma philosophie dans l'élaboration des constructions à travers une analyse globale, suivie par l'étude et par le choix de la fonction des ensembles architecturaux. Cette approche est précédée de l'inévitable vérification du point de vue de l'ingénieur suivie de la preuve de viabilité du système choisi. Par la suite sont énumérés les détails des systèmes contemporains des constructions en bois présentés sous forme d'un manuel pour l'utilisation des systèmes divers par les architectes et les ingénieurs – à savoir : LKV - La charpente industrielle en bois, avec les assemblages réalisés par des connecteurs en acier galvanisé, LLD - le bois lamellé collé et KLD – le bois lamellé – croisé.

La présentation de mes pratiques est formulée en définitive de trois manières : d'abord à travers l'évocation de mes écrits, puis par les détails de mes contributions à la technologie LKV, LLD et KLD et finalement par l'application de ces principes dans la réalisation de diverses constructions, souvent d'une approche architecturale très complexe.

Le fond de ce livre - manuel contient une dimension spécifique. En effet, il englobe aussi bien mon évolution personnelle qu'une définition de ma stratégie dans la manière de projeter les constructions, ainsi que la présentation de mes réalisations pendant un demi-siècle (de 1964 à 2014) d'exercice, dont l'essentiel aura été la formation professionnelle acquise à l'Université de Belgrade.

1) Dr sci. Vojislav Kujundzic, Architecte DPLGY
Professeur de la Faculté d'Architecture de Belgrade
Membre de l'Académie des Ingénieurs de Serbie

ZUSAMMENFASSUNG

Vojislav KUJUNDŽIĆ [1]

HOLZKONSTRUKTIONEN IN MEINER ARCHITEKTENPRAXIS

Automonografie

In diesem Buch ist meine jahrzehntelange Erfahrung dargestellt, die in der wissenschaftlichen, pädagogischen und professionellen Arbeit an Holzverwendung bei der Projektierung und bei den Arbeiten an Konstruktionen von Architekturobjekten und von Objekten der Parterre-Architektur erworben ist. Ich habe schriftliche Materialien, Projekte von Konstruktionen sowie die Fotodokumentation aus meinem umfangreichen Archiv benutzt.

Zunächst habe ich die Philosophie des kreativen Zugangs zur Projektierung von Konstruktionen durch umfassende Analysen, Studien und Auswahlen ihrer Systeme nach Funktionen und Gestalten der Architekturobjekten und deren Bau, die der statischen, dynamischen und jeder anderen Überprüfung von Ingenieuren und dem Nachweis der Stabilität des übernommenen Systems vorausgehen, gefördert. Es folgen allegmeine Informationen über moderne Systeme von Holzkonstruktionen, die in Form eines ausführlichen Handbuches für die Anwendung der Nagelplattenbinder-Systeme (NPB), der Brettschichtholz- Systeme (BSH) und der Kreuzlagenholz-Systeme (KLH) in der Architektur-und Ingenieurpraxis dargestellt sind.

Die Darstellungen der Anwendung von den zuvor geförderten Grundsätzen habe ich auf drei Weisen gezeigt: durch Darstellungen mancher geschriebenen Arbeiten, durch Informationen über meinen Beitrag zur Entwicklung der Technologie von NPB und BSH und durch die Präsentation der Anwendung von diesen Grundsätzen bei der Umsetzung der Konstruktionen der Objekte von verschieden Funktionen und von dem oft sehr komplexen architektonischen Ausdruck.

Der volle Inhalt dieses Buches hat eine besondere Dimension: er umfasst meinen Entwicklungsweg, eine festgelegte Strategie der Projektierung von Konstruktionen sowie die Darstellung von einem Teil meines schöpferischen Opus für ein halbes Jahrhundert- von 1964. bis 2014, mit der professionellen Wissensbasis, die durch mein 4-jähriges Studium an der Fakultät für Architektur Universität in Belgrad gebildet ist.

1) Univ.-Prof. Dr. Vojislav Kujundžić, Dipl.-Ing.
Ordentlicher Professor an der Fakultät für Architektur, Universität in Belgrad
Vollmitglied von der IAS - IngenieurakademieSerbiens

РЕЗЮМЕ

Воислав КУЮНДЖИЧ [1]

ДЕРЕВЯННЫЕ КОНСТРУКЦИИ В МОЕЙ АРХИТЕКТУРНОЙ ПРАКТИКЕ

Автомонография

Мой многолетний опыт, приобретенный в научной, образовательной и профессиональной деятельности на применении дерева при проектировании и выполнении работ на конструкциях архитектурных зданий и малых архитектурных форм, представлен в данной книге. Я воспользовался текстовыми документами, проектами конструкции и фото-документацией из моего объемного архива.

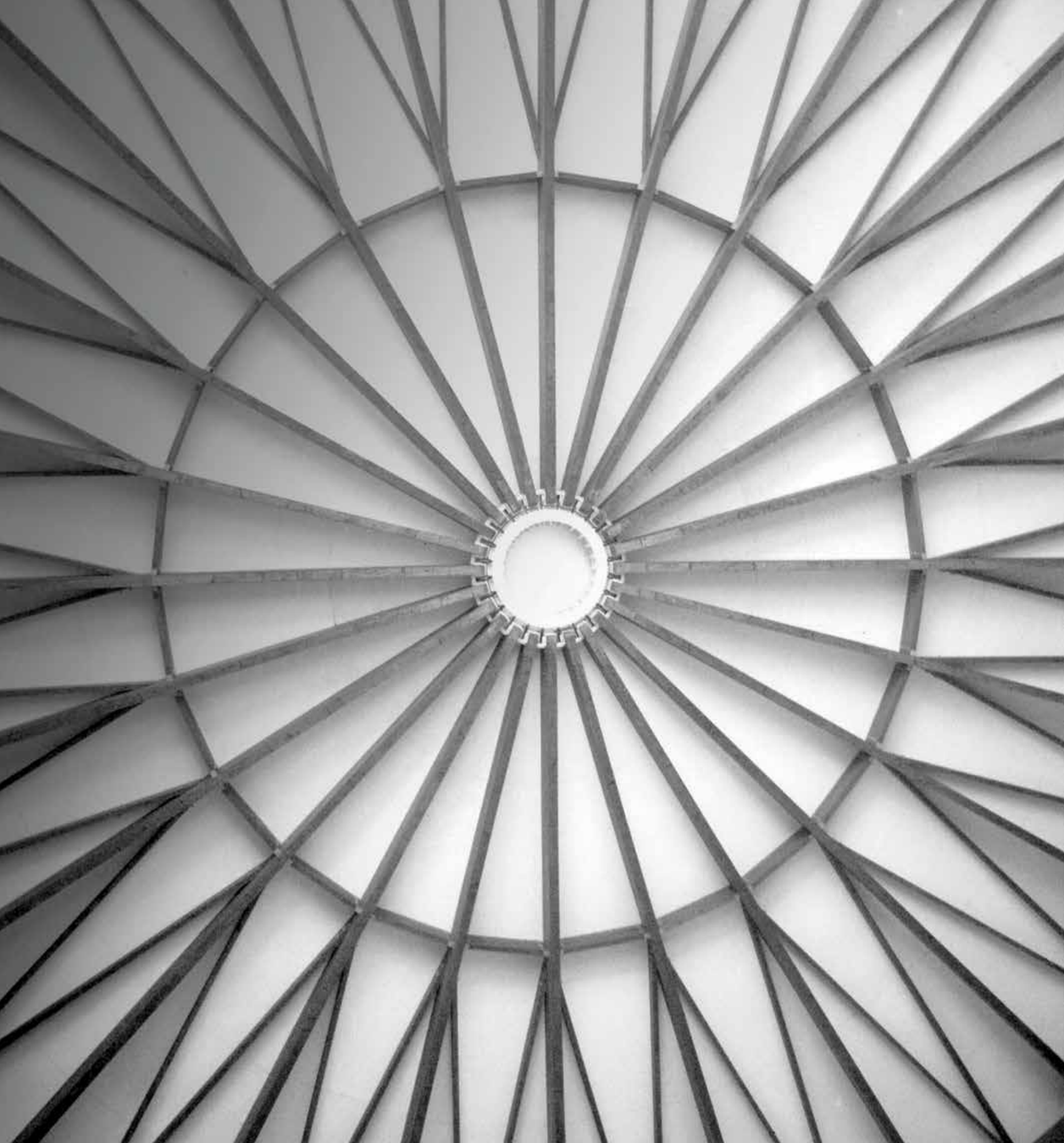
В первую очередь я выдвигал философию креативного подхода к проектированию конструкций всеобъемными анализами, разработками студий и выбором их систем из условия функции и формирования архитектурных зданий и их строительства, а которые предшествуют неизбежной статической, динамической и любой иной инженерной проверке и доказательстве прочности подобранной системы. Далее указаны подробные сведения о современных системах деревянных конструкций, представленных в форме детального пособия для применения стропильных деревянных ферм с соединением узлов на металлических зубчатых пластинах (LKV), клееного профилированного бруса (LLD) и кросс бруса (KLD) в архитектурной и инженерной практике.

Описания применения предыдущих принципов, я указал тремя способами: описаниями некоторых творческих работ, сведениями моего вклада в развитие технологии LKV и LLD и презентацией применения этих принципов в осуществлении конструкций разного назначения, и часто, очень сложного выражения архитектурной идеи.

Полное содержание данной книги имеет особое значение: включает мой путь развития, утвержденную стратегию проектирования конструкций и показание одной доли моего творчества на протяжен ии пол века – с 1964. по 2014 год, с профессиональной базой знания, формированной при четырехлетнем образовании на Архитектурном факультете Университета в Белграде.

1) Доктор наук Воислав Куюнджич, дипл.инж.арх.
Профессор Архитектурного факультета
Действительный член Инженерной академии Сербии





/// SADRŽAJ



1. PROLOG

003 /// MOJ POGLED NA OBLIKOVANJE KONSTRUKTIVNIH SISTEMA ARHITEKTONSKIH OBJEKATA

2. TRAKTAT

009 /// SISTEMI SAVREMENIH DRVENIH KONSTRUKCIJA ARHITEKTONSKIH OBJEKATA

[A] LAKI KROVNI VEZAČI (LKV) /// 011

012 /// RAZVOJ DRVENIH REŠETKASTIH KROVNIH KONSTRUKCIJA

018 /// OSNOVNE KARAKTERISTIKE SISTEMA LKV

019 /// POSTUPCI IZVOĐENJA ČVORNIH VEZA I NASTAVAKA

019 Zanatski postupak proizvodnje

019 Poluindustrijski postupak proizvodnje

020 Industrijski postupak proizvodnje

020 /// KLASIFIKACIJA FUNKCIONALNIH LKV ELEMENATA

020 Klasifikacija nosača prema određenim zahtevima

020 _ Laki krovni vezači za krovove bez potkrovlja

020 _ Laki krovni vezači za krovove sa potkrovljem

021 Klasifikacija nosača prema položaju lakog krovnog vezača u strukturi krova

021 Klasifikacija prema rasponu lakog krovnog vezača

021 Klasifikacija prema statičkom sistemu lakog krovnog vezača

021 Klasifikacija prema obliku konture lakog krovnog vezača

022 /// OBLIKOVANJE KROVNIH LKV STRUKTURA

023 Geometrijska organizacija kosih krovova

023 _ Jednovodni krovovi

023 _ Dvovodni krovovi

023 _ Trovodni i četvorovodni krovovi

024 _ Složeni i posebni krovovi

024 Mere obezbeđenja prostorne sta bilnosti krovnih struktura

024 _ Spregovi protiv vetra

024 _ Spregovi za ukrućenje

024 /// OSNOVNE PRETPOSTAVKE ZA OBLIKOVANJE I PRORAČUN LAKIH KROVNIH VEZAČA

024 Opterećenja

025 Fizičke i mehaničke karakteristike drveta

025 Čvorne veze i nastavci štapova

025 Tehnički uslovi za primenu metalnih konektera u konstruisanju veza i nastavaka štapova rešetkastih nosača

026 _ Mehaničke karakteristike čelika za proizvodnju LKV konektera

026 _ Mehaničke i fizičke karakteristike drvne rezane građe

027 _ Postupak određivanja nosivosti bočne veze u spoju metal/drvo

027 _ Postupak određivanja nosivosti poprečnog preseka konektera

027 Principi proračuna čvornih veza i nastavaka drvenih štapova primenom metalnih konektera

028 _ Dokaz nosivosti bočne veze (spoj metal/drvo)

028 _ Nosivost bočne veze pri opterećenju silom zatezanja

028 _ Nosivost bočne veze pri opterećenju silom pritiska

028 _ Nosivost bočne veze pri opterećenju silom smicanja

028 _ Nosivost bočne veze pri složenom naprezanju

028 Dokaz nosivosti poprečne veze (poprečni presek konektera)

029 _ Nosivost poprečnog preseka konentera pri opterećenju silom zatezanja

029 _ Nosivost poprečnog preseka konentera pri opterećenju silom pritiska

029 _ Nosivost poprečnog preseka konentera pri opterećenju silom smicanja

029 _ Nosivost poprečnog preseka konektera pri složenom naprezanju

029 Dodatni uslovi za konstruisanje veza metalnim konekterima

029 Postupak proračuna i konstruisanja veza metalnim konekterima

030 Uslovi izrade projekata konstrukcije u sistemu LKV

030 Uslovi provere naprezanja i ugiba i dokaz stabilnosti

031 /// PROIZVODNJA KONSTRUKCIJA

031 /// TRANSPORT

032 /// MONTAŽA LKV KONSTRUKCIJA

032 /// DOKAZ KVALITETA

032 /// NADGRADNJA SISTEMA LKV



[B] LEPLJENO LAMELIRANO DRVO (LLD) /// 035

036 /// RAZVOJNI PUT DRVENIH LAMELIRANIH KONSTRUKCIJA

037 /// OSNOVNE OSOBINE KONSTRUKCIJA OD LEPLJENOG LAMELIRANOG DRVETA

040 /// TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE ELEMENATA KONSTRUKCIJA OD LEPLJENOG LAMELIRANOG DRVETA

041 /// PONAŠANJE DRVETA U POŽARNIM USLOVIMA

041 Požarne karakteristike građevinskog drveta

043 Uticaj povišenih temperatura na mehaničke osobine drveta

043 Minimalne dimenzije poprečnog preseka pritisnutog štapa u požarnim uslovima

044 Minimalne dimenzije poprečnog preseka štapa opterećenog momentom savijanja u požarnim uslovima

044 Uslovi tehničke protivpožarne zaštite drvenih struktura

046 Sredstva hemijske zaštite drveta od požara

046 Ostali načini zaštite drveta od požara

046 /// KONSTRUKTIVNI SISTEMI U LEPLJENOM LAMELIRANOM DRVETU

048 Gredni sistemi

049 Dvovodni dvozglobni i trozglobni sistemi konstrukcija

049 Poligonalni dvozglobni i trozglobni sistemi konstrukcija

050 Lučni dvozglobni i trozglobni sistemi konstrukcija

050 Konzolni sistemi

050 Zategnuti gredni sistemi

050 Sistemi visećih konstrukcija

051 /// PROSTA GREDA

053 /// KONTINUALNI NOSAČI – LINIJSKI NOSAČI PREKO VIŠE OSLONACA

053 /// GERBEROVA GREDA

054 /// REŠETKASTI NOSAČI

055 /// DRVENI STUBOVI

055 Zglobno oslonjeni stubovi

055 Uklješteni stubovi

056 /// DVOZGLOBNI I TROZGLOBNI SISTEMI OKVIRNIH KONSTRUKCIJA

057 /// DVOZGLOBNI I TROZGLOBNI LUČNI SISTEMI KONSTRUKCIJA

060 /// KONZOLNE KONSTRUKCIJE

061 Sistemi zategnutih konstrukcija

061 Kombinovani sistemi konstrukcija

062 Drveni mostovi i pešačke pasarele

[C] KRSTASTO LAMELIRANO DRVO (KLD) /// 064

065 /// SISTEMI KLD TAVANIČNIH PLOČA I ZIDNIH PANELA

067 /// SISTEMI SPREGOVA ZA UKRUĆENJE KONSTRUKCIJE OBJEKTA

067 /// SISTEMI MONTAŽNIH VEZA PLOČA OD LEPLJENOG KRSTASTO LAMELIRANOG DRVETA

068 /// KARAKTERISTIČNI DETALJI KONTAKTNIH SPOJEVA I VEZA ELEMENATA KLD KONSTRUKCIJE

068 Kontaktni spoj tavanica–tavanica (podužna i poprečna veza ploča)

069 Kontaktni spoj zid–tavanica–zid

069 Međusobne veze zidova

070 Kontaktne veze u spojnici zid–temelj

070 /// STANDARDNI OBLICI KONSTRUKCIJA TAVANICA I ZIDOVA

3. RETROSPEKTIVA

[A] FRAGMENTI NAUČNO-ISTRAŽIVAČKOG, PUBLICISTIČKOG I PROMOTIVNOG OPUSA /// 075

076 /// MOGUĆNOSTI MODIFIKOVANE PRIMENE MREŽASTE ARMATURE PRI ARMIRANJU PLOČASTIH BETONSKIH NOSAČA

077 /// RAVNE KROVNE STRUKTURE U DRVETU NAD POLIGONALNOM OSNOVOM

092 /// PRORAČUN PRAVIH, POLIGONALNIH I ZAKRIVLJENIH ŠTAPOVA OD LEPLJENOG LAMELIRANOG DRVETA PRIMENOM KUĆNIH RAČUNARA

100 /// LEPLJENO LAMELIRANO DRVO U ARHITEKTURI

122 /// PREDAVANJA NA SEMINARU: GRADNJA DRVETOM U SRBIJI

122 Analiza opravdane primene drvenih objekata u kriznim situacijama - prednosti i nedostaci u odnosu na druge tehnike građenja objekata Istorijski pregled razvoja gradnje drvenih stambenih objekata

122 _ Izvori vanrednih stanja i kriznih situacija



123 _ Vanredne situacije - krizna stanja izazvana prirodnim pojavama

124 _ Obnova graditeljskog fundusa na zemljotresom pogođenim područjima Srbije

125 _ Krizna stanja izazvana etničkim sukobima i ratnim razaranjima

128 _ Zaključak

128 Analiza organizacije projektovanja i izgradnje objekata od drveta niske spratnosti u Srbiji

128 _ Razvoj gradnje montažnih objekata u Srbiji

129 _ Projektovanje montažnih stambenih objekata

132 _ Proizvodnja kuća

132 _ Industrija montažnih kuća na pragu novog milenijuma

133 /// VERIFIKACIJA STRUČNO-UMETNIČKIH OSTVARENJA

134 Prikaz stečenih iskustava u projektovanju i izvođenju objekata u lepljenom lameliranom drvetu

135 /// ANALIZA STANJA PEŠAČKIH MOSTOVA NA KALEMEGDANU U BEOGRADU

135 Pešački most kod Fespotove kapije – izveštaj

136 Most kod Karađorđeve kapije – izveštaj

138 Most kod Kraljeve kapije – izveštaj

140 Pešački most kod Sahat kule – izveštaj

141 Pešački most kod Zindan kapije – izveštaj

144 /// INTERVJU ČASOPISU "MODUL" IZ BEOGRADA

149 /// INTERVJU ČASOPISU "ARHITEKTURA" KLUBA ARHITEKATA IZ BEOGRADA

152 /// LISTA OBJAVLJENIH MONOGRAFIJA, STRUČNIH DELA I UDŽBENIKA

152 /// LISTA OBJAVLJENIH ČLANAKA, REFERATA I SAOPŠTENJA

153 /// SPECIJALIZOVANI SOFTVER

153 /// LISTA PROMOTIVIH NASTUPA NA STRUČNIM SKUPOVIMA

[B] GENEZA TEHNOLOGIJE LAKIH KROVNIH VEZAČA /// 055

156 /// FORMIRANJE LKV CENTRA

156 /// TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE KONSTRUKCIJA U SISTEMU LKV

159 /// AUTOMATSKI DIZAJN LKV KONSTRUKCIJA

166 /// TRANSFER LKV TEHNOLOGIJE

[C] FRAGMENTI LKV OPUSA /// 170

171 /// KROVOVI BEZ KORISNOG POTKROVLJA

172 Standardni trouglasti oblici LKV nosača i LKV nosači sa zakrivljenom osom štapova gornjeg pojasa

174 Sistem rešetkastih rožnjača

176 /// KROVOVI NAD KORISNIM PROSTOROM

176 Krovne konstrukcije u sistemu LKV tipa proste grede

186 Krovne konstrukcije u sistemu LKV tipa dvozglobnog i trozglobnog luka

194 /// NABORASTE I POLIEDARSKE LKV KONSTRUKCIJE

[D] GENEZA TEHNOLOGIJE LEPLJENOG LAMELIRANOG DRVETA /// 202

202 /// MOJ DOPRINOS RAZVOJU LEPLJENIH LAMELIRANIH NOSAČA U ARHITEKTONSKOJ PRAKSI

[E] FRAGMENITI LLD OPUSA /// 205

205 /// ŠKOLSKO-GRADSKA SPORTSKA DVORANA U KAĆU

207 /// VELIKA SPORTSKA DVORANA U SVETOSAVSKOM DOMU U KAĆU

208 /// DOM KULTURE I SPORTOVA U OBRENOVCU

212 /// TENISKA DVORANA U OKVIRU HOTELA "GRAND" NA KOPAONIKU

213 /// SPORTSKA DVORANA U GOSTIVARU, MAKEDONIJA

214 /// SPORTSKA DVORANA U MOJKOVCU, CRNA GORA

218 /// SPORTSKA DVORANA GRAĐEVINSKOG ŠKOLSKOG CENTRA U OSIJEKU, HRVATSKA

219 /// SPORTSKA DVORANA "DUVANIŠTE" U NIŠU

219 /// ŠKOLSKO-GRADSKA SPORTSKA DVORANA U SMEDEREVSKOJ PALANCI

220 /// GRADSKA SPORTSKA DVORANA U MILIĆIMA, REPUBLIKA SRPSKA, BIH

221 /// BAZEN HOTELA "LEPENSKI VIR" U DONJEM MILANOVCU

222 /// MANJEŽ ERGELE "ZOBNATICA" U BAČKOJ TOPOLI

224 /// ŠATORASTA HALA TENISKOG KLUBA "CRVENA ZVEZDA" U BEOGRADU

224 /// FISKULTURNA SALA POLJOPRIVREDNE ŠKOLE U VALJEVU

225 /// SALON NAMEŠTAJA "NOVI DOM" U ĆUPRIJI

228 /// SALON NAMEŠTAJA "NOVI DOM" U ZRENJANINU

230 /// ROBNA KUĆA "JASIKOVAC" U BERANU (IVANGRADU)

231 /// SKULPTURA "LESNINA" U LJUBLJANI, SLOVENIJA

232 /// OBNOVA PAVILJONA "VIDIKOVAC" NA KUSJAKU

233 /// OSNOVNA ŠKOLA U RADINCU KRAJ SMEDEREVA

234 /// STUDENTSKI DOM "LOLA" U BEOGRADU

234 /// POTKROVLJE DOMA ZDRAVLJA "RUMA" U RUMI

235 /// ARBORETUM U LISIČINAMA NA PAPUKU, HRVATSKA

236 /// EKOLOŠKI DOM U POŽAREVCU

237 /// KATOLIČKI OBRAZOVNI CENTAR U ULANBATORU, MONGOLIJA

238 /// EVAGELIČKA METODISTIČKA CRKVA U ŠIDU

239 /// REMONTNA HALA AUTOTRANSPORTNOG PREDUZEĆA "PANONIJA" U OSIJEKU

239 /// AUTOREMONTNI CENTAR AUTOSAOBRAĆAJNOG PREDUZEĆA "DUNAVPREVOZ" IZ BAČKE PALANKE

240 /// FARME ZA UZGOJ JUNADI I KRAVA

241 /// MEMORIJALNI CENTAR "KADINJAČA"

243 /// NORVEŠKA KUĆA (DOM JUGOSLOVENSKO-NORVEŠKOG PRIJATELJSTVA) U GORNJEM MILANOVCU

244 /// ZAŠTITNI OBJEKTI U ARHEOLOŠKOM PARKU VIMINACIJUM U STAROM KOSTOLCU

244 Nekropola

245 Terme

248 /// PEŠAČKI MOSTOVI I PASARELE

248 Pešačka pasarela na Plitvicama, Hrvatska

249 Pešačka pasarela na Orljavi u Požezi, Hrvatska

250 Pešački most preko reke Crni Drim u Strugi, Makedonija

250 Pešački most u Crvenoj Reci

252 Pešaški mostovi u Lebanu

256 /// ANALIZE, PROGRAMSKE STUDIJE I IDEJNI PROJEKTI

256 Perspektivni prikazi programskih studija

260 Idejni projekt rekonstrukcije i dogradnje otvorenog Klizališta u Smederevu

262 Idejni projekat Krovne konstrukcije nad zapadnom tribinom stadiona FK "Crvena zvezda" u Beogradu

262 Konkursni radovi

263 /// KROVNA KONSTRUKCIJA NAD ZAPADNOM TRIBINOM STADIONA FK "VOJVODINA" U NOVOM SADU

[F] ARHIVARIJE /// 267

267 /// KOVANI NOSAČI

268 /// MONTAŽNE SPRATNE KUĆE U SISTEMU LKVC

268 /// PNEUMATSKE KONSTRUKCIJE

268 Bikonkavna struktura

269 Bikonveksna strukura

269 /// POLIESTERSKE KONSTRUKCIJE

269 Planetarijum na Petrovaradinskoj tvrđavi u Novom Sadu

270 Nadstrešnica nad terasom restorana „Dali" u Podgorici, Crna Gora

271 Poliesterska kupola na krovu poslovno-stambenog objekta u Beogradu

271 /// MODEL VETROGENERATORA EOLAQUA

4. EPILOG

5. GENERALIJE

285 /// AUTOBIOGRAFIJA

285 /// IZVOD IZ SPISKA STUDIJA, PROJEKTOVANIH I IZVEDENIH ZNAČAJNIJIH KONSTRUKTIVNIH SISTEMA OBJEKATA U LEPLJENOM LAMELIRANOM DRVETU

287 /// IZVOD IZ SPISKA STUDIJA, PROJEKTOVANIH I IZVEDENIH ZNAČAJNIJIH KONSTRUKTIVNIH SISTEMA OBJEKATA U SISTEMU LAKIH KROVNIH VEZAČA ZAKLJUČNO SA 2003. GODINOM

288 /// PREPORUKE I KRITIKE

288 Potvrda o obavljenoj specijalizaciji

289 Preporuka za izbor u zvanje redovnog profesora

290 Priznanje za najbolje konstruktorsko ostvareneje u Srbiji u 1988. godini

290 Kandidatura za izbor redovnog člana Jugoslovenske inženjerske akademije

291 Predlog kandidature za Oktobarsku nagradu grada Beograda 1989. godine

291 Ogledalo kritike

6. POST SCRIPTUM

7. REFERENCE





PROLOG

1 /// PROLOG

Moj pogled na oblikovanje konstruktivnih sistema arhitektonskih objekata

Krajem pedesetih godina prošlog veka formiran je Konstruktorski odsek na Arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Beogradu sa jasnom namerom da se ponovo uspostavi iskonska strukovna simbioza: jedinstvo arhitekture i građevinarstva. Profesori Arhitektonskog fakulteta i profesori Građevinskog fakulteta, uz punu incijativu akademika prof. Đorđa Lazarevića, kreirali su program dvogodišnje nastave − završne treće i četvrte godine studija, sa ciljem da školuju inženjere arhitekture koji će uneti novi duh u postupak konstrukcijske materijalizacije objekata, pažljivom analizom statičkih sistema, izvođenjem sveobuhvatnih komparativnih analiza mogućih rešenja i izborom optimalnih sistema konstrukcija arhitektonskih objekata. Takvim pristupom bi ličnost inženjera statičara bila transformisana u projektanta konstrukcije, sa mnogo više angažovanja u organizaciji rada na izradi projekta konstrukcije. Nepobitna je činjenica da je tehnološki nivo projektovanja konstrukcija i izrade statičkog proračuna u to doba bio na nivou logaritmara, čuvenog „šibera", da je to bio fizički veoma težak postupak rada inženjera i da, u svakodnevnoj praksi, najčešće nije bilo ni vremena, niti drugih mogućnosti da se iznova krene sa proračunom drugačijeg sistema konstrukcije, ako se zaključi da odabrani sistem ne daje najbolje rezultate. Tako je termin „statičar" imao svoj puni smisao i svoju punu težinu. Stečeno iskustvo u izradi statičkih proračuna konstrukcija bilo je od presudnog značaja za iskazani kvalitet rada inženjera statičara, mada je kvalitet najčešće dokazivan brojem strana tog istog statičkog proračuna.

Konstruktorski odsek Arhitektonskog fakulteta je tokom pola veka nastave pretrpeo niz transformacija u organizacionom obliku, ali ideja o obrazovanju i formiranju inženjera konstruktera, a ne statičara, nikada nije napuštena. Naprotiv, diplomirani arhitekti, studenti profesora sa Katedre za statiku konstrukcija na Arhitektonskom fakultetu i čuvenih profesora i asistenata Građevinskog fakulteta (Lazarević, Đurić, Tufegdžić, Jelisavčić, Milosavljević, Nikolić, Zarić...) podigli su nivo obrazovanja arhitekata formiranjem poslediplomskih studija pod nazivom Konstruktivni sistemi, na kojima su mnogi arhitekti stekli akademski nivo magistra ili doktora nauka. Na redovnoj nastavi, u okviru modifikovanih naziva Konstruktorskog odseka, razvijaju se savremene discipline i postupci u konstruisanju arhitektonskih objekata. Na teorijskom delu nastave bile su zastupljene najsavremenije metode statičke analalize (Kros, Metoda sila, Metoda deformacija, Kani), zatim primena savremenih dostignuća u informatici, primena programskih paketa za statičku analizu konstrukcija. Na izbornoj i poslediplomskoj nastavi na Arhitektonskom fakultetu radi se sa studentima na izradi prigodnih programa i aplikacija za analizu, proračun i dimenzionisanje konstrukcija u betonu, čeliku i drvetu. Na delu primenjene nastave veoma velika pažnja se poklanja analizi i adekvatnoj primeni konstruktivnih sistema u materijalizaciji arhitektonskih objekata. Insistira se na projektu konstrukcije kao osnovi za statičku analizu prihvaćenog konstruktivnog sistema i za dokaz njegove lokalne i globalne stabilnosti. Razvoj i primena savremenih drvenih konstrukcija arhitektonskih objekata i objekata parterne arhitekture postaje prepoznatljiva disciplina u nastavi ovog fakulteta. Interesantna je činjenica da se na građevinskim fakultetima u zemlji, na odsecima za konstrukcije, veoma sporo razvija potreba za značajnijim preusmeravanjem klasične nastave u obrazovanju inženjera konstruktera. I dalje se obrazuju dobri inženjeri statičari, koji sada mnogo lakše, uz savremenu informatičku podršku, sprovode statički i dinamički proračun konstrukcije, dimenzionišu elemente konstrukcije u zadatom materijalu i dokazuju stabilnost objekta. Međutim, području projektovanja konstruktivnih sistema vrlo često nedostaju studiozniji pristupi, kvalitativne uporedne analize iz uslova funkcije objekta, njegovog arhitektonskog i oblikovnog aspekta, estetskog izraza i racionalnosti građenja. Mogu se sresti primeri veoma marljivog rada na formiranju proračunskog modela i to, najčešće, u prostornom obliku, na njegovoj statičkoj, čak i dinamičkoj analizi, a da se, pritom, nije zavirilo u dušu konstrukcije, da se nije osetilo kako ona diše, kako ona živi pod, veoma često, brutalnim korisnim i klimatskim opterećenjima i kako ih predaje građevinskom tlu. Razlog ovoj pojavi je, po svoj prilici, naša sklonost ka popuštanju na liniji manjeg otpora: savršeni domaći i strani programi za analizu konstrukcijskih sistema zahtevaju od inženjera operaterski nivo angažovanja − administriranje u obliku unošenja geometrijskih i opštih karakteristika, izbor materijala i definiciju geografskog područja lokacije objekta i napor da se rezultati dešifruju. Tu, opet, nema potrebe za većom inventivnošću, za pokušajem da se prethodno formira, zatim analizira, koriguje i ponovo analizira rešenje sistema konstrukcije, najčešće pod izgovorom da program ovako traži i da se tu ne može ništa van okvira primenjenog programa. Zapravo, najčešće statičar ostaje statičar, samo sada lakše radi na mnogo složenijim konstruktivnim sistemima, koji se inače veoma lako dekomponuju u sisteme koji se sa lakoćom kontrolišu i kojima se uspešno upravlja.

Eh, a onda stiže bolonjski proces obrazovanja. Stižu novi programi obrazovanja na naše univerzitete. U obrazovanju novih inženjera arhitekture ovaj proces trasira pravac stručne orijentacije u smeru akademskog projektovanja i isključuje mogućnost obrazovanja projektanata konstrukcija arhitektonskih objekata. U okviru područja tehnologije građenja studenti stiču samo najosnovnija znanja iz domena oblikovanja konstruktivnih sistema i statike betonskih, metalnih i drvenih konstrukcija, u onom obimu koji će im omogućiti da pripreme podloge za rad konstruktera na materijalizaciji nosive strukture objekta. Na scenu moraju da stupe diplomirani inženjeri građevine, sa stručnim stepenom mastera i da preuzmu strateški važnu ulogu na razvoju projektovanja konstrukcija. To neće biti lagani zahvat, već dugotrajni, ozbiljni proces, strateški važan, sa jedne strane za tehničke nauke, a sa druge strane za ekonomiju ove zemlje. Puni radni vek proveo sam na propagandi ideje o nasušnoj potrebi za projektovanjem konstruktivnih sistema arhitektonskih objekata i objekata parterne arhitekture, uključujući pešačke mostove i pasarele, i to na dva uzajamno veoma bliska



Sl. 1.1. Zgrada tehničkih fakulteta u Beogradu – Arhitektonski fakultet je na II spratu i delimično na III spratu

područja: kao saradnik u nastavi i kao profesor na Arhitektonskom fakultetu i kao projektant konstrukcija, koji svoje profesionalne stavove i istraživačke postulate proverava kroz praksu.

Krajem 1964. godine, tačno pre 50 godina, diplomirao sam na Konstruktorskom odseku Arhitektonskog fakulteta. U to doba, a davno pre mnogih izmena dopuna i rotiranja nastavnih planova i programa studija, davno pre usvajanja bolonjskih sistema obrazovanja, studirala se arhitektura na jednom izrazito inženjerskom fakultetu. O ispravnosti orijentacije obrazovanja arhitekata u tom pravcu, koji je bio različit od načina obrazovanja na mnogim drugim školama u zemlji i skoro svim fakultetima u inostranstvu, nikada se neće izreći pravi sud. Čak i studenti koji su pohađali nastavu na Projektantskom odseku ovog fakulteta, imali su veoma veliki fond časova nastave na inženjerskim predmetima. Smatralo se, tih godina, da školovani arhitekta, u drugoj polovini XX veka, treba da ima solidnu inženjersku bazu u svom osnovnom stručnom obrazovanju da bi mogao da odgovori svim potrebama arhitektonske prakse. Konstruktorski odsek je morao da odgovori potrebama višeg nivoa: povratku jedinstvu arhitekture i građevinarstva − graditeljstvu. I takva ideja je realizovana, nažalost, kroz obrazovanje samo desetak generacija studenata Konstruktorskog odseka. Sa, takoreći istorijske, distance od pola veka, smatram da je takva orijentacija programa obrazovanja arhitekata bila veoma dobra: na Projektantskom odseku su školovani arhitekti projektanti i urbanisti koji su bili dovoljno dobro obrazovani iz oblasti arhitektonskog inženjerstva, onoliko koliko je potrebno da njihove kreacije mogu biti zasnovane na najvišem oblikovnom i funkcionalnom nivou, uz prateće učešće pravilno odabranog konstruktivnog sistema objekta. Pred arhitektama konstruktivcima je, pored nesporne obrazovne arhitektonske baze, bio jedan poseban zadatak: potreba da se arhitektonskom inženjerstvu pruži preko potrebna podrška, da se podigne nivo projektovanja sistema arhitektonskih konstrukcija, da se novi konstrukcijski materijali primene na ispravan način u arhitektonskim objektima, da obogate oblikovne izraze i dovedu do organskog jedinstva arhitektonske funkcije, forme objekta i konstrukcije tog objekta.

Moje četvorogodišnje školovanje je teklo prilično pravolinijski: diplomirao sam među prvima u generaciji na Konstruktorskom odseku Arhitektonskog fakulteta. Tada to nije bio neki uspeh, jer u prva tri meseca 1965. godine velika većina mojih klasnih kolega je takođe diplomirala. Radilo se oštro, studiralo lepo, svi smo se spremali za praksu. Sa ove vremenske distance se pitam: koji je to crv grizao u meni, kada sam beleške sa predavanja prof. Milorada Dimitrijevića, Drvene konstrukcije, prepisivao i na kraju takav rukopis ukoričio još za vreme studija? Tada sigurno nisam mogao ni da sanjam da ću moj profesionalni život posvetiti toj temi i tom materijalu, a to se, ipak, desilo. Po povratku iz vojske, profesor Slobodan Romić (Betonske konstrukcije) me angažuje kao saradnika na izradi projekta konstrukcije Elektrotehničkog fakulteta na Novom Beogradu, koji je projektovao prof. Nikola Dobrović. Ubrzo sam prešao kod prof. Dimitrijevića, najpre kao saradnik-volonter, a zatim kao asistent na Arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Između ova dva angažmana mogao sam da zalutam profesionalno, ali stvarno da zalutam: tokom služenja mog vojnog roka, a bila je to daleka 1964. godina, u dnevnom listu "Slobodna Dalmacija" naišao sam na konkurs Narodnog kazališta iz Splita. Kazalište je tražilo inženjera građevine ili mašinstva za radno mesto tehničkog direktora. Napisao sam molbu iz Ilirske Bistrice u Sloveniji, gde sam bio u vojsci, i znam da sam ubedio raspisivača konkursa da je pozorištu potreban arhitekta konstruktivac, jer sam bio primljen. Po odsluženju vojnog roka prvo sam otputovao u Split da dogovorim uslove priključenja ovoj kući umetnosti. Nažalost, ili na sreću, ubrzo sam se zahvalio na poverenju, jer mi je poziv arhitekte konstruktivca više odgovarao. Kad pomislim na pređeni profesionalni put, znam da ništa ne bih menjao, samo bih bio efikasniji, ali možda bih, i da sam krenuo putem teatarske orijentacije rada, sada to isto mislio. To nikada neću znati.

Tokom duge profesionalne karijere, moje učešće u profesionalnom radu se odvijalo, kako već rekoh, na dva paralelna i kompatibilna nivoa: naučnoistraživački i obrazovni rad na Arhitektonskom fakultetu i aktivno učešće u projektovanju konstrukcija arhitektonskih objekata i objekata parterne arhitekture.

Na Arhitektonskom fakultetu sam, u zvanju asistenta, učestvovao u radu sa studentima na primenjenim predmetima: Zidane zgrade, Fundiranje, Metalne konstrukcije i Konstruktivni sistemi, a kao nastavnik na predmetu Drvene konstrukcije. Takva moja profesionalna orijentacija je bila divan preduslov da se u praksi intenzivno bavim primenom standardnih i nestandardnih konstruktivnih sistema u konstrukcijama arhitektonskih objekata. Prvih desetak godina rada sam posvetio projektovanju betonskih i, povremeno, metalnih konstrukcija. Imao sam veliku sreću da stručnu karijeru započnem kao saradnik na projektovanju konstrukcija kod prof. Slobodana Romića, velikog poznavaoca betonskih konstrukcija, odličnog pedagoga i vrsnog praktičara i prof. Milorada Dimitrijevića, takođe odličnog profesora i praktičara širokog opsega i velikog menadžera u graditeljstvu. Na samom početku karijere učestvovao sam u projektovanju konstrukcija nekoliko velikih objekata sa armiranobetonskom konstrukcijom: zgrade Elektrotehničkog fakulteta na Novom Beogradu prof. Nikole Dobrovića, poslovne zgrade novinske kuće „Dnevnik" u Novom Sadu, hotela „Albatros" u Cavtatu, stambenog naselja „Julino brdo" u Beogradu, grupacije A-8 i A-9 stambenog naselja Kijevo – Kneževac (Labudovo brdo) u Beogradu, poslovne zgrade „Energoinvesta" u Beogradu, hotela „As" u Petrovcu na Moru... Kao saradnik prof. dr Oskara Hrabovskog radio sam na projektu konstrukcije u čeliku za Fabriku obuće u Debeljači i nekim manjim objektima, na kojima sam stekao lepo projektantsko iskustvo, tako da sam, nešto kasnije, 1975. godine, pomažući u Projektnom birou Zavoda za fizičku kulturu u Novom Sadu, pro-



Sl. 1.2. Stambeno naselje „Julino brdo“ u Beogradu

jektovao krovnu konstrukciju u čeliku na Velikoj sportskoj hali Centra za fizičku kulturu u Vrbasu (kolenasto-rešetkasta prosta greda raspona 40.00 m). Još tih dana sam prihvatio kao svoju čuvenu sentenciju: dobar konstrukter ne sme imati predrasuda prema konstrukcijskim materijalima; svaki od njih − beton, metal, opeka, drvo − najbolji su, ako su upotrebljeni na pravom mestu i na pravi način. Ovu poruku sam veoma poštovao do kraja profesionalne karijere. I tako, inficiran praksom kod dva izuzetna praktičara, Romića i Dimitrijevića, svio sam svoje profesionalno gnezdo u konstrukterstvu. Tih prvih desetak godina sam radio na istraživanjima i realizacijama projekata u betonu i čeliku i to sa mnogo entuzijazma. Tako sam stekao dovoljno veliku stručnu bazu i mogao da započnem samostalni rad na konstruisanju objekata. Trudio sam se da ne ponovim istu konstrukciju na projektima dva objekta, da primenim različite sisteme metalnih i betonskih konstrukcija i temelja tih konstrukcija. Uspevao sam da pojednostavim način armiranja betonskih struktura ili izvođenje radova na objektima za koje sam radio projekte konstrukcije. Od značajnijih objekata, čiji konstruktivni sistem u armiranom betonu sam samostalno projektovao, izdvajam grupaciju objekata A-8 i A-9 u stambenom naselju Kijevo – Kneževac (Labudovo brdo) i niz jednostavnih objekata na vojnim aerodromima u Kuvajtu, jer sam na tim objektima uspešno sproveo ideju o jednostavnom armiranju ploča mrežastom armaturom samo u donjoj zoni u statičkom sistemu niza prostih greda, a ne kao sistem kontinualnih ploča.

Onda su u našu konstruktorsku praksu počele da stižu informatičke inovacije. Moj dragi prvi džepni kalkulator je imao samo četiri računske radnje, bez decimalnog zapisa, a trošio je dve četvrtaste baterije od 4.5 V na dan. Bio sam oduševljen tom tehnikom. Menjali su se kalkulatori dok se nije pojavio prvi mali PC. Zvao se Sinclair ZX81 i na njemu sam napravio prvi program u programskom jeziku Basic za proračun proste grede opterećene jednakopodeljenim opterećenjem. Program ničemu nije služio, ali sam bio ohrabren mojim programerskim umećem da nastavim i razvijam moje aktivno bavljenje softverskim ostvarenjima. Kasniji računari, a sve sam ih imao u posedu ili sam radio na njima, osim računara Commodore 64, nisu mi bili tako dragi. O konstrukcijama u drvetu ću mnogo pisati, a ovde pominjem samo dva uspeha koja sam ostvario na planu oblikovanja konstruktivnih sistema arhitektonskih objekata u drvetu: prvi je zajedničko priznanje na Trećem salonu arhitekt ure ’76. mom kolegi arh. Laslu Filepu i meni, kada smo nagrađeni priznanjem za detalj na konstrukciji u drvetu nadstrešnice nad gledalištem stadiona Vojvodine u Novom Sadu. Drugi uspeh je projekat konstrukcije za veliki manjež ergele “Zobnatica” u Bačkoj Topoli. Konstrukciji ovog objekta je dodeljeno priznanje na 15. Salonu arhitekture 1989. godine i to “... za izuzetno uspelu dinamičnu kompoziciju konstrukcije”. Društvo građevinskih inženjera Srbije je ovom objektu dodelilo nagradu za najbolje konstruktorsko ostvarenje u Srbiji za 1988. godinu i kandidovalo ga za Godišnju nagradu Saveta društava građevinskih konstruktera Jugoslavije. Na predloge više radnih organizacija, Arhitektonski fakultet je te, 1988. godine, istakao moju kandidaturu za Oktobarsku nagradu grada Beograda iz oblasti arhitekture, za realizovan projekat “Manjež Zobnatica”. Drvene konstrukcije postaju moja potpuna preokupacija i veoma hrabro i odvažno sam se izborio za uvođenje novih tehnologija u građenju arhitektonskih i građevinskih objekata u drvetu i važnog principa da se konstruktivni sistem mora detaljno analizirati i pažljivo oblikovati, kako bi zadovoljio sve funkcionalne i estetske zahteve arhitekte i sve neophodne dokaze iz oblasti statike i dinamike inženjerskih konstrukcija u arhitekturi.



Sl. 1.4. Moj prvi računar Sinclair ZX 81

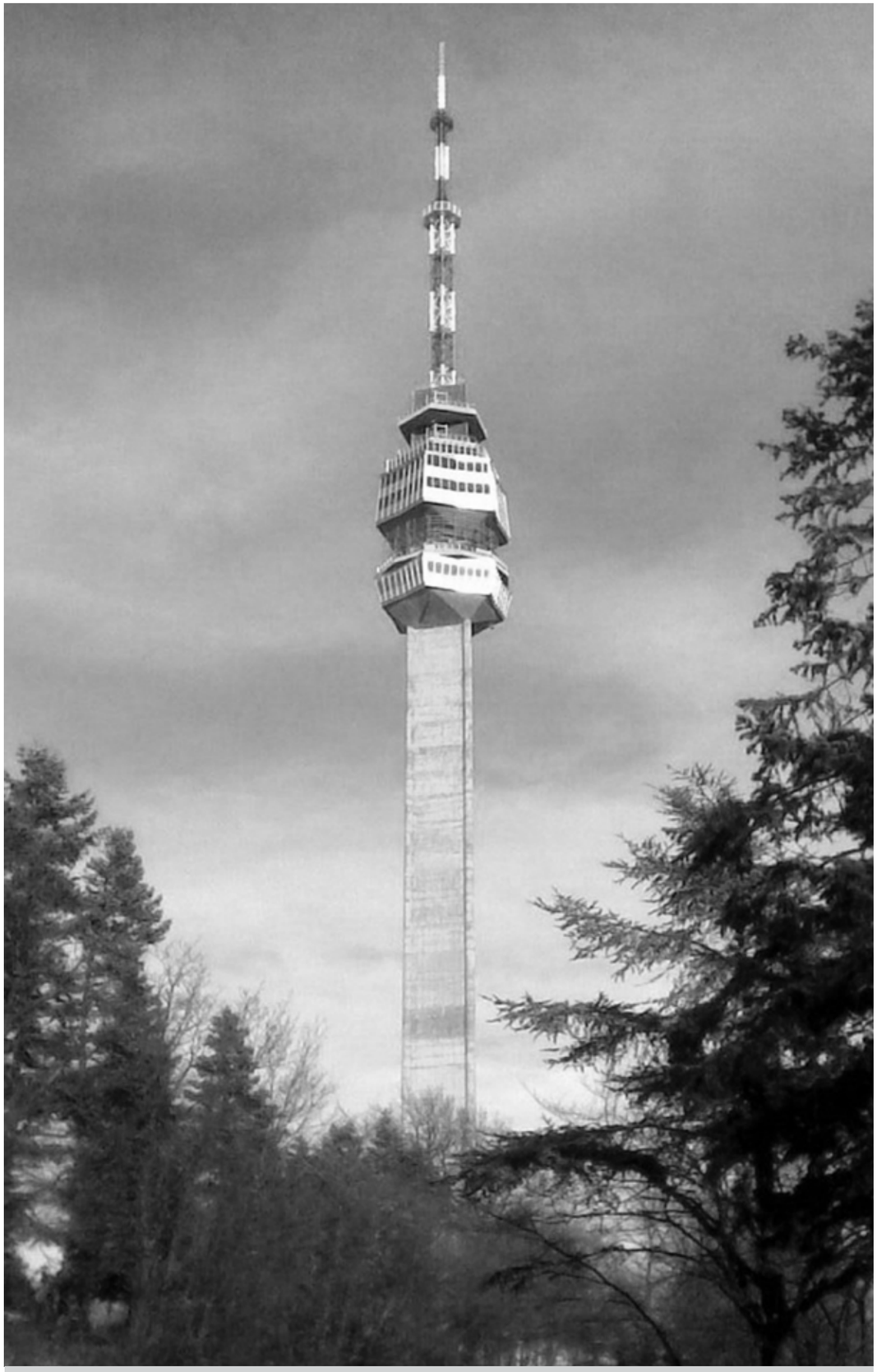
Građu za ovo delo, koje se ne može nazvati ni autobiografsko, niti memoarsko, jer odstupa u mnogo čemu i od jednog i od drugog strogo definisanog književnog žanra, sakupljao sam tokom dugog radnog veka. Moja lična arhiva je veoma bogata podacima i prilozima iz moje arhitektonske



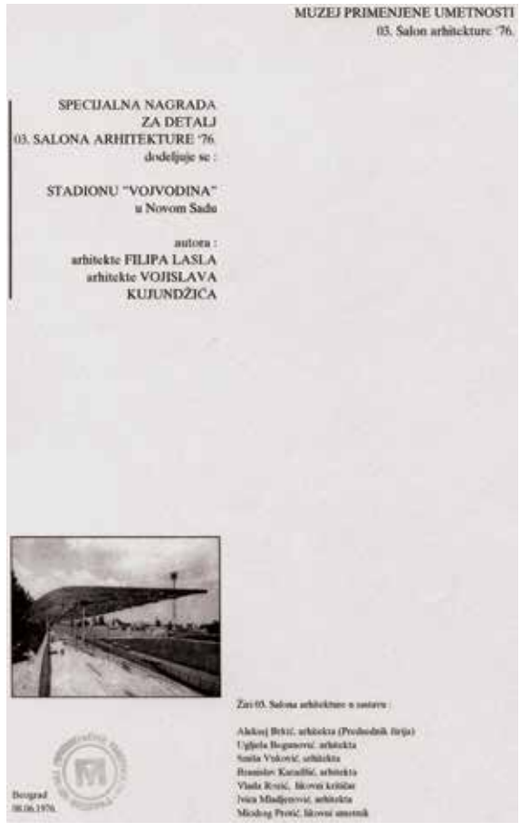
Sl. 1.3. Poslovna zgrada lista „Dnevnik“ N. Sadu



Sl. 1.5. Hotel „Albatros“ u Cavtatu, Hrvatska



Sl. 1.6. Obnovljen Avalski toranj



MUZEJ PRIMENJENE UMETNOSTI
03. Salon arhitekture '76.

SPECIJALNA NAGRADA
ZA DETALJ
03. SALONA ARHITEKTURE '76.
dodeljuje se :

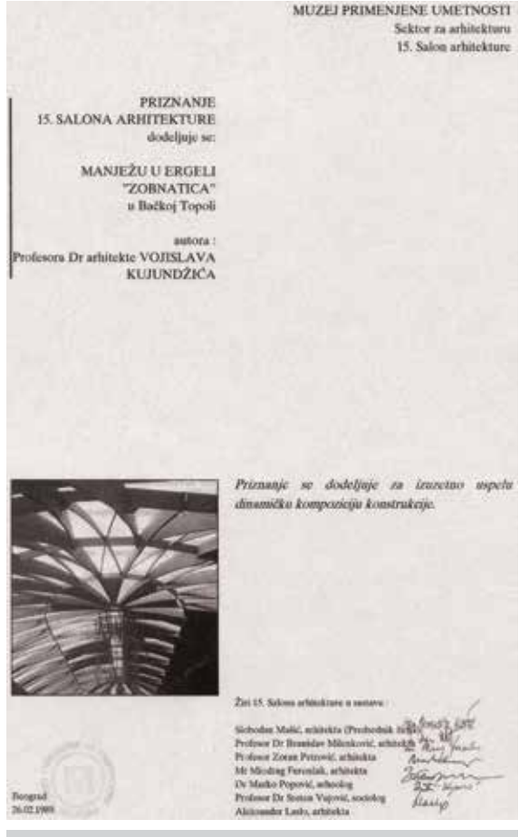
STADIONU "VOJVODINA"
u Novom Sadu

autora :
arhitekte FILIPA LASLA
arhitekte VOJISLAVA
KUJUNDŽIĆA

Beograd
08.06.1976.

Žiri 03. Salona arhitekture u sastavu :

Aleksej Brkić, arhitekta (Predsednik žirija)
Ljiljana Bogunović, arhitekta
Saula Vuković, arhitekta
Branislav Karadžić, arhitekta
Vlada Ristić, likovni kritičar
Ivica Mladjenović, arhitekta
Miodrag Protić, likovni umetnik



MUZEJ PRIMENJENE UMETNOSTI
Sektor za arhitekturu
15. Salon arhitekture

PRIZNANJE
15. SALONA ARHITEKTURE
dodeljuje se:

MANJEŽU U ERGELI
"ZOBNATICA"
u Bačkoj Topoli

autora :
Profesora Dr arhitekte VOJISLAVA
KUJUNDŽIĆA

Priznanje se dodeljuje za izuzetno uspelu dinamičku kompoziciju konstrukcije.

Beograd
26.02.1989.

Žiri 15. Salona arhitekture u sastavu:

Slobodan Mašić, arhitekta (Predsednik žirija)
Profesor Dr Branislav Mikonković, arhitekta
Profesor Zoran Petrović, arhitekta
Mr Miodrag Feroniak, arhitekta
Dr Marko Popović, arheolog
Profesor Dr Ilonka Vujović, sociolog
Aleksander Laslo, arhitekta

Sl. 1.7ab. Povelje o nagradama na Salonu arhitekture u Beogradu

prakse, od školskih dana do danas. Sadrži pisanu građu objavljenu u stručnim časopisima, objavljene knjige i udžbenike, referate i saopštenja izložena na mnogim stručnim i naučnim forumima, seminarima i strukovnim kongresima. Sa druge strane, sačuvao sam veliki broj filmova, dijapozitiva i fotografija projekata konstrukcija koje sam izradio ili učestvovao u njihovoj izradi, i objekata čije sam konstrukcije projektovao i učestvovao u njihovoj izgradnji. Mogu reći da je taj obimni materijal čekao da bude razvrstan, složen i publikovan. Prvu priliku za tako nešto sam propustio 2006. godine, kada sam penzionisan i kada sam prestao sa aktivnim univerzitetskim obrazovnim radom. Imao sam lepu nameru, da pri odlasku sa Arhitektonskog fakulteta u zasluženu mirovinu, napravim izložbu koja bi nosila atribut "oproštajna", za razliku od mnogih drugih izložbi koje su organizovane u Svečanoj sali Arhitektonskog fakulteta, a koje su imale karakter pristupnih ili pokaznih izložbenih manifestacija različitog profila. Nažalost, vremena bejahu teška. Propustio sam trenutak i moja namera koja je bila neobična se nije ostvarila. Iskustvo



a



b

Sl. 1.8ab. Sportska hala u okviru Centra za fizičku kulturu u Vrbasu

u organizaciji izložbi sam stekao još 1981. godine, kada sam priredio izložbu u funkciji verifikacije stručno-umetničkih ostvarenja. Bila je to zapažena izložba mojih projektovanih i izvedenih objekata sa konstruktivnim sistemima u tehnici lepljenog lameliranog drveta. Već tada sam imao više izvedenih objekata u toj tehnici građenja od svih drugih inženjera konstruktivaca iz Jugoslavije, i to zajedno. Moja foto-arhiva, stvarana pedesetak godina, prebogata je. Imao sam sreću da koristim najpre analognu tehniku fotografisanja, a zatim i digitalnu, obe sa aparatima dobrih performansi. Ovu knjigu sam ilustrovao u daleko najvećoj meri sopstvenim fotosima mojih izvedenih objekata i jednim delom fotografijama mojih saradnika i prijatelja.

Čemu ovakva knjiga? Najpre da se, sa još uvek male istorijske distance, zabeleži razvojni put primene savremenih sistema drvenih konstrukcija na teritoriji sadašnjeg "regiona" na Balkanu. Zatim, da se ukaže na neslućene potencijale u oblikovnom, estetskom, funkcionalnom, tehničkom, tehnološkom smislu mogućnosti građenja u drvetu, tehnologije kojom se dičila naša narodna arhitektura i pred jednim Korbizjeom. Da dodam meni značajnu repliku iz vremena kada sam sarađivao sa projektnim biroom "Jugodrva" iz Beograda. Ekipa arhitekata i inženjera iz tog biroa, ja sam bio među njima, vratila se sa Sajma građevinarstva u Hanoveru početkom osamdesetih godina dvadestog veka. Pri podnošenju usmenog izveštaja sa ovog službenog puta, jedan od direktora "Jugodrva" je tražio da iznesemo naša zapažanja o nivou graditeljskih dostignuća u Evropi. Na moj odgovor da nismo videli ništa novo, usledio je prekorni komentar: "Zašto ste, onda, išli na taj put?!" Malo ko je mogao da shvati da smo već tada imali objekte i njihove konstrukcije u lepljenom drvetu sasvim na visini evropskih dostignuća, i da je vrlo često veoma vredno proveriti sopstveni nivo stvaralačkog rada posetom jednom od najvrednijih sajmova građevinarstva u Evropi. Dalje, a taj razlog za napore da ovaj rukopis doživi svetlo dana meni je veoma značajan, jeste želja da se podstakne razmišljanje o principima i načinima projektovanja konstrukcija, kakve sam ja zastupao tokom svog profesionalnog rada u praksi i u univerzitetskom obrazovanju generacija mladih arhitekata. Razlog više za moje tvrdoglavo insistiranje na potrebi za oblikovanjem konstruktivnih sistema jeste i meni neverovatan način razmišljanja inženjera konstruktivaca o uslovima pod kojima je trebalo izraditi projekat za obnovu Avalskog tornja, srušenog 1999. godine.



Sl. 1.9. Grupacija objekata A-8 u naselju Kijevo − Kneževac u Beogradu

Da podsetim: stablo porušenog tornja je u horizontalnom preseku jednakostranični trougao sa dužinom strane l = 7.00 m i sa debljinom armiranobetonskog zida od 15 cm. Predlog inženjera konstruktivaca pred izradu projekta obnove bio je da se strana trougla poveća na 8.00 m i debljina zida na 20 cm! Inženjeri kojima je na raspolaganju najviši nivo IT opreme za projektovanje, kojima je na raspolaganju primena daleko razvijenije tehnologije građenja, u poređenju sa stanjem u kome je dobri stari ing. Krstić na logartimaru sračunao, a građevinci Građevinskog preduzeća "Rad" iz Beograda izgradili Avalski toranj daleke 1965. godine − tražili su četrdeset godina kasnije, 2005. godine, povećanje dimenzija preseka tornja, umesto da zatraže smanjenje dimenzija ovog spomenika arhitektonskog inženjerstva! Sticajem lepih okolnosti, bio sam rukovodilac tima projektanata koji su na Arhitektonskom fakultetu, za račun Ministarstva za kapitalne investicije, radili reviziju projekta obnove Avalskog tornja, i to, uz pomoć kolega revidenata, nisam dozvolio. O projektovanju treba misliti. Profesionalni radni vek proveo sam u naporu da istaknem vrednosti detaljne inženjerske analize pri projektovanju konstruktivnih sistema, kao neophodne potrebe u organizaciji projekta konstrukcije objekta. Svoje teze sam proverio i dokazao kroz više od 150 realizovanih značajnijih konstrukcija objekata u betonu i čeliku, kroz 165 idejnih i glavnih projekata izvedenih konstrukcija u tehnologiji lepljenog lameliranog drveta raspona do 60.00 m i kroz više stotina izvedenih objekata u sistemu LKV (Laki krovni vezači). Primenom LKV naborastog rešetkastog sistema na krovnoj konstrukciji Sportske dvorane u Medveđi i realizacijom prototipa prednapregnute geodezijske kupole u kombinaciji tenda/LKV sistem, ukazao sam na mogućnosti primene drveta u arhitekturi i graditeljstvu i na puteve stručne i naučne analize konstrukcija koje su do sada izvođene u metalu ili betonu kao tanke ljuske. Ako bih bio u situaciji da ponovo biram svoj profesionalni put, siguran sam da bih izabrao ovaj kojim sam koračao poslednjih 50 godina, ali bi korak morao da bude brži i duži, a put bez praznog hoda, koji me je povremeno sputavao u radu i u razvoju.

U Beogradu,
decembra 2014. godine

AUTOR





2

TRAKTAT

Sistemi savremenih drvenih konstrukcija arhitektonskih objekata

2 /// TRAKTAT SISTEMI SAVREMENIH DRVENIH KONSTRUKCIJA ARHITEKTONSKIH OBJEKATA

A. LAKI KROVNI VEZAČI (LKV)

Laki krovni vezači čine industrijalizovani sistem za prefabrikovanu gradnju drvenih krovnih struktura po strogo definisanoj proizvodnoj tehnologiji. Zasnovan je na upotrebi specijalnog spojnog sredstva - metalnog konektera, kojim se formiraju čvorne veze štapova rešetkastih statičkih sistema, čiji su štapovi ispune, gornjeg i donjeg pojasa u jednoj ravni. Značajna prednost sistema LKV nad gradnjom klasičnih drvenih krovnih konstrukcija ogleda se u sledećem:

• Rad sa gradilišta je u najvećoj meri prenet u radionicu. Nosači se proizvode na industrijalizovan način u specijalizovanim radionicama i fabrikama u velikim serijama, na radnim pistama, uz upotrebu posebnih presa i opreme i transportuju na gradilište.

• Stroga kontrola procesa industrijske proizvodnje i kontrola kvaliteta ugradjenog materijala garantuju standardnost i visoki kvalitet proizvoda.

• Posledica kontrole tehnološkog procesa proizvodnje je maksimalna racionalnost u izradi nosača: dimenzije štapova i radne površine metalnih konektera u čvornim vezama se odredjuju iz uslova potpune iskorišćenosti dozvoljenih naprezanja materijala.

• Rad na gradilištu se svodi na čistu montažu, najčešće bez upotrebe mehanizacije, angažovanjem priučene radne snage. Brza montaža, mala masa nosača i mogućnosti izvodjenja radova na montaži pod skoro svim klimatskim uslovima, čine gradnju krovnih struktura u sistemu LKV nezamenljivim u kriznim sit uacijama ili u vreme intenzivne obnove i rekonstrukcije objekata zahvaćenih ratnim razaranjima.

• Na nisku cenu izradjenog krova u sistemu LKV utiču veoma mala potrošnja gradje, upotreba najracionalnijeg spojnog sredstva u graditeljstvu - LKV konektera - za formiranje čvornih veza i nastavaka štapova, niska cena transporta i jednostavna i brza montaža najčešće bez upotrebe snažne mehanizacije i uz jeftinu radnu snagu.

• Dimenzionalni asortiman nosača LKV sistema omogućuju racionalnu i brzu gradnju svih klasičnih oblika krovova: jednovodnih, dvovodnih, četvorovodnih i složenih krovova, praktično nad bilo kakvom osnovom objekta, sa stambenim ili bez stambenog potkrovlja.

• Primenom LKV tehnologije, nad izvedenom tavaničnom betonskom pločom se mogu formirati funkcionalna stambena potkrovlja racionalnog volumena, neopterećenog krovnim stolicama niti bilo kakvim elementima krovne konstrukcije u podu ili na pregradama.

• Sistem LKV je racionalno primenljiv i u slučajevima potrebe za trajnom sanacijom prokišnjavanja ravnih krovova stambenih, javnih, industrijskih i drugih objekata.

• Pravilnom primenom tipskih elemenata sistema LKV mogu se veoma racionalno graditi nadstrešnice, magacini i hangari za poljoprivredne i druge mašine, industrijska skladišta i laki objekti za stanovanje.

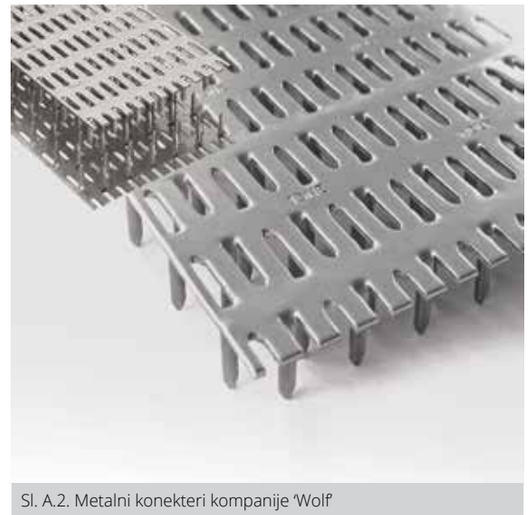
• Sistematizacijom i klasifikacijom osnovnih elemenata sistema LKV omogućeno je kataloško projektovanje krovnih struktura po svim pravilima otvorene prefabrikacije.

• Standardni oblici LKV nosača pokrivaju raspone od 2.40 m do 15.00 m sa više različitih nagiba krovnih ravni, koji najčešće zavise od primenjenog krovnog pokrivača.Vanstandardni LKV nosači dostižu racionalni raspon i do 30.00 m. Kod rekonstrukcije ili dogradnje krovova nad postojećim ili oštećenim objektima moguća je primena standardnih oblika LKV nosača i primena svih standardnih tipova krovnih pokrivača.

• Posledica primene principa otvorene prefabrikacije u projektovanju sistema LKV je kataloško projektovanje krovova objekata i nabavka nosača na stovarištima građevinskog materijala ili narudžbinom kod proizvodjača po sistemu koji već uveliko važi za proizvodnju i distribuciju gradjevinske galanterije.



Sl. A.1. Krovna konstrukcija u sistemu lakih krovnih vezača - LKV



Sl. A.2. Metalni konekteri kompanije 'Wolf'



Sl. A.3a-f. Primeri primene krovnih i međuspratnih konstrukcija u sistemu lakih krovnih vezača



Sl. A.4. Primena LKV sistema nad objektom kružne osnove

RAZVOJ DRVENIH REŠETKASTIH KROVNIH KONSTRUKCIJA

Pojava vešaljke u svetskom graditeljstvu, sistema krovne konstrukcije, koja je omogućila premošćavanje većih raspona, na pragu srednjeg veka, rezultat je razvoja nasleđenih trouglastih sistema konstrukcija. Upotreba kosnika i raspinjača postaje redovna pojava u kreiranju krovnih konstrukcija, a njihov oblik postaje složeniji. Više vekova graditelji predano eksploatišu ovakav sistem konstrukcija, sve do XV veka kada se kod Leonarda da Vinčija (1452-1519. g.) javljaju prve ideje, zatim i nacrti rešetkastih konstrukcija. Ovaj velikan svetske istorije umetnosti, začetnik je i istraživanja u oblasti mehanike i otpornosti materijala[1)]. Leonardo razmatra probleme stabilnosti opterećenih drvenih stubova kružnog ili kvadratnog preseka, oslonjenih na svojim krajevima ili uklještenih pri dnu, konzolnih opterećenih greda, drvenih greda kvadratnog poprečnog preseka napregnutih na savijanje i zaključuje da je savijanje (ugib) drvene grede opterećene u sredini raspona "...direktno proporcionalan opterećenju, trećem stepenu dužine (raspona), a obrnuto proporcionalan četvrtom stepenu strane kvadratnog poprečnog preseka".

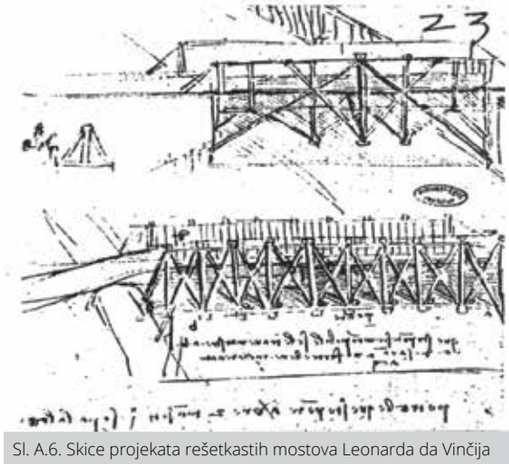
Leonardo da Vinči se mnogo bavio problemima ratne tehnike. Poznate su njegove studije bornih i oklopnih kola, parnih topova i sistema odbrane fortifikacionih objekata. Za vojne potrebe, Leonardo da Vinči je predložio gradnju lakih rešetkastih drvenih pokretnih mostova, koji se po potrebi mogu podizati pred neprijateljem. Veoma je zanimljivo da su prvi nacrti rešetkastih nosača delo Leonarda da Vinčija i da su nastali pola veka ranije od projekata drugog velikog italijanskog umetnika - arhitekte Andrea Paladija (1518-1580. g.), koji se inače smatra tvorcem rešetkastih sistema drvenih nosača. Na Slici A.5. data je kopija originalnog Leonardovog rada na rešetkastim nosačima mostova. Mora se priznati da Leonardo da Vinči nije mnogo zadužio ni arhitekturu, ni građevinarstvo svojim delima jer nije realizovao nijedan objekat, nijednu od maštovitih konstrukcija. Ipak, mnogi kasniji istraživači, arhitekti i graditelji su mogli da se inspirišu veoma naprednim i provokativnim idejama, projektima i delima ovog umetnika i velikana svetske istorije.

U XV i XVI veku, u doba naglog razvitka proizvodnih snaga i prvih značajnijih ostvarenja nauke u oblasti matematike i mehanike, načinjen je značajan napredak u tehnici gradnje objekata i u pristupu arhitekturi i građevinarstvu. Arhitekta Paladio je predložio niz novih konstrukcija u drvetu koje su se odlikovale progresom, racionalnošću i smelošću. Konstrukciju mosta u gradu Bosanu, preko reke Brente, sa nizom raspona od po 12.00 m, karakteriše primena kosnika - pajanti, kako je pokazano na Slici A.6. Kosnici su upotrebljeni na jedan nov oblikovni i inženjerski način. Vrednosti

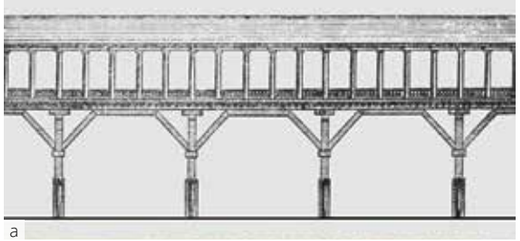
1) Enciclopedia italiana di scienze, lettere e d'arti. 7, Instituto della Enciclopedia italiana fondata da Giovanni Treccani, Roma, 1933 - XI



Sl. A.5. Analiza savijanja opterećenih drvenih greda L. da Vinčija



Sl. A.6. Skice projekata rešetkastih mostova Leonarda da Vinčija



a



b

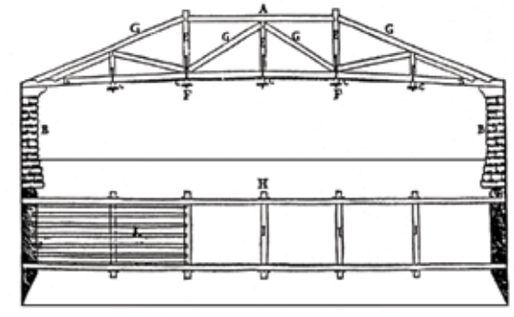
Sl. A.7a,b. Most na reci Brenti

ovako koncipiranog nosivog sistema u drvenim konstrukcijama su se dokazale kroz sledećih pet vekova, jer se, uz manje ili veće modifikacije, ovakav način racionalizacije u konstrukcijama održao do danas. Mnogi autori smatraju Andrea Paladija ocem drvenih rešetkastih konstrukcija. U svom delu „Četiri knjige o arhitekturi" (Quattro Libri del' architettura), izdatom u Veneciji daleke 1570. godine, Paladio je na jedan racionalan, inženjerski način definisao oblike rešetkastih drvenih sistema"... sa kojima se mogu graditi drveni mostovi na rekama, bez postavljanja stubova u vodu.[2)]

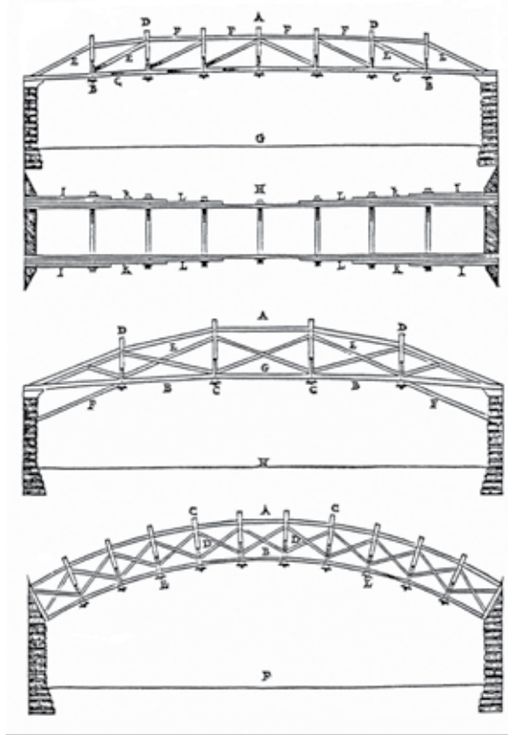
Svoje ideje Paladio je proverio izgradivši most preko reke Ćizmon, koja se uliva u Brentu, nedaleko od Basana, raspona "sto stopa". Konstrukcija mosta je izvedena iz tri vešaljke spojene u jedinstvenu celinu, sa svim karakteristikama rešetkastih sistema, prema današnjim kriterijumima mehanike i statike (Sl.A.8). Sve međusobne veze elemenata u čvorovima sistema su izvedene metalnim vezama, posebno oblikovanim u te svrhe. Teorijski radovi i ideje Leonarda da Vinčija i studije i realizacija Andrea Paladija zacrtali su puteve razvoja rešetkastih drvenih nosača u arhitekturi i građevinarstvu. Preobražaj u koncepciji i primeni drveta u krovnim konstrukcijama je potpomognut razvojem mehanike i matematike, na čijim osnovama je ustanovljen princip statičkog proračuna konstrukcija. To je, uz značajan razvoj tehnologije obrade i zaštite drveta, dovelo do pojave novih oblika i novih sistema drvenih krovnih konstrukcija koji se sada primenjuju ne samo nad malim i srednjim rasponima, već premošćuju raspone o kojima su stari graditelji mogli samo maštati.

Razvoj proizvodnih snaga, određeni vidovi organizacije manufakturne proizvodnje zahtevaju i sasvim nove oblike konstruktivnih sistema objekata, pa i samih krovnih drvenih konstrukcija. Standardni oblici grednih sistema konstrukcija ne mogu više biti korišćeni za objekte vanstandardne funkcije i forme. To su sada jedinstvene građevine, rađene najčešće po posebnoj narudžbini, zahtevima i za posebne namene. Rešetkasti sistemi se veoma brzo razvijaju u tom kontekstu. Njihove statičko-konstruktivne karakteristike se koriste do granica koje određuju nivo znanja konstruktera, njegova mašta i smisao za istraživanje novih oblika rešetkastih nosača. To je jedno veoma široko polje delovanja, kreiranja i oblikovanja sistema konstrukcija. Teorijska rešenja statičkih problema određivanja sila u elementima rešetkastog nosača i provera naprezanja u presecima štapova veoma brzo postaju dostupna inženjerima i konstrukterima, što je neophodan preduslov za ostvarivanje neobično smelih i veoma dobro oblikovno definisanih konstrukcija. Jednovremeno sa razvojem nauke i tehnike razvija se znatan broj zanatlija, veoma talentovanih tesarskih majstora, kojima svakako nedostaje teorijsko znanje iz oblasti drvenih konstrukcija, ali koji poseduju veoma snažan graditeljski osećaj za drvo, konstrukciju, arhitekturu i oblikovanje prostora. Oni su zadužili tehniku gradnje drvetom svojim doprinosom na realizaciji, usavršavanju i razvoju projektovanja i izvođenja rešetkastih sistema drvenih krovnih konstrukcija.

Takva sprega stručnjaka daje veoma dobra projektantska i inženjerska rešenja, maštovita i stvaralački smela, sa već usavršenim detaljima veza i nastavaka štapova u rešetkastoj strukturi. Ograničene dimenzije osnovnih elemenata drvene građe od koje nastaju konstruktivni sklopovi zahtevale su od stvaralaca najviše moguće tehničko i projektantsko obrazovanje, koje se sticalo kroz praksu i kroz iskustva starijih graditelja i prethodnika. Krajem XVIII veka razvoj drvenih rešetkastih sistema je u punom zamahu, kao rezultat prenošenja iskustava i kao rezultat dugog dokazivanja kvaliteta tokom eksploatacije objekata. Pojava novih spojnih sredstava i niz patenata iz oblasti

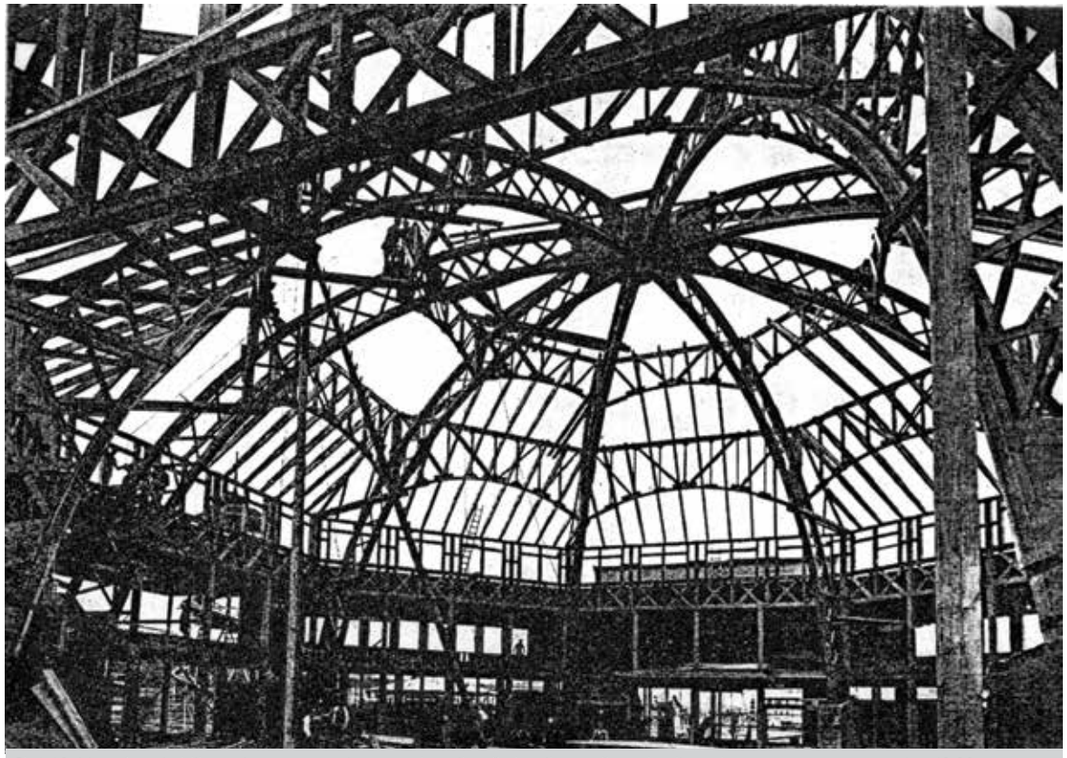


Sl. A.8. Most na reci Ćizmon

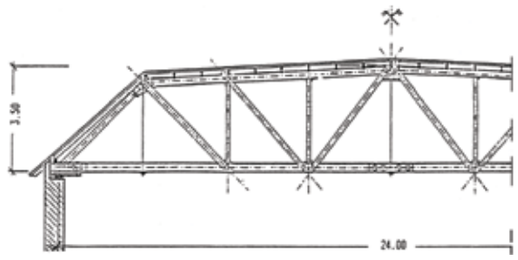


Sl. A.9. Sistemi drvenih rešetkastih mostova A. Paladija

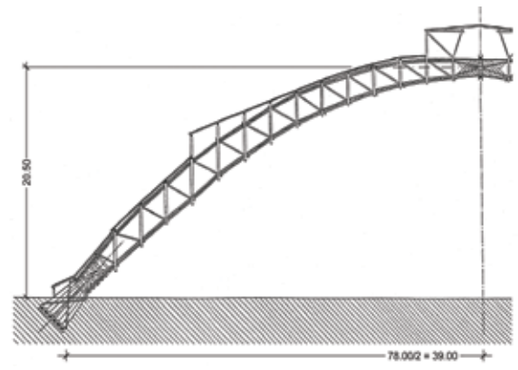
2) A. Paladio, Les quatre livres del' architecture, Tradiction integrale de Freart de Chambraz, 1650, Intreduction de Francois Hebert-Stevens, Arthaud, Paris, 1980. g. Enciclopedia italiana di scienze, lettere e d'arti. 7, Instituto della



Sl. A.10. Mogućnosti oblikovanja prostora primenom drvenih rešetkastih nosača nad poligonalnom osnovom raspona L = 42.00 m



Sl. A.11. Rešetkasti krovni nosač sistema "Tuchscherer"



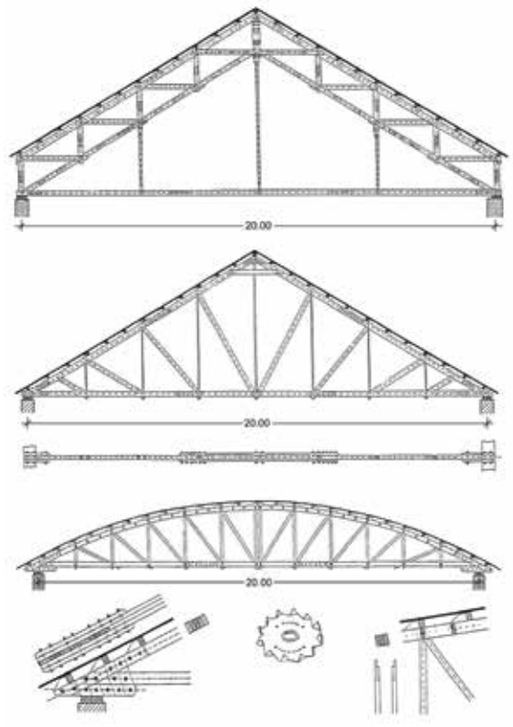
Sl. A.12. Glavni nosač Koncertne dvorane u Drezdenu

mehaničkih spojnih sredstava, početkom XX veka omogućila je izvođenje elegantnijih čvornih veza i ekonomičnijih poprečnih preseka elemenata drvenih krovnih struktura. Prema svojstvima svakog od spojnih sredstava razvio se i sistem i tip rešetkastih nosača. Čuveni Tukšererovi rešetkasti nosači postali su veoma eksploatisani sistem gradnje krovnih konstrukcija, pošto je laboratorijskim ispitivanjem opterećenjem do loma, 1920. godine u Beču, pokazano da drveni nosači sistema Tukšerer imaju za 60-80% veću nosivost od nosača istog raspona i istih dimenzija poprečnih preseka izvedenih vijcima i ekserima.

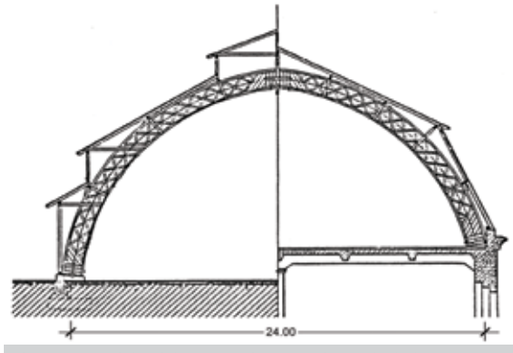
Na sličan način, sa malim varijacijama po obliku ili načinu ugrađivanja, patentirano je dvadesetih godina XX veka više tipova karika i moždanika za izvođenje nastavaka i čvornih veza drvenih štapova, odnosno tipova rešetkastih nosača koji su po autorima dobili nazive. Poznati su sistemi nosača Ardantova (kombinacija vešaljke i podupirala), Melcera (Meltzer), Kristof-Unmackova (Cristoph-Unmackov), Kiblera (Kubler), Noake (Arnost Noaka), Deala (Dehall) itd. Statički sistemi ovih krovnih nosača su pravi rešetkasti nosači. Odlikuje ih veoma mala količina utrošene građe u odnosu na punozidne kovane nosače i druge oblike rešetkastih nosača, lako izvođenje nastavaka i čvornih veza i mogućnost savlađivanja velikih raspona. Evidentno je da se primenom ovih sistema veza javlja i forma statičkih sistema koji do tada nisu mogli biti realizovani, a koji se razvijaju u dva osnovna pravca: a) racionalnih, ekonomičnih i moćnih inženjerskih konstrukcija čiji je jedini cilj brza i jeftina gradnja i b) gradnje reprezentativnih, veoma pažljivo i duhovito kreiranih javnih objekata: manježa, cirkuskih hala, staničnih peronskih hala itd. Tesarski majstor Arnost Noaka izveo je 1925. godine lučnu rešetkastu konstrukciju Koncertne dvorane u Drezdenu raspona L = 78.00 m. Dvorana je bila duga 70.00 m, sa razmakom glavnih nosača od 12.90 m i sa visinom temena luka od 20.50 m. Ovakav konstrukterski zahvat je zahtevao veoma pedantan rad, a realizacija objekta pokazuje da su ulošci tipa "Noaka" imali izuzetnu vrednost. Karakteristično je za kreaciju ovog sistema konstrukcije doslednost u primeni materijala: elementi oslonačke konstrukcije su fundirani na tlo preko drvenog roštilja u kosoj ravni potpuno u skladu sa uslovima oslanjanja sistema.

Sistemi uložaka, karika i moždanika su imali mnogo uticaja na razvojni put drvenih krovnih struktura. Neki sistemi veza su se zadržali do današnjeg dana dokazujući svoju vrednost. Jedan od takvih sistema spojnih sredstava je sistem uložaka "buldog", koji je patentirao 1920. godine norveški inženjer O. Teodorsen u Oslu. Lako ugrađivanje i dovoljna moć prihvatanja i prenošenja sila svrstali su ovo spojno sredstvo među najčešće upotrebljavane uloške u Evropi. Statički sistemi u čijim se vezama upotrebljavaju ovi ulošci su raznovrsni, ali se u ranim godinama XX veka najčešće sretao rešetkasti nosač trouglaste ili trapezaste forme, odnosno rešetkasti nosač sa zakrivljenim gornjim pojasom. Kao reakcija na neke druge tipove nosača, koji su se razvijali paralelno sa rešetkastim nosačima, početkom dvadesetih godina XX veka tesarski majstor Filip Stephen iz Dizeldorfa sa uspehom je izvodio rešetkaste krovne nosače čiji su statički sistemi dvozglobni i trozglobni lukovi sa zategom ili bez zatege. Ovi rešetkasti nosači su imali zakrivljeni gornji i donji pojas i ukrštene štapove ispune. Način izvođenja veza u čvorovima je dozvoljavao upotrebu građe malih dimenzija poprečnog preseka, što je imalo uticaja na ekonomičnost sistema.

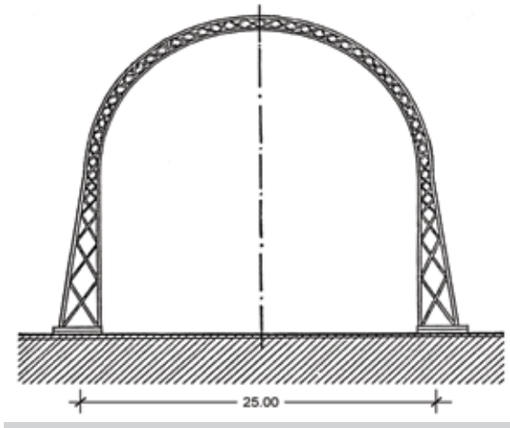
Poseban kvalitet ovog tipa krovnih nosača je veoma skladna struktura štapova koja ima svoju estetsku dimenziju: oformljeni prostor se odlikuje geometrijskom harmonijom elemenata, mirnoćom i elegancijom drvene strukture. Analiza alternativnih rešenja Servisa za opravku teretnih vozila pokazuje da se, prateći funkcionalne zahteve, prostor može rešiti kao trobrodna, dvobrodna ili jednobrodna hala, a da se pri tom geometrijski odnosi visine, raspona, preseka nosača i finoća rasporeda elemenata strukture uopšte ne remete (Sl. A.16). Pri gradnji železničke stanice u Kopenhagenu, u Danskoj, 1910. godine upotrebljen je nosivi sistem "Stefan" za gradnju visoke peronske hale sa šest lučnih polja raspona 19.45 m i sa strelom od 5.00 m. Dvozglobni luci se oslanjaju na zajedničke srednje, takođe rešetkaste stubove, s tim da su horizontalne sile prihvaćene poligonalnom zategom. Duž temena svoda krovova nad svakim parom koloseka izvedena je lanterna za osvetljenje i provetravanje prostora. Iako se nalazi u izuzetno agresivnoj sredini - u dimu i gasovima parnih lokomotiva, punih trideset godina drvenoj konstrukciji nije bila potrebna nikakva nega niti održavanje. Sa druge strane, metalne delove konstrukcije - zatege i okov – bilo je potrebno bar jednom godišnje kontrolisati zbog korozivnog delovanja sumpornih jedinjenja prisutnih u dimu



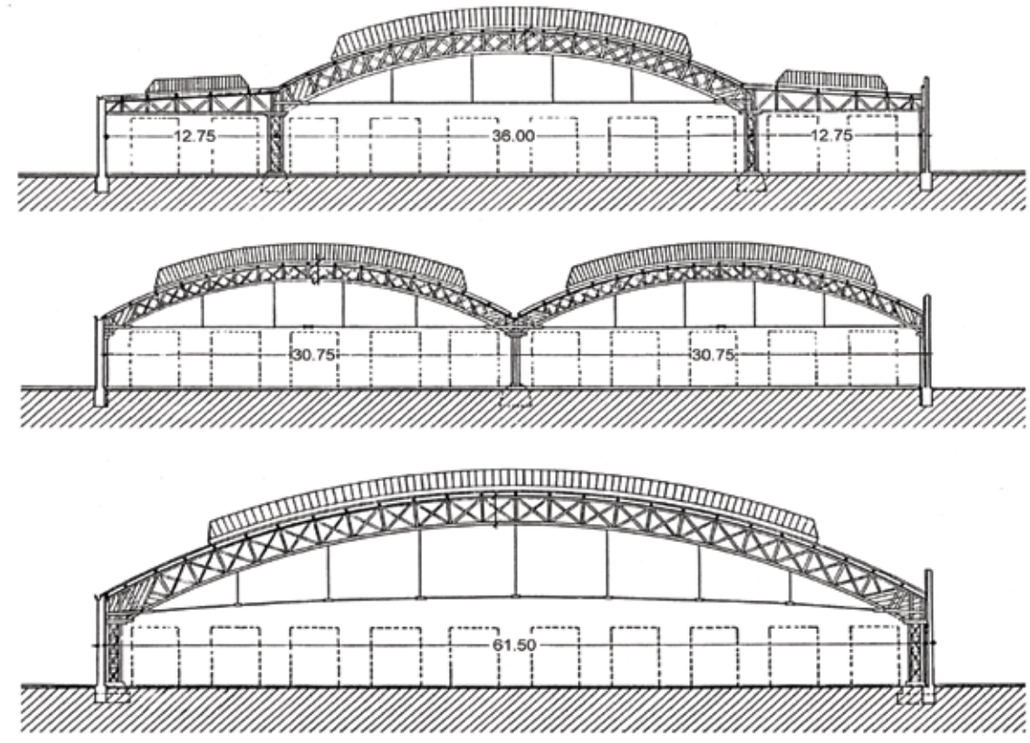
Sl. A .13. Tipski rešetkasti nosači sistema "Buldog:
a) trapezasti, b) trouglasti, c) sa zakrivljenim gornjim pojasom



Sl. A.14. Trozglobni luk tipa "Stefan" za industrijske hale



Sl. A.15. Visoki dvozglobni luk tipa "Stefan"
na industrijskom hangaru u Dizeldorfu



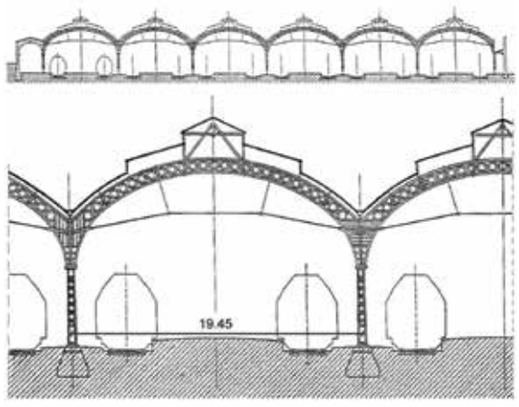
Sl. A.16. Alternativna rešenja konstrukcija sistema "Stefan"

železničkih lokomotiva (Sl. A.17). Realizacija ovakvih rešetkastih drvenih konstrukcija, uz upotrebu dobrih spojnih sredstava, nije bila moguća bez ulaganja velikog rada stručnih tesarskih majstora. Mnoga spojna sredstva, karike, moždanici i ulošci mogu da prihvate projektovanu silu u sistemu, pod uslovom da su pedantno ugrađeni u fino izvedena ležišta. Mnoge rešetkaste konstrukcije ne bi bile nikad izvedene, niti bi zaživele bez stručnih i pouzdanih tesarskih majstora. vNagli razvoj tehničkih nauka doprineo je pojavi niza duhovitih sistema konstrukcija, potpuno novog oblika. Dostignuća u razvoju i primeni linijskih rešetkastih nosača bila su povod za dalja istraživanja na projektovanju konstrukcija. Za površinske i prostorne sisteme krovnih struktura u literaturi iz prve polovine ovog veka se kaže da su to "krovovi bez veza-ča".[1)] To su sistemi konstrukcija koji su građeni na principima poznatih rešetkastih ili punih nosača.

Oni su nastali kada su prirodne nauke već definisale mnoge zakone i istine, kada se konstruisanju pristupalo na inženjerskom nivou. Njihov razvojni put nije ni dug, ni tako pravolinijski, kakvi su putevi razvoja već uočeni. Mogli su da daju određene ekonomske i funkcionalno-tehnološke rezultate tek onda kada su projektantima-konstrukterima stajala na raspolaganju specijalna spojna sredstva ili tehnologija, koja je mogla da prati specifične uslove proizvodnje i montaže ovakvih konstrukcija i bogato iskustvo u gradnji rešetkastih sistema. Prostorne sisteme konstrukcija su predložili autori Zahorski (Zahorsky) i Kroher (Kroher). Ovi sistemi su veoma slični međusobno, a osnovna misao autora je da se izvesnim elementima nalik na nabore, koje čine podužne gredice u slemenu i u uvali nabora međusobno povežu rešetkastim sistemom ispune. Unifikacijom takvih elemenata začinje se princip prefabrikacije krovnih struktura, jer se krovne ravni ostvaruju prostom montažom unapred proizvedenih elemenata.

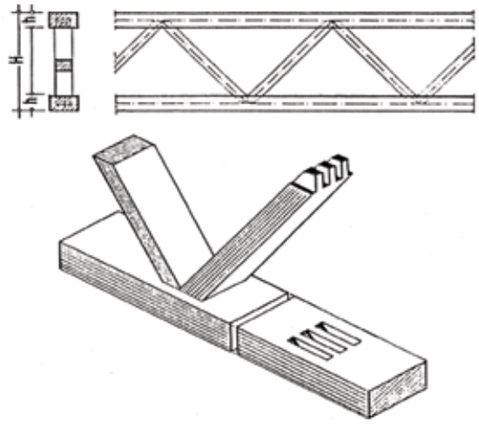
Statički sistem ovakvih krovnih struktura je najčešće bio trozglobni prostorni luk, odnosno luk sa zategom. Pri realizaciji sistema kod kojih zatege primaju horizontalne sile sistema, uvek je prisutan problem velikog broja zatega, jer se njima moraju povezati parovi naspramnih uvala u sistemu krovne strukture. Ovakve sisteme treba pomenuti zbog činjenice da su nastali kao posledica intelektualnih spekulacija stručnjaka, kao posledica namere da se što više pojednostavi gradnja krovova unifikacijom elemenata i da podstaknu nove graditelje u daljim istraživanjima i u većoj primeni drveta i konstruktivnih sistema u drvetu u eri koja predstoji. To i jeste bilo divan podstrek za razvoj novih sistema krovnih konstrukcija u drvetu u eri industrijalizacije, u eri kada su definisani uslovi prefabrikacije, zatvorene i otvorene, kada je bilo moguće primeniti nove tehnologije u obradi drveta i kada su otvorene nove perspektive na tom području graditeljstva. U drugoj polovini XX veka nastaje više industrijalizovanih sistema za prefabrikovanu gradnju rešetkastih konstrukcija krovova u drvetu. Neki od njih su pokazali odlične tehnološke, eknomske i funkcionalne performanse zbog čega su opstali na tržištu. Jedan od najviše ispitivanih i usavršavanih sistema je sistem

1) Ing. Dr Antonin Skrbek, Drvene konstrukce krovu velkych rozpeti, B. Pzsvejc, Praha, 1948. g.



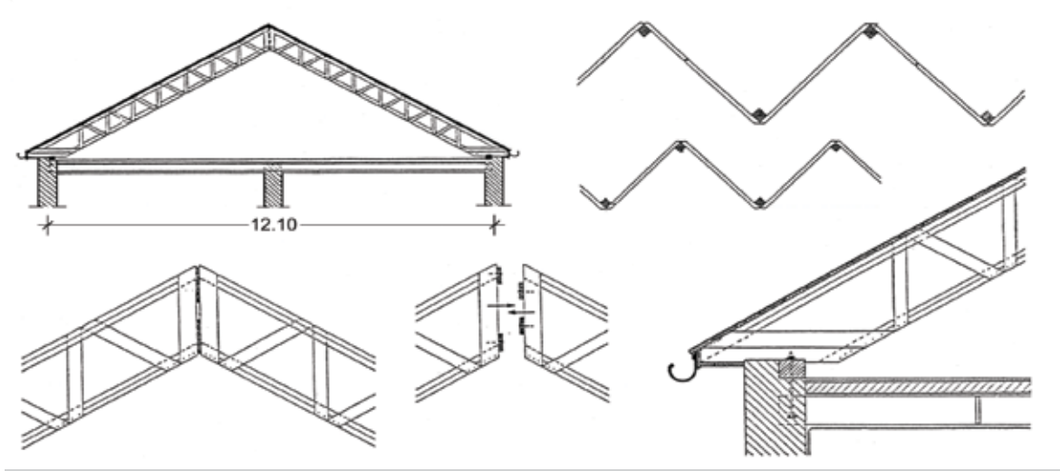
Sl. A.17. Drveni rešetkasti lukovi tipa "Stefan" peronske konstrukcije železničke stanice u Kopenhagenu u Danskoj

DSB, koji se u pojedinim sistemima prefabrikovane gradnje održao do danas. To je izrazito rešetkasta konstrukcija koja se sastoji od štapova gornjeg i donjeg pojasa - nožica - pravougaonog poprečnog preseka i od štapova ispune koji zaklapaju ugao od 45 stepeni sa osama pojasnih štapova nosača. Poprečni preseci štapova gornjeg i donjeg pojasa su tako orijentisani da veća strana čini širinu poprečnog preseka i omogućuje izvođenje žljebova za vezu štapova ispune. Ono što karakteriše sistem

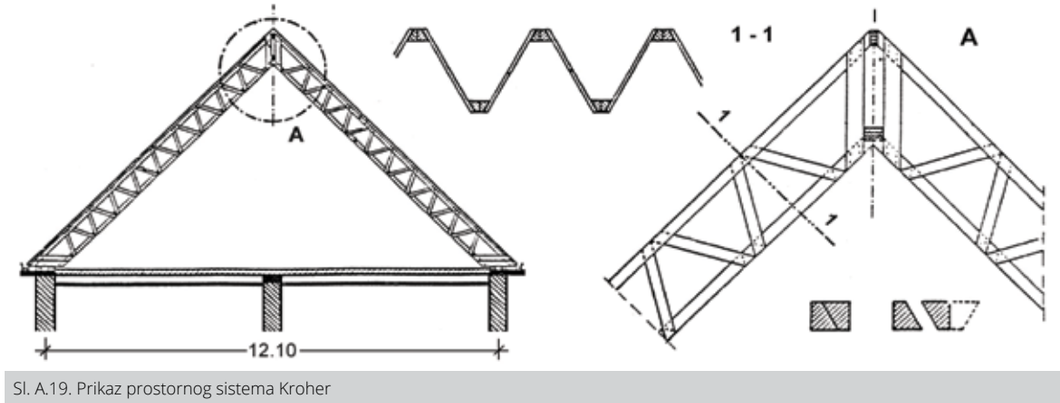


Sl. A.20. Detalj čvora DSB nosača

DSB je originalnost veza između štapova ispune i nožica nosača. Ta veza se izvodi precizno obrađenim krajevima dijagonala i obrazovanim perima i žljebovima, koji se posle nanošenja lepila ugrađuju u štapove gornjeg i donjeg pojasa i podvrgavaju pritisku za vreme polimerizacije lepila. Osnovna pretpostavka za sigurnost i pouzdanost konstrukcije DSB je veoma precizna površinska obrada drveta i veoma pažljiva i sinhronizovana tehnologija obrazovanja nosača u specijalizovanoj radionici.



Sl. A.18. Sistem nabora Zahorski



Sl. A.19. Prikaz prostornog sistema Kroher

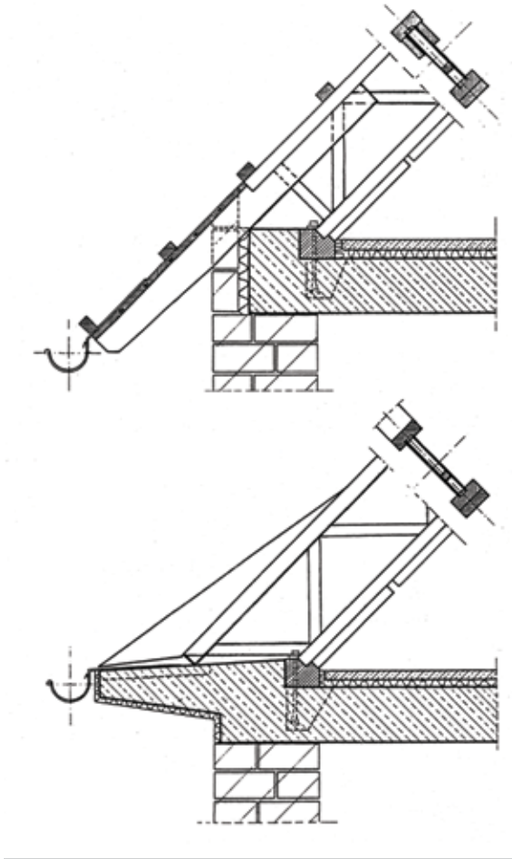
Ovakav sistem ne trpi nikakve improvizacije tokom proizvodnje i predstavlja produkt poluindustrijske proizvodnje elemenata za prefabrikovanu gradnju krovnih struktura, jer se sastavljanje nosača u celinu sprovodi ručno, a ne mašinski. Elementi DSB sistema su pravi rešetkasti nosači koji se mogu upotrebiti u gradnji krovnih struktura u ograničenim oblicima statičkih sistema konstrukcija. To mogu biti proste grede, grede sa prepustima ili trozglobni lukovi sa zategom i bez zatega. Proračun elemenata DSB, ako je prosta greda, sprovodi se po sistemu proračuna "I nosača", uz redukciju momenta inercije preseka kada je:

$$h / H \geq 0.15$$

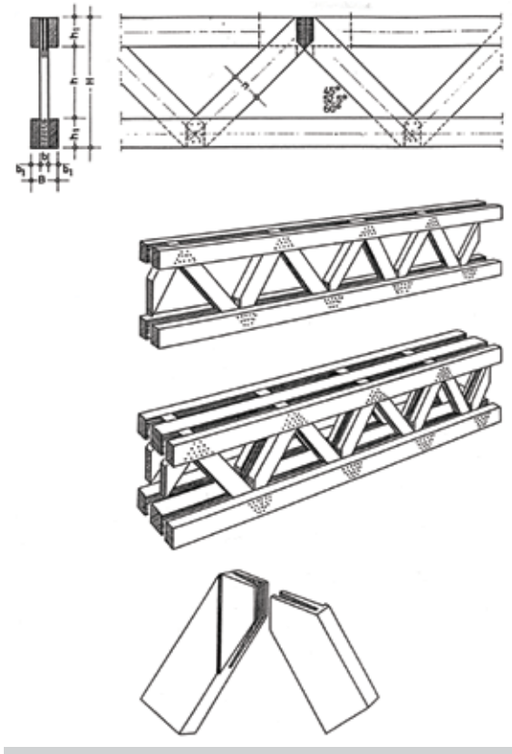
U prethodnom količniku je:
h - *visina poprečnog preseka nožice nosača*
H - *ukupna visina nosača*

Nosači koji ne ispunjavaju ovaj uslov se nazivaju visokim nosačima i za njih važe pravila proračuna rešetkastih nosača bez kontinuiteta štapova gornjeg i donjeg pojasa. Kontinuitet se ne može uzeti u račun zbog velikih oslabljenja na mestu veza štapova ispune. Prema količini ugrađenog drveta, nosači DSB predstavljaju veoma ekonomičan sistem, ali kad se uvede faktor veoma precizne i skupe proizvodnje i ograničen prostor primene, dobija se odgovor na činjenicu da primena ovog sistema nije dala zavidne rezultate. U realizaciji prefabrikovanih krovnih struktura, sistem se odlikuje solidnom kombinabilnošću. Prilagođava se geometrijskim uslovima osnove objekta po svim parametrima, mada se ovim sistemom krovnih nosača mogu realizovati samo jednovodni i dvovodni krovovi. Tehnološka fleksibilnost je veoma izražena, jer se nosači izvode na pisti, u radionici, gde je moguće ostvariti na veoma jednostavan način i bez promene poprečnih preseka komponenata optimalni asortiman dužine nosača.

Rešetkasti nosači trigonit su takođe produkt poluindustrijalizovanog procesa proizvodnje i predstavljaju spoj dva različita sistema veze drvenih nosača: veoma precizno obrađene i međusobno pažljivo slepljene dijagonale jednog rešetkastog sistema se povezuju sa svojim pojasnim štapovima složenog poprečnog preseka od rezane građe kovanom vezom. Svaki od ova dva autonomna sistema štapova, od kojih nastaje triangulisana struktura, ima ostvaren kontinuitet u okviru čvorova svoje strukture, ali je međusobna veza štapova ispune i pojasnih štapova zglobna. Poprečni presek trigonit nosača može imati jednodelnu ispunu i dvodelne štapove gornjeg i donjeg pojasa ili dvodelnu strukturu ispune i trodelne štapove pojasa. Moguće su i druge varijante izvedene iz ova dva osnovna sistema poprečnih preseka (Sl. A.20). Trigonit je fleksibilniji konstruktivni sistem od DSB sistema i može se šire primeniti u organizaciji krovnih struktura. Ovaj rešetkasti nosač može biti upotrebljen u svim domenima građevinskih konstrukcija i dobro se prilagođava raznim oblicima statičkih sistema. Trigonit nosači mogu biti primenjeni kao:



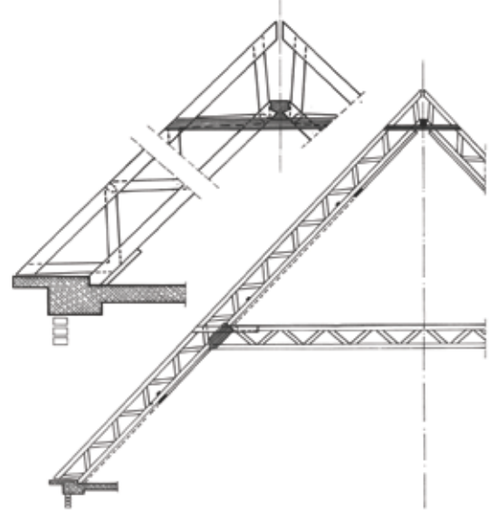
Sl. A.21. Rešetkasti nosači trigonit



Sl. A.22. Rešetkasti nosači trigonit

1. Jednovodni i dvovodni krovovi u četiri karakteristična slučaja:
   - krovni vezač sistema trozglobnog luka bez zatege, kada horizontalne reakcije sistema prihvata betonska međuspratna konstrukcija,
   - krovni vezač sistema trozglobnog luka sa zategom koju čini poseban trigonit nosač iz sastava tavanske konstrukcije,
   - krovni vezač sistema trozglobnog luka sa čeličnom ili drvenom zategom u sastavu plafonske konstrukcije,
   - krovni vezač sa raspinjačom koju čini poseban trigonit element;
2. Glavni nosači hangarskih konstrukcija tipa dvozglobnog okvira sa razuđenim stubovima;
3. Podvlake u konstrukcijama hangara velikih raspona;
4. Kontinualni nosači, rešetkasti nosači sa promenljivom visinom poprečnog preseka - trouglastog ili trapezastog oblika;
5. Dvozglobni lukovi sa zakrivljenom osom;
6. Šed krovovi.[1)]

Sam konstruktivni sistem zahteva poštovanje određenih uslova u organizaciji čvornih veza i nastavaka i u organizaciji oslonačkih veza. To su tipska rešenja kojima se ojačavaju poprečni preseci i formiraju tako da mogu da prihvate povećane transverzalne sile ili da prihvate koncentrisane priključne sile u čvorovima. Statički proračun trigonit nosača podrazumeva jednako podeljeno opterećenje po štapovima ili koncentrisane sile u čvorovima sistema, uz

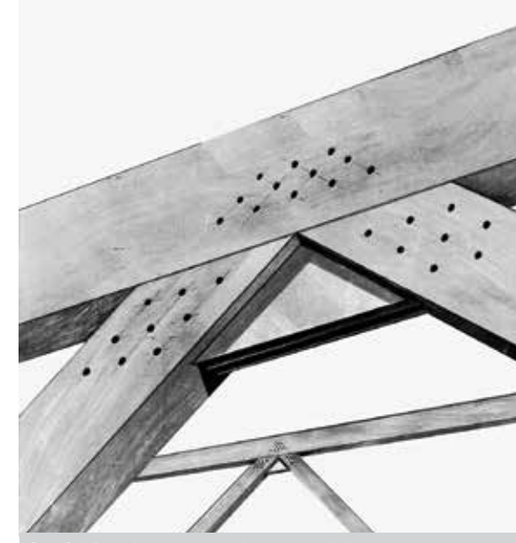


Sl. A.23. Trigonit okvir

uslov stroge triangulacije štapova i dosledno centrisanje osa štapova ispune i osa štapova pojasa. Presecanje osa štapova u čvoru oslobađa sistem dopunskih parazitskih uticaja, što je veoma važno za izvođenje kovane čvorne veze. Tehnološka fleksibilnost sistema je značajna. Sistem je tako koncipiran da se bez ikakvog značajnijeg prilagođavanja mogu izvesti serije različitih dužina nosača u određenom modularnom koraku, koje mogu da ostvare optimalni asortiman nosača za sisteme krovnih vezača, rožnjača ili rogova u ukupnom sistemu krovne strukture. Trigonit nosači pokazuju i značajnu kombinabilnost u domenu primene u gradnji jednovodnih i dvovodnih krovnih struktura, što sistem gradnje trigonit nosačima čini otvorenom prefabrikacijom. Sistem rešetkastih nosača „greim" je takođe nastao na bazi pokušaja da se tehnika izvođenja metalnih rešetkastih sistema primeni u proizvodnji elemenata drvenih struktura. Ovaj sistem je otišao najdalje u podražavanju konstruktivnih sistema u metalu i daje dobre rezultate u konačnom obliku. Primenjuje se, prema navodima proizvođača, za konstruktivne sisteme sledećih objekata:

- stambena izgradnja - krovne konstrukcije,
- industrijski objekti - proizvodne hale, skladišta, radionice,
- sportski objekti - sportske i fiskulturne dvorane,
- poljoprivredni objekt - staje, skladišta, hangari.[2)]

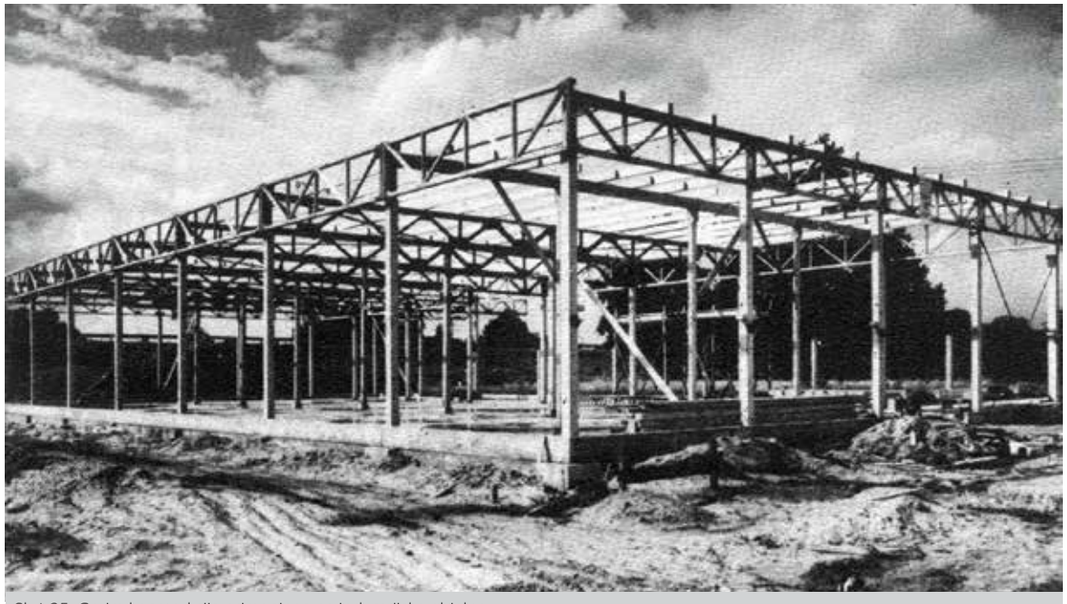
Proizvodnja konstruktivnih elemenata „greim" je veoma osetljiv postupak u pripremi komponenata. Štapovi moraju veoma tačno da se obrade, a ono što opterećuje sistem je precizna i komplikovana izrada žljebova u štapovima ispune, posebno u dugim pojasnim štapovima. Žljebovi se izvode upotrebom specijalizovanih alata, ali je manipulisanje dugačkim elementima određeni problem, pogotovu kad je reč o snažnijim presecima gor-



Sl. A.24. Detalj čvorne veze sistema „greim"

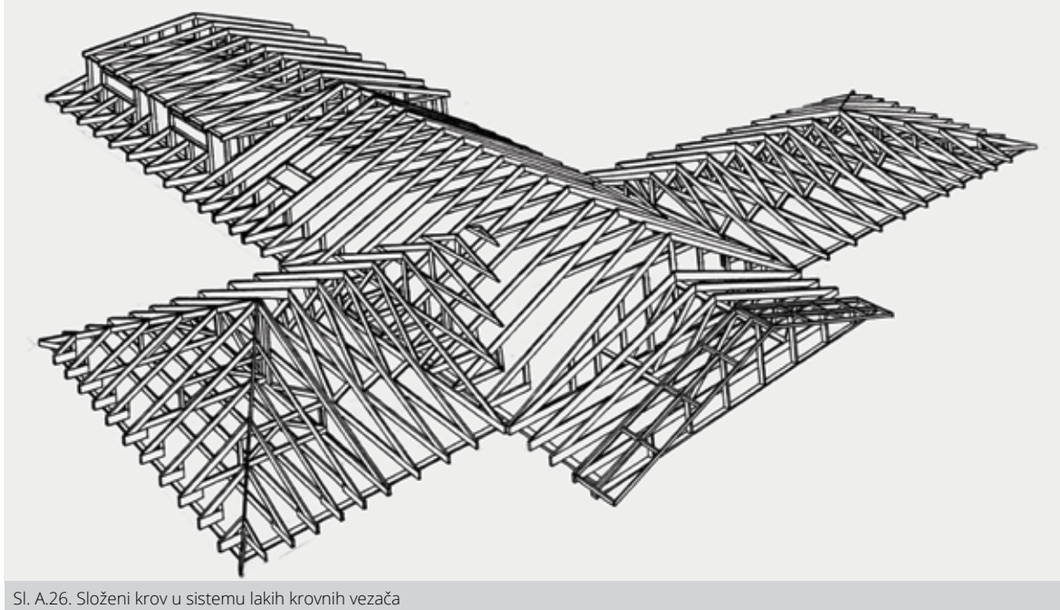
njeg ili donjeg pojasa. Karakteristika ovog sistema je tehnika izvođenja veza u čvorovima i nastavak štapova. Sistem podrazumeva ugrađivanje više paralelnih čvornih limova debljine 1.00 mm do 1.75 mm u prethodno obrazovane žljebove u svim štapovima koji formiraju čvor, a zatim formiranje veze ukivanjem eksera prečnika 24 do 42 mm/10. Ekseri se prikivaju ručno ili uz upotrebu pneumatskih pištolja bez bušenih rupa u drvetu i metalu. Ovako dobijena veza je veoma stabil-

1) B. Zakić, Lepljene lamelirane konstrukcije, Beograd 1965. g.
2) Zastupnik za bivšu SFRJ: Splošno gradbeno podjetje Hrastnik



Sl. A.25. Greim konstrukcija primenjena na industrijske objekte

na, bez inicijalnih pomeranja i bez mogućnosti pojave rupa većeg prečnika od prečnika spojnog sredstva, ali se sam postupak formiranja nosača ne može okarakterisati kao industrijski (Sl. A.24). Dosta manuelnog rada ima u izradi elemenata i u formiranju nosača, te je sa aspekta tehnološke fleksibilnosti sistem tako organizovan da nema potreba ni za kakvim korekcijama procesa proizvodnje kod zahteva da se jedan statički sistem izvede u više raspona ili u više serija. Mora se istaći da se sistem takođe odlikuje dobrom kombinabilnošću konstruktivnog sistema, da se iz određenih većih veoma lako dobijaju manji elementi, da su moguća i dodavanja komponenata ukupnom funkcionalnom elementu, bez negativnog uticaja na sistem. Greim nosači mogu biti izvedeni u svim oblicima statičkih sistema sa pravim štapovima, ali se najčešće upotrebljavaju kao linijski rešetkasti nosači sistema proste grede. Oni zauzimaju mesto krovnih vezača u sistemu organizacije konstrukcije krova ili glavnog nosača u organizaciji ukupnog konstruktivnog sistema hale. Najbolji rezultati se postižu na rasponima od oko 20.00 m, sa međurazmakom koji zavisi od sekundarne konstrukcije, od rožnjača, koje isto tako mogu biti izvedene od greim elemenata.Razvoj rešetkastih krovnih nosača je, dakle, buran. Sistemi se razvijaju u oštroj konkurenciji sa punozidnim sistemima konstrukcija, takođe u drvetu, i pokazaju da u okvirima malih i srednjih raspona mogu biti čak i superiorniji od svojih konkurenata na planu funkcije, tehnologije i ekonomičnosti građenja.



Sl. A.26. Složeni krov u sistemu lakih krovnih vezača

OSNOVNE KARAKTERISTIKE SISTEMA LKV

U poslednjih nekoliko decenija u evropskim zemljama, posebno u Austriji, Engleskoj, Francuskoj i Nemačkoj, izrađene su brojne studije, izvršena mnoga ispitivanja i izvršene mnoge analize u cilju tipizacije, racionalizacije i prefabrikacije građenja krovnih struktura. Pokazalo se da su napori urodili plodom. Prisustvo brojnih sistema lakih krovnih vezača, proizvedenih na različite načine, ogromna godišnja produkcija, oživljavanje drvne industrije i izvanredan ekonomski efekat su pokazatelji koji govore da je pronađen racionalni sistem za industrijsku prefabrikaciju krovnih struktura.[1)]

Pojavom lakih krovnih vezača klasično poimanje krovne konstrukcije u drvetu se bitno menja. Tradicionalni sistemi krovnih konstrukcija sa pravim ili kosim stolicama, prostim ili dvojnim vešaljkama, sa rožnjačama i rogovima, zamenjen je jednim jedinstvenim elementom krovne konstrukcije koji ima ulogu i roga i vezača. Ovakav funkcionalni elemenat prefabrikovane krovne strukture se postavlja na mestu svakog roga u konfiguraciji štapova tradicionalnog drvenog krova. Sa jednovremenom ulogom roga, rožnjače i krovnog vezača, ovaj funkcionalni elemenat je dobio u francuskoj literaturi naziv vezač-rog (ferme-chevron). Izveden od jednodelnih poprečnih preseka štapova sa čvornim vezama formiranim posebnim tehnološkim postupkom, odlikuje se izvanrednom lakoćom i malom količinom ugrađenog tehničkog drveta. Iz tih razloga, a za razliku od poznatih teških kovanih rešetkastih nosača "bindera', ovaj elemenat u strukturi prefabrikovanog krova je u našoj graditeljskoj praksi nazvan sistemom lakih krovnih vezača , skraćeno rečeno: sistem LKV.

Laki krovni vezači se postavljaju na malom međusobnom rastojanju, najčešće na 60 do 120 cm, mada mogu izuzetno da se postave i na međusobnom rastojanju do 2.50 m, za razliku od klasičnih krovnih vezača čiji je međusobni razmak, po pravilu, veći od 4.00 m. Oni, dakle, stoje na mestu svakog roga u skeletu krova, ali pošto su nosivi elementi, isključuju potrebu postojanja rožnjača i tradicionalnih krovnih vezača. Laki krovni vezači su, u statičkom smislu, statički neodređeni nosači na dva ili tri oslonca, sa potpuno ili delimično triangulisanom konfiguracijom štapova, u zavisnosti od oblika i raspona koje premošćuju i položaja u strukturi krova. Rasponi lakih krovnih vezača se kreću od 2.40 m do 12.00 m, za standardne sisteme, pa čak i do 30.00 m za sisteme obrazovane pod posebnim uslovima. To su autonomni elementi konstruktivnog sklopa krova, koji opterećenje od krovnog pokrivača, eventualne izolacije, plafona, snega i vetra direktno prihvataju i prenose na vertikalne nosive elemente objekta: na zidove ili na podvlake i stubove. Najveći i najbrojniji deo elemenata strukture tradicionalnog krova je, usled klimatskog i stalnog opterećenja, napre-

1) V. Kujundžić, Laki rešetkasti krovni vezači - prikaz i analiza industrijalizovanih sistema u drvetu, Časopis Izgradnja br. 10/80, Beograd.



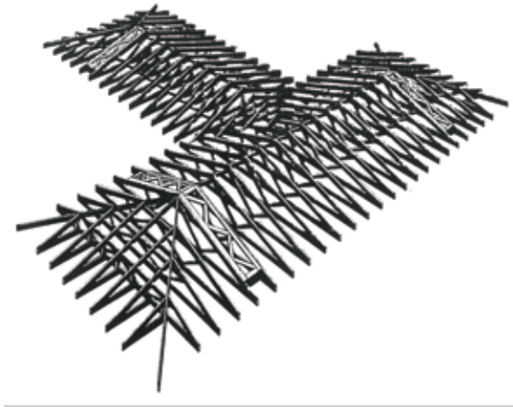
Sl. A.27. Industrija lakih krovnih vezača



Sl. A.28. Veza štapova rešetkastog nosača u temenom čvoru



Sl. A.29. Skladištenje proizvedenih lakih krovnih vezača



Sl. A.30. Krov u sistemu lakih krovnih vezača

gnut na savijanje (rogovi) i koso savijanje (rožnjače). Poznato je da je savijanje najneekonomičnije naponsko stanje u konstrukciji, jer zahteva snažne poprečne preseke radi zadovoljavanja uslova naprezanja ili uslova ugiba. Jedan laki krovni vezač za odgovarajuće klimatsko i stalno opterećenje pokazuje sasvim drugačiju sliku naprezanja: zbog triangulisane strukture štapova statičkog sistema, dominantne su normalne sile pritiska i zatezanja, uz eventualnu pojavu momenata savijanja malog intenziteta, usled dejstva opterećenja van čvornih tačaka, a što odgovara stvarnoj slici opterećenja. Na male vrednosti intenziteta momenata savijanja u štapovima utiče i sam kontinuitet štapova gornjeg i donjeg pojasa, koji mogu ići preko tri ili više polja. Ovakav kontinuitet nije mogao biti uzet u račun kod tradicionalnih krovova, jer se veze na osloncima izvode zasecanjem štapova - redukcijom visine poprečnog preseka štapa. Sistem obrazovanja čvornih veza štapova lakih krovnih vezača, koji ne zahteva veliku površinu za ugrađivanje spojnih sredstava i povoljna slika naprezanja su razlog što su poprečni preseci štapova u okviru lakog krovnog vezača mali, što je veoma ekonomično za sistem.

Svi štapovi u strukturi sistema lakih krovnih vezača su jednodelni štapovi iste širine poprečnog pravougaonog preseka i podužne ose svih štapova leže u jednoj ravni. Minimalna širina poprečnog pravougaonog preseka štapa je 36 mm. Visina poprečnog preseka je promenljiva mera i zavisi od vrednosti sila u poprečnom preseku štapa. Sa tehnološko-proizvodnog aspekta laki krovni vezači predstavljaju produkt koji se može proizvoditi na industrijski način u velikim serijama. Uz minimalne troškove izrade i uskladištenja, transporta i montaže, uz pojavu posebnih spojnih čvornih sredstava ovakav sistem konstrukcije krovova se snažno nameće modernom građevinarstvu. Ovaj tip konstruktivnih elemenata vrlo brzo je postao posebno poglavlje u razvoju konstruktivnih sistema u drvetu. Mogućnosti zadovoljavanja svih potrebnih uslova koji se postavljaju pred krov, pa čak i nekad vrlo teški arhitektonski uslovi, daju puno pravo korišćenja ovog novog tipa konstruktivnog sistema u drvetu.

Sračunati na opterećenja kao klasični vezači, montirani sa lakoćom, a zaštićeni protiv insekata i gljivica, krovovi sa lakim vezačima pružaju istu sigurnost i trajnost kao i klasičan krov. Ovog puta je reč o jednom proizvodu na visokom tehničkom i tehnološkom nivou, koji je uz sve i vrlo rentabilan. Činjenica da su laki krovni vezači strogo kontrolisani industrijski proizvod uliva veru u standardnost proizvodnje, u standardnost kvaliteta i samog drveta i samog proizvoda. U velikim pogonima drvne industrije razrađeni su rigorozni sistemi kontrole proizvodnje, što omogućuje i upotrebu drveta niže kvalitetetne klase u odnosu na kvalitet drveta potrebnog za izradu klasičnog krova, a uz poštovanje određenih koeficijenata sigurnosti. To samo znači da se rentabilnost sistema ogleda i u upotrebi adekvatne klase drveta.

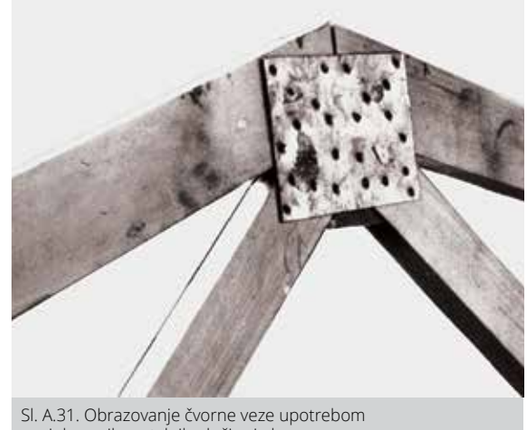
POSTUPCI IZVOĐENJA ČVORNIH VEZA I NASTAVAKA

Tehnološki principi izvođenja veza i nastavaka štapova se mogu definisati na više nivoa u funkciji zastupljenosti principa industrijske proizvodnje, odnosno visine ulaganja materijalnih sredstava u organizacij proizvodnje. U vezi s tim postoje:

- zanatski postupak proizvodnje,
- poluindustrijski postupak proizvodnje i
- industrijski postupak proizvodnje.

Zanatski postupak proizvodnje

Zanatski postupak proizvodnje ne zahteva, u principu, nikakva materijalna ulaganja u proizvodnju lakih krovnih vezača. Ovakva organizacija rada podrazumeva izvođenje veza uz upotrebu čvornih metalnih ploča ili upotrebu čvornih furnirskih ploča, koje se postavljaju u vidu podveza, obostrano, preko čvora ili nastavka, a kompaktnost se postiže kovanom vezom ekserima. Oblikovanje štapova se izvodi na stolarskim mašinama koje, po pravilu, već postoje u proizvodnom pogonu. Ovakva organizacija proizvodnje ima malu produktivnost uz mnogo skupog ljudskog rada, jer je proizvodnja praktično manuelna. Metalne čvorne ploče su debljine d ≥ 1.0 mm i



Sl. A.31. Obrazovanje čvorne veze upotrebom pocinkovanih metalnih pločica i eksera

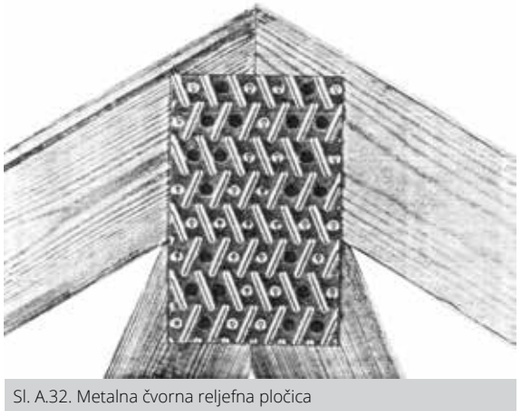
pocinkovane su, kao zaštita od korozije. Furnirske ploče imaju debljinu d ≥ 10.0 mm, a sastavljene su od najmanje pet listova furnira. Kontaktne površine čvornih furnirskih ploča i štapova u vezi moraju biti prethodno slepljene hladnim građevinskim lepkovima.

Poluindustrijski postupak proizvodnje

Poluindustrijski postupak proizvodnje podrazumeva obrazovanje čvornih veza i nastavaka štapova čvornim pločama od lima ili od furnirskih ploča. Unapređen je način povezivanja elemenata u vezi: spojna sredstva, ekseri ili klamfice se ugrađuju uz pomoć pneumatskog pištolja. Ovaj način obrazovanja veza i nastavaka unapređuje proizvodnju, jer je

moguće izvođenje veza ugrađivanjem spojnih sredstava samo sa jedne strane elementa, što isključuje jedan korak u proizvodnom procesu - okretanje elemenata i kovanje sa druge strane, čime je opterećena zanatska proizvodnja.

Za obrazovanje veze uz pomoć furnirskih ploča, koje su prethodno slepljene u dodirnoj površini sa štapovima, koriste se isključivo metalne klamfice koje se ugrađuju pneumatskim pištoljima. Postoje i načini obrazovanja veza uz automatsko povijanje vrhova klamfica na izlaznoj strani donje čvorne ploče, što vezu čini još kompaktnijom. Metalne čvorne ploče, u zavisnosti od patenta, mogu biti reljefne zbog povećanja krutosti u svojoj ravni i perforirane, čime je definisan položaj eksera u vezi. Ekseri se ukivaju pneumatskim pištoljima, a razlikuju se od običnih, građevinskih eksera po tome što mogu biti kvadratnog poprečnog preseka i tordirani ili koncentrično narezani zbog boljeg prijanjanja za drvo i zbog veće otpornosti na izvlačenje (Sl. A.32). Ovakav poluindustrijski postupak proizvodnje, uz relativno mala materijalna ulaganja u opremu podiže produktivnost na zavidni nivo, iako je u tehnološkom procesu proizvodnje ljudski rad zastupljen u znatnoj meri. Kvalitet proizvoda je na zadovoljavajućoj visini i laki krovni vezači proizvedeni na ovaj način u svemu zadovoljavaju potrebe prefabrikovane gradnje krovnih struktura.



Sl. A.32. Metalna čvorna reljefna pločica

Industrijski postupak proizvodnje

Industrijski postupak proizvodnje lakih krovnih vezača podrazumeva isključivu upotrebu metalnih konektera u obrazovanju čvornih veza i nastavaka drvenih štapova. Metalni konekteri su specijalno oblikovane metalne pločice sa funkcijom ostvarivanja međusobne veze štapova u čvoru rešetkastog nosača ili u nastavku drvenog štapa. Hladnim presovanjem čeličnog lima debljine d ≥ 1.0 mm metalna pločica se oblikuje delimičnom perforacijom i izvlačenjem metalnih zubaca različitog oblika, dužine i orijentacije i transformiše u konekter. Ovako oblikovan konekter je antikorozivno zaštićen prethodnim toplim cinkovanjem. Postavljanjem para konektera istih dimenzija u vidu obostranih čvornih ploča i utiskivanjem zubaca



Sl. A.33. Čvorna veza obrazovana konekterom



Sl. A.34. Industrijski postupak proizvodnje lakih krovnih vezača

u drvo ostvaruje se izvanredno čvrsta i stabilna međusobna veza štapova u čvoru lakog krovnog vezača ili u nastavku njegovog štapa (Sl. A.33. i A.34).

KLASIFIKACIJA FUNKCIONALNIH LKV ELEMENATA

Klasifikaciju funkcionalnih elemenata je moguće izvršiti na osnovu nekoliko različitih kriterijuma. U nastavku sledi prikaz podele lakih krovnih vezača za svaki od definisanih kriterijuma.

Klasifikacija nosača prema određenim zahtevima

Prema zahtevima koji se postavljaju pred prostor omeđen tavaničnom konstrukcijom i krovnim ravnima - potkrovljem, laki krovni vezači se mogu razvrstati u dve osnovne grupe nosača:

Laki krovni vezači za krovove bez potkrovlja

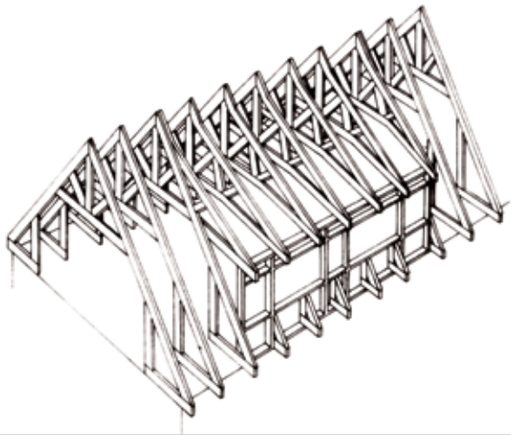
Krovovi sa malim nagibom, sa izgubljenim (u stambenom smislu) potkrovljem, najčešće su oblici krovova u današnjoj porodičnoj stambenoj izgradnji. Krovna konstrukcija, zajedno sa tavansko-plafonskom konstrukcijom često dobija samo ulogu zaštitno-tamponskog prostora koji ima zadatak da izoluje od uticaja promena temperature i od uticaja kiše i snega. Statički sistemi lakih krovnih vezača u ovom slučaju su strogo triangulisani sistemi koji se oslanjaju na dva, vrlo retko na tri oslonca. Gornji pojas rešetkastog nosača je opterećen krovnim pokrivačem i klimatskim opterećenjem, dok je donji pojas tavanska konstrukcija koja nosi plafon i termoizolacione slojeve. Plafoni se najčešće izvode od gipsanih ploča, što pospešuje termičku zaštitu, a predstavlja i dobru protivpožarnu zaštitu krovne konstrukcije. Rasponi ovih nosača su najčešće između 6.0 i 12.0 m. Nad ovim rasponima laki krovni vezači su izuzetno rentabilni uz zadovoljenje i najoštrijih zahteva funkcije stambenih objekata. Sistemi oslonaca lakih rešetkastih vezača su vrlo različiti, ali, po pravilu, jednostavni i efikasni. Ukoliko je potrebno, laki krovni vezači obrazuju strehu pomeranjem oslonaca ili prepuštanjem gornjeg pojasa preko oslonačkog čvora.



Sl. A.35. Struktura krova bez potkrovlja

Laki krovni vezači za krovove sa potkrovljem

Kod objekata kod kojih potkrovlje nije izgubljeno već se koristi u stambene svrhe, nagib krovnih ravni je najčešće 45 stepeni. Laki krovni vezači u tom slučaju dobijaju na visini i to su, u statičkom smislu, samo delimično triangulisani sistemi, statički neodređeni nosači, na dva ili četiri oslonca, sa obaveznim zglobom u visini slemena. Na nivou donjeg pojasa gornjeg triangulisanog dela nosača moguće je montažni nastavak tretirati i kao kontinualnu vezu, jer su naprezanja u tom delu nosača vrlo mala (Sl. A.36). Ovaj tip krovnih vezača vrlo retko ima zatvorenu formu: štapovi donjeg pojasa nad celim rasponom, u nivou oslonaca (poda formiranog



Sl. A.36. Struktura krova sa stambenim potkrovljem



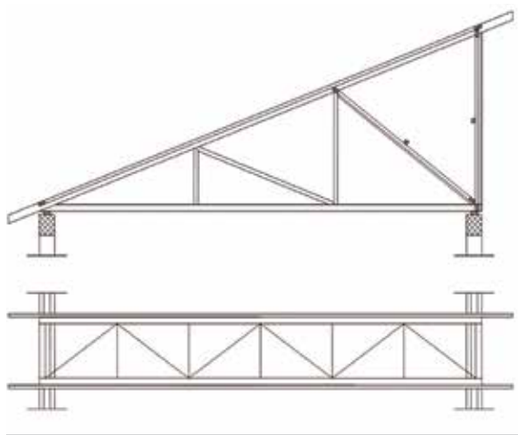
Sl. A.37. Struktura krova sa stambenim potkrovljem u izgradnji

stambenog prostora), postoje samo onda kada na objektu postoji srednji nosivi zid, pa raspon donjeg pojasa, čiji štapovi čine elemente tavanične međuspratne konstrukcije, nije jednak razmaku fasadnih zidova nego je manji. U suprotnom, za raspon između fasadnih zidova, konstrukcija donjeg pojasa bi morala imati montažni nastavak na mestu velikih momenata, što komplikuje izvođenje radova na gradilištu. Ovaj tip lakog krovnog vezača, za razliku od prethodnog tipa, po pravilu, ima nešto masivnije rešeke. Međutim, taj veći utrošak drveta lako se kompenzuje dobijenom stambenom površinom.

Klasifikacija nosača prema položaju lakog krovnog vezača u strukturi krova

Svi funkcionalni elementi materijalizacije krovne drvene strukture se mogu podeliti u dve opšte grupe:

- nosivi elementi,
- nošeni elementi.



Sl. A.38. Odnos nosivog i nošenog elementa

Ovakva podela karakteriše odnos elemenata prema osnovnom gravitacionom opterećenju u konstruktivnom sistemu krova. Za nošene elemente se ne može reći da nisu konstruktivni funkcionalni elementi - u ovoj podeli su to spregovi protiv vetra i spregovi za ukrućenje i dopunski elementi za formiranje bočnog krova. Uloga spregova je da obezbeđuju globalnu stabilnost krovne strukture. Oni prihvataju horizontalne sile usled dejstva vetra ili zemljotresa, sprečavaju izvijanje pritisnutih elemenata ili bočno izvijanje pritisnute zone poprečnih preseka elemenata napregnutih na savijanje ili torziju. Oni se, po pravilu, oslanjaju na osnovnu - nosivu strukturu elemenata, prihvaćeni su od osnovne konstrukcije - nošeni su od strane nosivih elemenata.

Klasifikacija prema rasponu lakog krovnog vezača

Klasifikacija funkcionalnih elemenata prema rasponu statičkog sistema daje nam sledeće grupe elemenata i to:

- Laki krovni vezači malog raspona (2.40-4.80 m)
- Laki krovni vezači srednjeg raspona (4.80-9.60 m)
- Laki krovni vezači velikog raspona (9.60-18.00 m)
- Laki krovni vezači vrlo velikog raspona (18.00-30.00 m).

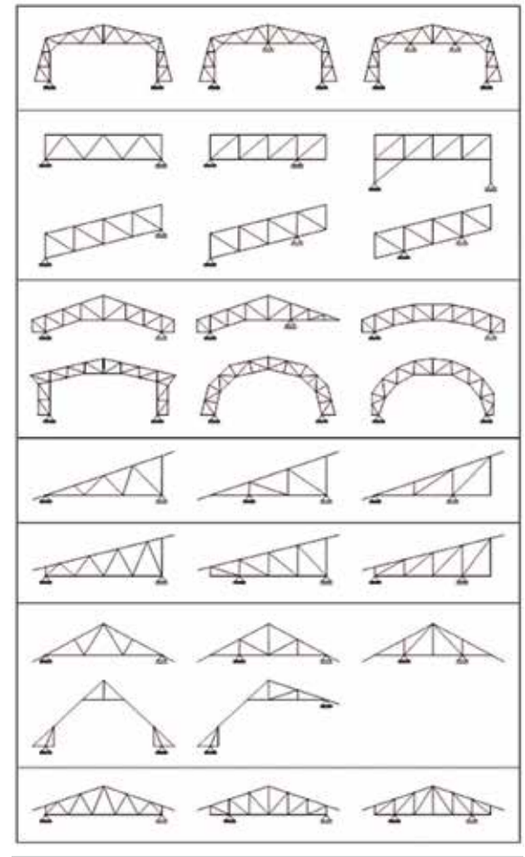
Klasifikacija prema statičkom sistemu lakog krovnog vezača

Laki krovni vezači mogu imati vrlo različiti statički sistem, a najčešći oblici korišćenja lakih krovnih vezača su sistema proste grede, odnosno rešetkasti nosač sa jednim nepomerljivim i jednim pomerljivim osloncem, dvozglobni i trozglobni luk sa dva nepomerljiva oslonca, a ređe i kontinualni nosač. Treba izbegavati lake krovne vezače preko više polja zbog teškoća u nivelisanju oslonaca, jer može doći do eventualnih promena statičkog sistema ukoliko neki od oslonaca ne prihvati na adekvatni način opterećenje od lakog krovnog vezača.

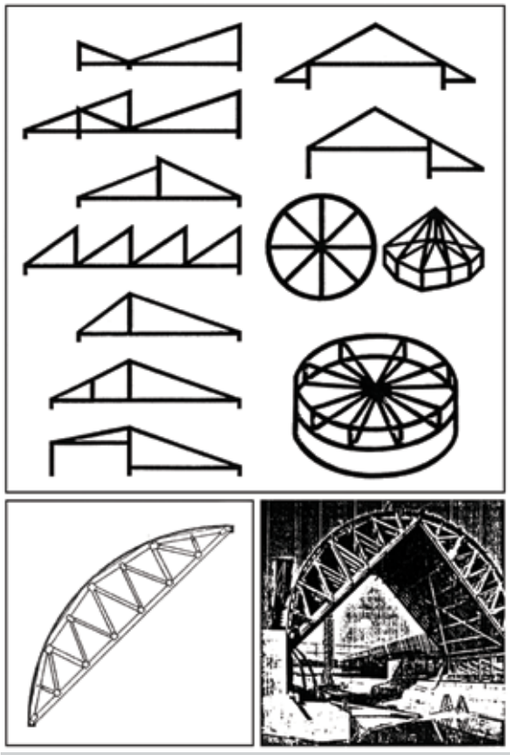
Klasifikacija prema obliku konture lakog krovnog vezača

Oblici lakih krovnih vezača mogu biti raznovrsni i oni zavise od projektovanog oblika krova:

- jednovodni trougaoni laki krovni vezači,
- jednovodni trapezasti laki krovni vezači,
- dvovodni trougaoni laki krovni vezači (simetrični i asimetrični),
- dvovodni trapezasti laki krovni vezači (simetrični i asimetrični),
- kosi laki krovni vezači sa paralelnim pojasnim štapovima,
- poligonalni (mansardni) laki krovni vezači,
- dvovodni simetrični laki krovni vezači za krovove sa stambenim potkrovljem,
- dvovodni asimetrični laki krovni vezači za krovove sa stambenim potkrovljem,
- horizontalni laki krovni vezači sa paralelnim pojasnim štapovima u ulozi rožnjače,
- lučni laki krovni vezači,
- laki krovni vezači posebnog oblika,
- laki krovni vezači za obezbeđenje prostorne stabilnosti konstrukcije (spregovi).
- Podela lakih krovnih vezača prema obliku konture se odnosi isključivo na osnovne elemente u strukturi različitih oblika krovova. Kod trovodnih, četvorovodnih i složenih oblika krovova postoje i modifikovani oblici lakih krovnih vezača koji se izvode iz osnovnih oblika nosača.



Sl. A. 39. Karakteristični oblici Lakih krovnih vezača



Sl. A.40. Posebni oblici lakih krovnih vezača



a



b

Sl. A.41a,b. Primeri izvedenih dvovodnih krovova u sistemu LKV

Elementi sistema LKV za krovove bez stambenog potkrovlja su uglavnom laki krovni vezači iz prvih grupa elemenata, jednovodni i dvovodni, kako trougaoni, tako i trapezasti. Statički sistem tih elemenata je prosta greda, rešetkasti nosač sa jednim nepomerljivim i jednim pomerljivim osloncem - statički određen sistem. I većina elemenata za krovove sa stambenim potkrovljem može da se, zavisno od statičkog sistema, koristi kako za jednovodne krovove (prosta greda), tako i za dvovodne simetrične i asimetrične krovove (dvozglobni i trozglobni luk).

OBLIKOVANJE KROVNIH LKV STRUKTURA

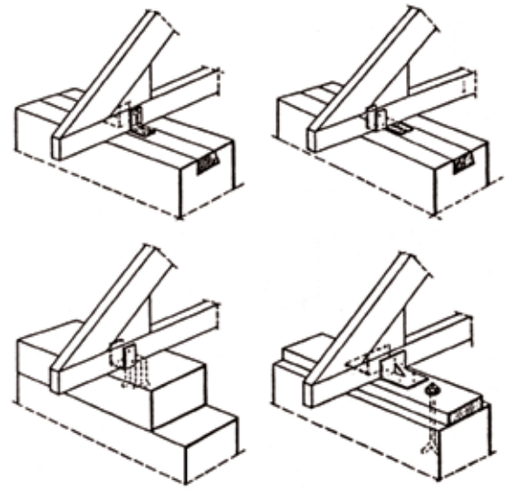
Polje primene lakih krovnih vezača u materijalizaciji krovnih struktura je veoma široko. To ističe kvalitet samog sistema, a potvrđuje pretpostavku da je moguća zamena gradnje tradicionalnih krovnih konstrukcija savremenijim sistemima. Uvođenje savremenijeg načina materijalizacije krovova različitih objekata, od stambenih do sakralnih, preko javnih, industrijskih, poljoprivrednih i drugih objekata, ima smisla samo ako su ispunjeni oblikovni, tehnički i ekonomski kriterijumi. Sva ova tri kriterijuma su međusobno usko povezana, preklapaju se, ali se ne mogu dopunjavati: nikakvi tehnički nedostaci u sistemu strukture ne mogu se nadoknaditi ni formom, ni cenom koštanja.

Od posebnog značaja za vrednost sistema lakih krovnih vezača je tehnološka fleksibilnost sistema. Veoma malim korekcijama u tehnološkom procesu proizvodnje, jednostavnim razmeštajem stolova za obrazovanje čvorova rešetkastog sistema, moguće je ostvariti oblike nosača za praktično svaki oblik krova. Savremeni računarski sistemi, zahvaljujući izvanrednom pratećem softveru, u stanju su da za svaki definisani oblik, statički sistem i opterećenje elementa daju sve geometrijske i druge podatke za proizvodnju i montažu lakih krovnih vezača.

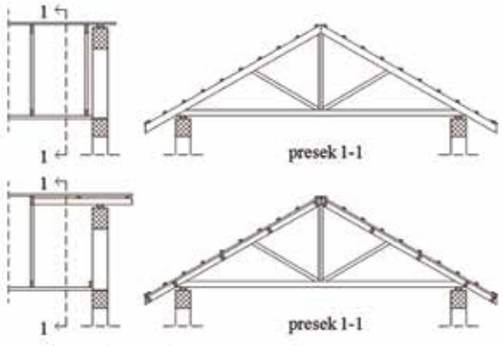
Ono što karakteriše izvođenje krovova u sistemu LKV jesu, pre svega, uslovi oslanjanja i sistemi veza nad osloncima, sistemi obrazovanja otvora u krovnoj ravni za prolaz dimnjaka i obrazovanje streha. Svi ti problemi su definisani i rešeni na primerima krova bez potkrovlja. Problemi veza sa serklažom nosivog fasadnog zida se rešavaju na više načina, u zavisnosti od nivoa organizacije gradnje i sinhronizovanog nastupanja različitih učesnika u gradnji. Jedan od najfleksibilnijih načina izvođenja veza je postavljanje venčanice na izliveni serklaž u kome su, prilikom betoniranja, ostavljeni ankeri, najčešće od armaturnog gvožđa. Veza lakog krovnog vezača se ostvaruje uz pomoć posebno oblikovanog metalnog elementa i eksera. Ako se u betonski deo konstrukcije ne ugradi neki od predviđenih ankernih elemenata, onda se veza može izvesti naknadnim ugrađivanjem metalnih ankera sa elastičnom čaurom u beton i pričvršćivanjem venčanice vijkom (Sl. A. 40).

Laki krovni vezači, elementi za materijalizaciju krovnih struktura sa stambenim potkrovljem, izvode se nad betonskom ili nekom drugom tavanskom konstrukcijom koja može da prihvati korisno opterećenje u potkrovlju. Oni se razlikuju po statičkom sistemu od drugih lakih krovnih vezača jer, najčešće, predstavljaju dvozglobni ili trozglobni poligonalni okvir. Veoma važna činjenica je da ovakav sistem, pored horizontalnih sila od vetra, ima i dodatne horizontalne reakcije od ukupnog vertikalnog opterećenja, te sistem veza mora da bude sposoban da ove sile prenese na betonsku konstrukciju. Veze se izvode na već definisan način uz bolje obezbeđenje od dejstva horizontalnih sila.Bez obzira na primenjeni sistem ankerovanja, veza mora da bude stabilna i sigurna tokom eksploatacije objekta. Ona mora da prihvati i prenese oslonačke sile od statičkog sistema lakog krovnog vezača na osnovne elemente konstrukcije objekta.

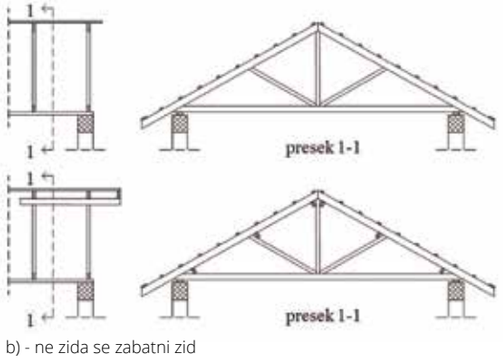
Obrazovanje streha sa jedne, ili duž obe podužne strane objekta je moguće prepuštanjem štapa gornjeg pojasa rešetkastog sistema ili povlačenjem oslonaca, odnosno prepuštanjem samog elementa sistema LKV. Obrazovanje streha nad zabatnim zidovima se izvodi prepuštanjem krovnih letvi preko venčanice na kosom serklažu. Ukoliko se zabatni zid ne zida, na njegovom mestu stoji standardni laki krovni vezač. U tom slučaju, zabatna streha se formira prepuštanjem krovnih letvi preko poslednjeg lakog krovnog vezača. Za veće strehe, na kojima krovne letve ne mogu da prihvate momenat konzole, izvodi se konstrukcija od konzolnih prepusta, prihvatnih štapova ispod gornjeg pojasa dva ili tri poslednja elementa i postavljanjem roga istih dimenzija kao što su dimenzije štapova gornjeg pojasa, preko prihvatnica (Sl. A.43). Ako su u krovnim ravnima, baš u osi lakog krovnog vezača, potrebni otvori za prolazak većih dimnjaka ili ventilacionih kanala, tada se standardni laki krovni vezač prekida, vertikalno povezuju gornji i donji pojas, a u donjem pojasu postavi sistem prihvatnica od talpi čiji je zadatak da prihvati opterećenje prekinutog elementa i prenese ga na dva susedna udvojena standardna elementa. Na ovaj način se, uz izvanredno male intervencije na standardnom elementu, izvrše korekcije, bilo u radionici, bilo na samom gradilištu, i sistem prilagodi lokalnim potrebama (Sl. A.44).



A.42. Detalji ankernih veza lakih krovnih vezača nad osloncem

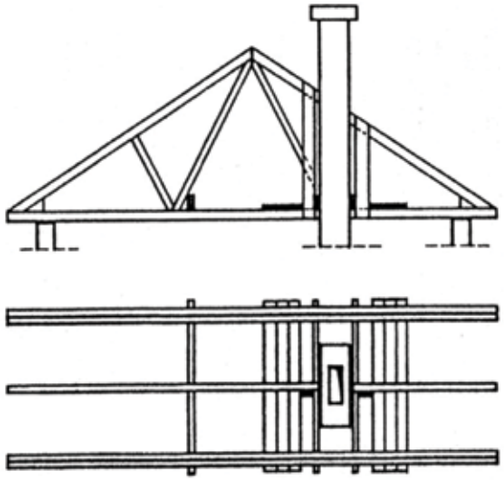


a) - zida se zabatni zid



b) - ne zida se zabatni zid

Sl. A.43a,b. Principi rešavanja krovnog zabata



Sl. A.44. Prihvatanje prekinutih elemenata sistema LKV

Geometrijska organizacija kosih krovova

U zavisnosti od primenjenog oblika lakog krovnog vezača, mogu se formirati:

- jednovodni,
- dvovodni,
- trovodni i četvorovodni,
- složeni i posebni krovovi

Jednovodni krovovi

Formiranje jednovodnih krovova nad jednobrodnim osnovama objekta je najjednostavniji tehnološki proces. Za ukupnu krovnu strukturu potrebna su samo dva standardna elementa: jednovodni trouglasti ili trapezasti laki krovni vezač i spreg protiv vetra. Laki krovni vezač predstavlja, u statičkom smislu, prostu gredu, tako da ne postoje dodatne horizontalne oslonačke sile osim horizontalnih sila od vetra. Montaža krovne strukture se svodi na prosto ređanje lakih krovnih vezača, i postavljanje spregova u projektom montaže definisana polja između lakih krovnih vezača. Obrazovanje streha se izvodi na već opisani način.



Sl. A .45. Jednovodni krov u sistemu LKV

Dvovodni krovovi

Dvovodni krovovi predstavljaju, u današnjem građevinarstvu, najčešće izvođene krovove. Razloge treba tražiti u ekonomičnosti takve vrste krovova, u mogućnosti boljeg korišćenja potkrovlja u odnosu na četvorovodni krov, u primeni standardnih elemenata krovnih vezača, odnosno, u malom broju različitih krovnih elemenata. Montaža krova u sistemu LKV se, kao i kod jednovodnih krovova, svodi na prosto ređanje elemenata sistema nad poslednjom etažom objekta. Primenjuju se za dva osnovna tipa krova:

- za krov bez potkrovlja i
- za krov sa potkrovljem.

U drvenoj krovnoj strukturi između ova dva sistema nema bitnih razlika. Ono što karakteriše izvođenje krova bez potkrovlja, u geometrijskom smislu, važi

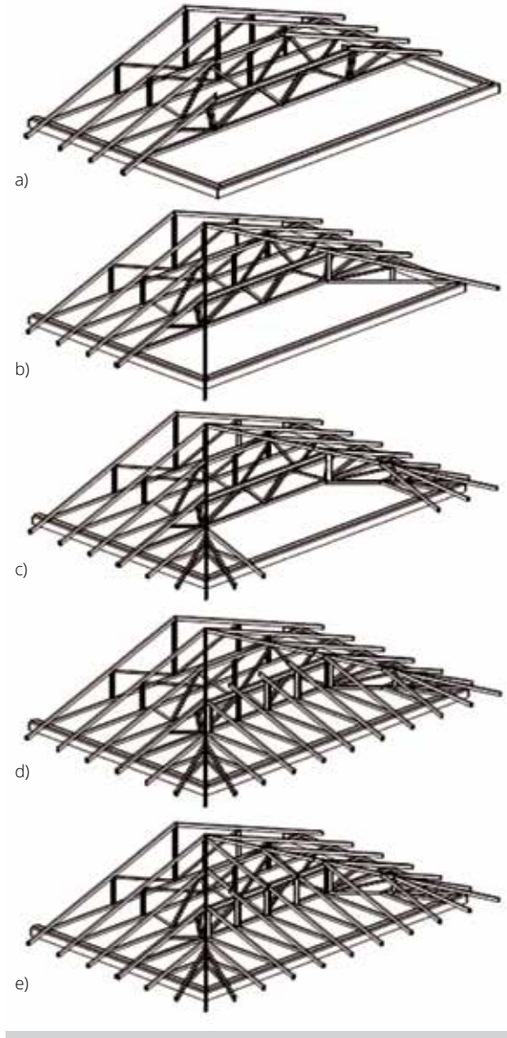


Sl. A.46. Dvovodni krov u sistemu LKV

i za krov sa stambenim potkrovljem. U montaži se samo u nijansama razlikuju ova dva osnovna krovna sistema. Većih razlika ima u tehnološkom postupku proizvodnje i u statičkom sistemu elemenata. To povlači i različit pristup rešavanju oslanjanja lakih krovnih vezača, jer se, kod elemenata za krov sa potkrovljem, javljaju dopunske horizontalne oslonačke sile koje se moraju dodatno prihvatiti.

Trovodni i četvorovodni krovovi

Trovodni i četvorovodni krovovi se izvode nad kvadratnim i pravougaonim osnovama. Krov nad kvadratnom osnovom je specijalni slučaj, i za oblikovanje takvog krova se koriste principi oblikovanja trovodnih i četvorovodnih krovova nad pravougaonim osnovama, ako se izuzme sektor krova sa slemenom. Trovodni i četvorovodni krovovi nad pravougaonim osnovama se samo delimično izvode standardnim lakim krovnim vezačima i to samo na onom sektoru krova, na kome postoji sleme. Taj deo se može tretirati

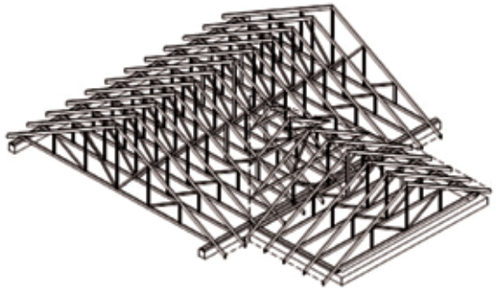


Sl. A.47a-e. Organizacija bočnog sektora krova

kao dvovodni krov za koji važi već definisani postupak oblikovanja. Delovi krovne strukture, koji se nalaze pod bočnim krovnim ravnima, izvode se od vanstandardnih elemenata koji se nazivaju modifikovanim lakim krovnim vezačima. Termin "modifikovani" nastaje iz načina na koji se obrazuje konstrukcija ovog dela krova, a to se čini po unapred definisanom postupku i definisanim geometrijskim i tehničkim principima. Ovi vanstandardni elementi koriste visoki stepen tehnološke fleksibilnosti samoga sistema: nastaju na šablonu za izradu standardnih elemenata, ali od skraćenih štapova, sa modifikovanom konturom pojasnih štapova i sa eventualnim izmenama u poziciji štapova ispune rešetkastog sistema. Svi ovi elementi se geometrijski potpuno definišu, kroje i spajaju u celine u radionici. Na gradilištu se samo izvodi montaža i međusobna veza prefabrikovanih elemenata. Postoji više načina organizacije bočnih strana četvorovodnih krovova nad pravougaonom osnovom. Na slici A.47. je prikazan najčešći način formiranja bočnog sektora jednog takvog krova u pet faza.

Složeni i posebni krovovi

Složeni prefabrikovani krovovi, izgrađeni primenom industrijalizovanog sistema lakih krovnih vezača, nastaju, kao i tradicionalni složeni krovovi, u kombinaciji dvovodnih i četvorovodnih krovova. Gotovo svi principi organizacije nagiba krovnih ravni, formiranje grbina, slemena i uvala, mogu se ostvariti savremenim metodama prefabrikovanog građenja. Sektori dvovodnih i četvorovodnih krovova se izvode prema već definisanim principima i izvedenoj analizi sistema. Samo kod ukrštanja dva



Sl. A.48. Formiranje uvale u složenom krovu

dvovodna krova, kad se ostvaruje uvala, pojavljuju se dodatni elementi: trouglasti prosti rešetkasti nosači čija se temena nalaze na osi slemena nižeg krova, ili na slemenoj osi bočnog krova, ako su oba krova iste visine. Visine ovih trouglastih elemenata, a samim tim i dužine osnovice se smanjuju u zavisnosti od položaja duž slemena bočnog krova. Jednostavno, ovi trouglasti elementi leže na štapovima gornjeg pojasa standardnih elemenata podužnog krova i obrazuju krovne ravni bočnog krova na sektoru uvala. Tehnološka fleksibilnost lakih krovnih vezača i ovde dolazi do svog punog izražaja u organizaciji krovnih struktura nad složenom osnovom i sa složenim oblikovnim i funkcionalnim zahtevima (Sl. A.48). Pod posebnim krovovima se podrazumevaju sve ostale krovne strukture nastale primenom lakih krovnih vezača. To su krovovi koje obrazuju laki krovni vezači različitog gabarita: trouglasti asimetrični laki krovni vezači, vezači sa paralelnim osama pojasnih štapova, sa izlomljenom osom donjeg pojasa itd.

Mere obezbeđenja prostorne stabilnosti krovnih struktura

Spregovi protiv vetra

Krovnu strukturu, po pravilu, čini niz lakih krovnih vezača, koji su u svojoj ravni sposobni da prihvate uticaje dejstva vetra. Za dejstvo vetra upravno na ravan lakih krovnih vezača, globalna krovna struktura je nestabilna, pa se moraju preduzeti mere za obezbeđenje njene sigurnost u tom pravcu.

• *Krovovi sa klasičnim krovnim pokrivačima na letvama* - Ako se krovni pokrivač postavlja preko letvi, koje se kuju po štapovima gornjeg pojasa lakih krovnih vezača, moraju se u krovnu konstrukciju ugraditi elementi za obezbeđenje njene prostorne stabilnosti. Između dva elementa sistema LKV, u ravni štapova gornjeg pojasa, može se postaviti poseban rešetkasti nosač sa paralelnim pojasnim štapovima i dijagonalnom ispunom, izrađen u tehnici LKV. Ovakvi rešetkasti spregovi se kod dvovodnih krovova postavljaju u obe krovne ravni, u istom polju, na razmaku od najviše šest polja. Za vezu ostalih elemenata u strukturi LKV sa spregom mogu poslužiti letve na kojima se postavlja krovni pokrivač, ili se, po donjoj površini štapova gornjeg pojasa, može postaviti niz paralelnih letvi minimalnih dimenzija 6/5 cm, koje spajaju oslonačke čvorove ostalih elemenata sistema LKV sa spregom.

• *Ostali oblici krovova* - Krovovi koji imaju daščanu oplatu ili oplatu od furnirskih ploča, OSB ploča ili nekog sličnog materijala kao podlogu za krovni pokrivač, ne moraju imati spregove za ukrućenje ako je podloga izvedena u vidu ploče, krute u svojoj ravni, i ako je kovana za gornji pojas svakog lakog krovnog vezača. U ovakvim slučajevima spregovi za ukrućenje se mogu izvesti samo radi obezbeđenja privremene stabilnosti krovne strukture - u fazi montaže ili u vreme intervencija na krovnim ravnima. Daščana plafonska i zidna obloga unutar stambenog potkrovlja se može takođe smatrati sistemom sprega protiv vetra, ukoliko se u slemenom delu ne obrazuje tavanski prostor viši od 1.20 m. U ovom slučaju se u slemenom sektoru mora postaviti parcijalni spreg protiv vetra.

Spregovi za ukrućenje

Spregovi za ukrućenje su elementi koji samo dopunjuju strukturu spregova protiv vetra. Imaju ulogu da obezbede bočne pridržajne tačke elementima lakih krovnih vezača koji su napregnuti na pritisak sa izvijanjem. Budući da su spregovi za vetar obezbedili bočnu stabilnost na izvijanje pritisnutim štapovima gornjeg pojasa rešetkastog sistema strukture LKV, spregovima za ukrućenje treba obezbediti bočne oslonce dugim pritisnutim štapovima ispune i, eventualno, pritisnutim štapovima donjeg pojasa nad većim strehama, odnosno štapovima donjeg pojasa onih krovnih struktura kod kojih je, zbog laganog krovnog pokrivača, dominantno odižuće i sišuće dejstvo vetra na krovnu konstrukciju. Spregovi za ukrućenje su, po pravilu, rešetkasti sistemi, a mogu se izvesti kao ukrštene dijagonale po nizu pritisnutih štapova.



Sl. A.49. Položaj spregova u organizaciji jednovodnog i dvovodnog krova



Sl. A .50. Izbočavanje pritisnutih štapova gornjeg pojasa čija stabilnost nije obezbeđena ugradnjom spregova za ukrućenje

OSNOVNE PRETPOSTAVKE ZA OBLIKOVANJE I PRORAČUN LAKIH KROVNIH VEZAČA

Opterećenja

• *stalno gravitaciono opterećenje* - Stalna opterećenja konstruktivnog sistema, u koje ulazi sopstvena težina same konstrukcije, težina krovnog pokrivača, težina slojeva plafona itd. definisana su važećim propisima o opterećenju objekta i moraju se poštovati u celini.

• *klimatska opterećenja* - Klimatska opterećenja - ooptereće nje vetrom i opterećenje snegom, zavise od geografske zone i od nadmorske visine na kojoj se gradi objekat. Ova opterećenja su definisana takođe propisima i normama za opterećenja objekata, u skladu sa važećom graditeljskom zakonskom regulativom.
• *koncentrisana sila od 1.00 kN* - Za proračun štapova donjeg i gornjeg pojasa lakih krovnih vezača mora se, pored ostalog opterećenja, uvesti i koncentrisana sila od 1.00 kN u polovini dužine štapa. Štapovi donjeg pojasa iznad kojih je međurazmak do štapova gornjeg pojasa manji od 1.20 m ne podležu proveri naprezanja usled ovog opterećenja.
• *ostala opterećenja* - Posebna opterećenja, koja su prisutna u objektu, a koja nisu obuhvaćena prethodnim definicijama, moraju biti uvedena u statički proračun shodno svom karakteru i intenzitetu, a to mogu biti:

- posebna opterećenja od termoizolacionih slojeva,
- posebna eksploataciona opterećenja u stambenim potkrovljima (horizontalni pritisci rasutog tereta, transportna opterećenja, dinamički udari...),
- seizmičke sile.

Za lake krovne pokrivače opterećenja od dejstva zemljotresa su, po pravilu, manja od računskog opterećenja vetrom, pa dokaz otpornosti na dejstvo seizmičkih sila nije potreban. Budući da se za analizu naprezanja od dejstva seizmičkih sila dozvoljava povećanje dopuštenih napona za 50%, to je samo kod izuzetno teških krovova uticaj zemljotresa merodavan za dokaz stabilnosti konstrukcije i kontrolu naprezanja materijala.

Fizičke i mehaničke karakteristike drveta

Industrijska proizvodnja elemenata sistema LKV se predviđa od masivnog drveta - rezane građe četinara (jela, smreka) i listara. U izuzetnim slučajevima može se upotrebiti i lepljeno lamelirano drvo. Za sve tipove lakih krovnih vezača propisuje se II klasa drvne građe.

Za izradu štapova LKV nosača mora se koristiti zdrava četinarska ili listopadna građa II kvalitetne klase u svemu prema odredbama SRPS U.D0.001 - Materijali za izradu drvenih konstrukcija i tehnički uslovi, s tim da u svemu važe i uslovi i odredbe SRPS U.C9.300 i SRPS U.C9.200. U funkciji kategorije drvne građe su definisani dopušteni naponi, moduo elastičnosti, moduo klizanja, kao i dozvoljeni ugibi. Svi štapovi jednog nosača moraju biti obrađeni tako da širina poprečnog preseka ne sme da odstupa više od ± 1.0 mm. Tolerancija pri krojenju štapova prema krojnoj listi je ± 1.0 mm. Drugačija obrada drveta ili druge vrste drveta nisu dozvoljene. Sprovedena zaštita drvne građe ima biofizičke karakteristike sa ciljem da drvo u konstrukcijama bude trajno zaštićeno. To se postiže bojenjem lazurnim zaštitnim lakovima ili potapanjem obrađene građe u antiseptik koji sadrži:

- Plavi kamen ($CuSO_4 \cdot H_2O$), neutralnu so dobro rastvorivu u vodi. Kao antiseptik ima blaga toksična svojstva, intenzivno prodire u površinske slojeve drveta.
- Kalujum-dihromat ($K_2Cr_2O_7$), lako rast vorivu so koja prodire u drvo i vezuje se za drvena vlakanca. Sprečava koroziju metala.
- Bornu kiselinu (H_3BO_3), izraziti antiseptik, bez boje i mirisa, bezopasan za ljude. Ima protivpožarna svojstva.

Čvorne veze i nastavci štapova

Čvorne veze i nastavci štapova kod nosača u sistemu LKV, kako je već definisano, mogu biti izvedeni:
- čvornim pločama od čeličnog lima i ekserima,
- čvornim furnirskim pločama i ekserima,
- čvornim furnirskim pločama i metalnim klamficama,
- metalnim konekterima.

Pri proračunu nosivosti čvornih veza i nastavaka štapova moraju se ispoštovati svi uslovi definisani za primenjeno spojno sredstvo. Čvorne veze i nastavci, ostvarene mehaničkim spojnim sredstvima, ekserima i metalnim konekterima, podvrgavaju se proveri stabilnosti. Minimalni koeficijent sigurnosti veza je 2.75, s tim da popustljivost spoja ne sme biti veća od 1.50 mm. Čvorne veze izvedene lepljenjem moraju imati minimalni koeficijent sigurnosti 2.50, i može se smatrati da nema popustljivosti veza, i da veze i nastavci nemaju uticaja na deformaciju globalnog statičkog sistema.

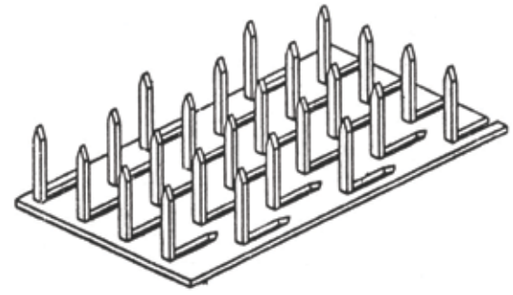
Kombinovane veze, izvedene lepljenjem i mehaničkim spojnim sredstvima, ne mogu se dokazivati analitičkim putem superpozicijom nosivosti različitih sistema. Pri dokazu sigurnosti mora se uzeti u račun samo jedan od sistema veza, a preporučuje se isključenje nosivosti lepljenog spoja iz ukupne nosivosti veze.

Veza izvedena obostrano postavljenim metalnim konekterima ili čvornim pločama može preuzeti isključivo podužne i poprečne sile. Zbog toga, mesta nastavaka pojasnih štapova se moraju unapred odrediti i kao zglobovi se moraju uneti u statički sistem triangulisanog ili delimično triangulisanog lakog krovnog vezača.

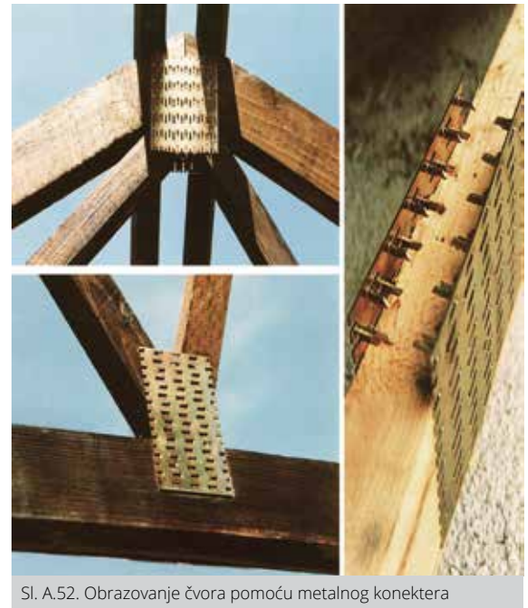
Nastavak, opterećen momentom, može se izvesti samo pod uslovom da je ispitivanjem na seriji uzoraka dokazano da veza može da prihvati momenat savijanja ili kada su pozitivni rezultati ispitivanja prototipa vezača, kod kojih su izvedeni čvorovi opterećeni i momentom savijanja. Pri izvođenju ovako opterećenih veza mesto nastavka je određeno nultim momentom savijanja duž štapa, za šemu totalnog opterećenja, sa tolerancijom od ± 15 cm u odnosu na teorijski položaj. Nastavak opterećenih štapova donjeg pojasa kod stambenog potkrovlja, ili nastavak štapova opterećenih koncentrisanim silama mora se izvesti isključivo za dejstvo poprečnih i podužnih sila u datom čvoru. Čvorne veze i nastavci štapova u zanatskoj ili poluindustrijskoj produkciji LKV nosača se izvode mehaničkim spojnim sredstvima (ekserima, vijcima, vijcima za drvo i klamficama) i podvezama (lim i furnirske ploče), za koje važe odredbe iz normi za primenu mehaničkih spojnih sredstava.

Tehnički uslovi za primenu metalnih konektera u konstruisanju veza i nastavaka štapova rešetkastih nosača

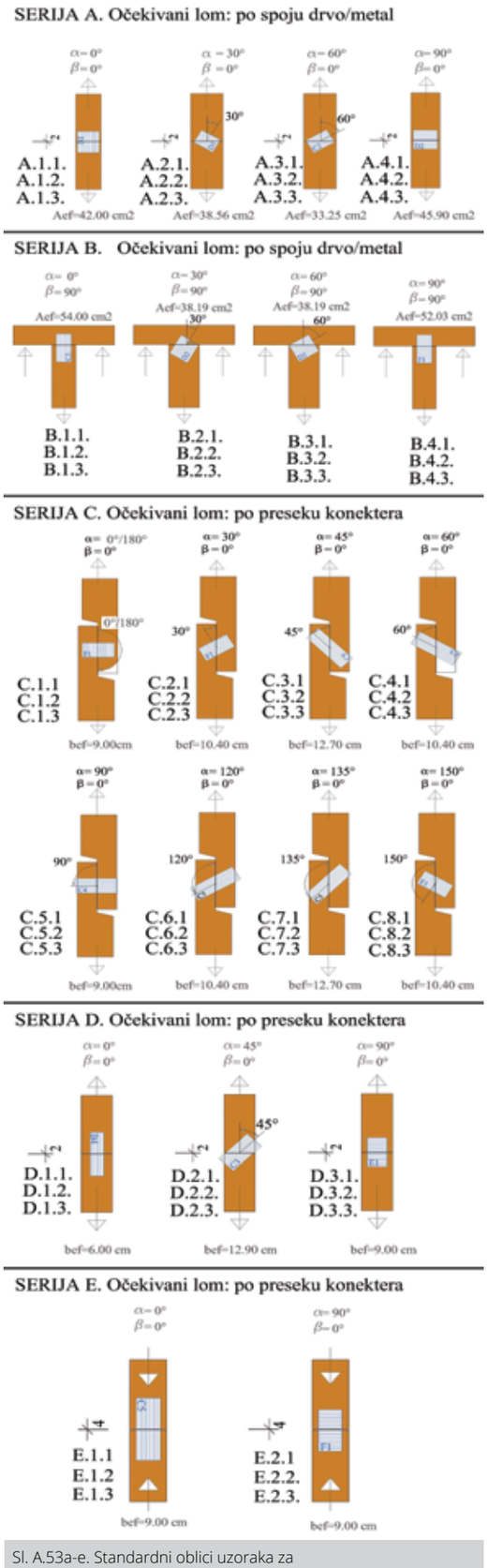
Metalni konekteri su specijalna mehanička spojna sredstva nastala iz želje da se jednim metalnim elementom prihvati sila sa jednog štapa u vezi i prenese na drugi, bez potrebe da se angažuju drvene ili metalne podveze ili čvorne ploče. Izrađuju se hladnim presovanjem ravnog čeličnog lima minimalne debljine 1.00 mm, koji se prethodno toplim cinkovanjem štiti od korozije. Tom prilikom se lim perforira i posle konačne obrade delovi lima vire iz ravni kao ekseri, na određenom međusobnom rastojanju. Osnovna funkcija metalnog konektera je ostvarivanje međusobne veze štapova u čvoru rešetkastog nosača i formiranje nastavaka drvenih štapova. Metalni konekter ima četkast oblik. Metalni konekteri se presama, u paru, utiskuju u dva ili više drvenih štapova u zavisnosti od karaktera veze i formiraju veoma stabilnu vezu štapova



Sl. A.51. Metalni konekter



Sl. A.52. Obrazovanje čvora pomoću metalnog konektera



Sl. A.53a-e. Standardni oblici uzoraka za ispitivanje nosivosti veza konekterima do loma

u čvoru. Čvorne veze, ostvarene metalnim konekterima, smatraju se zglobnim vezama i opterećene su isključivo poprečnim i podužnim silama. Štapovi rešetkastog nosača po pravilu treba da budu centrično spojeni u čvoru. Dopušteno je konstruisanje čvorova, kod kojih se presek težišnih osa štapova ispune nalazi u unutrašnjoj polovini visine poprečnog preseka pojasnih štapova.

Najčešće je to na samoj unutrašnjoj ivici poprečnog preseka pojasnog štapa (Slika A.55. čvor B i E). Presek težišnih osa štapova ispune u spoljnoj polovini visine poprečnog preseka pojasnog štapa ili van njega se ne sme dopustiti, zbog pojave problema smicanja i presecanja vlakanaca pojasnog štapa. Poprečni preseci drvenih štapova u vezi, ostvarenoj metalnim konekterima, moraju da budu sledećih dimenzija:

- minimalna visina poprečnog preseka h = 56 mm
- minimalna širina poprečnog preseka b = 36 mm.

Pri rasponu drvenog rešetkastog nosača većem od 12.00 m, minimalna širina poprečnog preseka štapa od nerendisanog drveta iznosi b = 50 mm, a pri upotrebi rendisanog drveta minimalna širina poprečnog preska štapa iznosi b = 44 mm. Kod svih čvorova i nastavaka drvenih štapova obavezno je obostrano utiskivanje istovetnih konektera, i pri tome korišćenje samo jednog para konektera. Izuzetak predstavljaju čvorovi koji su istovremeno i nastavci pojasnih štapova (na primer slemena tačka trouglastog rešetkastog nosača), gde se mogu primeniti dva para konektera (Slika A.55. čvor E). Dozvoljena nosivost konektera u spoju metal/drvo na zatezanje, pritisak i smicanje se definiše na osnovu laboratorijskih ispitivanja opterećivanjem do sloma, za različiti položaj konektera u odnosu na pravac pružanja vlakanaca drveta i u odnosu na pravac sile.

Takođe se i dozvoljena nosivost poprečnog preseka samog konektera dobija ispitivanjem poprečnih spojeva opterećivanjem do sloma, u institutima za ispitivanje konstrukcija, registrovanim za tu vrstu delatnosti. Nikakvi analitički izvedeni podaci o nosivosti konektera se ne mogu prihvatiti. Nosivost veze mora imati minimalni koeficijent sigurnosti od 2.75 u odnosu na srednju vrednost nosivosti dobijene ispitivanjem na standardnom uzorku, s tim da popustljivost spoja ne sme biti veća od 1.50 mm. Uzorci za ispitivanje nosivosti konektera u vezama štapova dati su na sl. A –53. Opterećenjem do sloma uzorka ispituje se pet serija uzoraka. Ispitivanje se izvodi strogo u skladu sa normama, koje su formirane na bazi francuskih i nemački standarda, a u skladu sa Eurokodom 5, budući da srpski standardi svrstavaju metalne konektere u specijalna mehanička spojna sredstva, koja nisu obuhvaćena domaćim standardima, niti je uvedena obaveza primene odredaba Eurokod normi. Za utvrđivanje kapaciteta nosivosti bočne veze u spoju drvo/metal aksijalnom zatezanju se podvrgavaju uzorci standardnih oblika A i B sa najmanje tri uzorka u seriji veza. Za utvrđivanje nosivosti kritičnog poprečnog preseka para metalnih koneketera koriste se uzorci tipa C, podvrgnuti smicanju, uzorci tipa D, koji su podvrgnuti zatezanju i uzorci tipa E u kojima su konekteri isloženi aksijalnom pritisku bez učešća kontaktnog spoja u prihvatanju sile. Pod pojmom sloma veze, kako je već rečeno, podrazumeva se trenutak u kome su pomeranja elemenata veza dostigla vrenost od 1.50 mm. Dobijeni rezultati se koriste za utvrđivanje nosivosti svakog tipa konektera ponaosob prema, takođe, definisanim karakteristikama materijala, posebnim uslovima i pravilima:

Mehaničke karakterstike čelika za proizvodnju LKV konektera

U skladu sa EN 10147 koristi se čelični lim kvalieta FeE35G i FeE25G, odnosno hladnovaljani lim kvaliteta Č0146 (za izvlačenje) i Č0147 (za duboko izvlačenje), a u skladu sa odredbama SRPS C.B4.016. Čelični lim za proizvodnju konektera mora da zadovolji sledeće minimalne zahteve:

- Čvrtsoća na zatezanje: fu (Rm) ≥ 280 MPa,
- Granica razvlačenja: f_z (R_{eH}) ≥ 220 Mpa,
- Izduženje pri lomu: δ (A_{80}) ≥ 18%

Mehaničke i fizičke karakteristike drvne rezane građe

Vrste drveta koje se koriste za izradu LKV konstrukcija od rezane građe, a prema SRPS U.D0.001, jesu:

- Četinari: jela (Abis alba, Abis pectinata) i smrča (Pices excelsa),
- Meki lišćari: joha bela (Alus incana), joha crna (Almus glutinosa), topola bela (Populus alba), topola crna (Populus nigra), robusna topola (Populus robussta) i topola marilandika (Populus marilandica).

Čvrstoća na pritisak paralelno vlaknima pri vlažnosti građevinskog drveta od 15% mora se kretati u sledećim granicama:

- Četinari: $30.00 \le \beta_{DII,15} \le 45.00$ MPa,
- Meki lišćari: $25.00 \le \beta_{DII,15} \le 35.00$ MPa,

s tim da se korekcija vrednosti čvrstoće drveta na podužni pritisak izvodi prema sledećem izrazu:

$$\beta_{DII,\,U} = 17 \cdot \beta_{DII,15} / (32.00 - U)$$

gde je U - procenat vlage u drvetu.

Gornja granica tolerancije čvrstoće na pritisak, prema preporuci UEAT-a iznosi:

$$\beta_{DII,\,O} = 38.00 \text{ MPa} \quad (36.00 \pm 2.00)$$

Postupak određivanja nosivosti bočne veze u spoju metal/drvo

Srednja vrednost nosivosti para konektera izražena po jedinici površine određuje se iz količnika srednje vrednosti graničnih sila nosivosti svake serije ispitivanih uzoraka $N_{(\alpha,\beta)}$ i efektivne površine veze A_{ef}:

$$S_{sr} = N_{(\alpha,\beta)} / A_{ef} \quad (N/cm^2)$$

Dozvoljena nosivost bočne veze u spoju metal/drvo utvrđuje se prema izrazu:

$$F_{n,doz} = S_{sr} \bullet \eta_H / \nu \quad (N/cm^2), \text{ gde je}$$

$\eta H = \beta_{DII,\,O} / \beta_{DII,\,U} = 38 / \beta_{DII,\,U}$
ν = 2.75 - koeficijent sigurnosti.

Postupak određivanja nosivosti poprečnog preseka konektera

Kritični poprečni presek konektera može biti opterećen aksijalnim silama pritiska i zatezanja i silama smicanja. Za konstantu debljinu čeličnog lima jednog tipa konektera, ova nosivost se izražava po jedinici dužine kritičnog preseka para naspramnih konektera. Srednja vrednost nosivosti para konektera izražena po jedinici dužine karakterisitičnog preseka određuje se iz količnika srednje vrednosti graničnih sila nosivosti svake serije ispitivanih uzoraka $N_{(\alpha)}$ i efektivne dužine kritičnog preseka b_{ef} :

$$N_{sr} = N_{(\alpha)} / bef \quad (N/cm^1)$$

Dozvoljena nosivost para konektera na aksijalna naprezanja duž karakterističnog preseka utvrđuje se prema izrazu:

$$F_{doz} = 0.90 \bullet N_{sr} / \nu \ldots\ldots N/cm^1$$

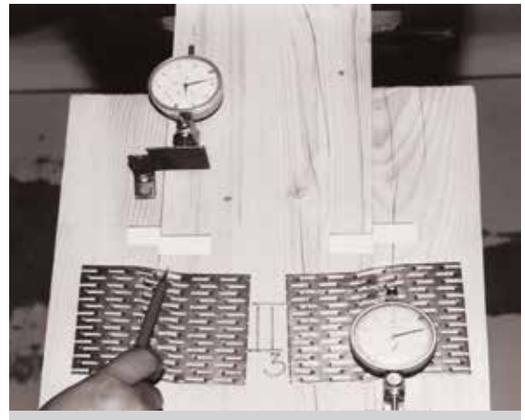
Dozvoljena nosivost para konektera na smicanje duž kritičnog preseka utvrđuje se prema izrazu:

$$F_{s,doz} = 0.90 \bullet N_{sr} / (\sqrt{3} \bullet \nu) \ldots\ldots N/cm^1,$$

gde je b_{ef} - dužina karakterističnog popečnog preseka konektera i ν=1.5 - koeficijent sigurnosti.
Dozvoljena nosivost konektera je smanjena za 10%, prema uslovima za primenu metalnih elemenata u drvenim konstrukcijama. Rezultati određivanja dozvoljenih nosivosti se iskazuju tabelarno i čine zvanični dokument za posmatrani oblik konektera lakih krovnih vezača. Tablične medjuvrednosti se linearno interpoluju. Za ispitivani konekter tipa LKVC u Tabeli A.1. date su dozvoljene nosivosti bočne veze:

Tabela A.1. $F_{n,doz}$ - Dozvoljena nosivost bočne veze u spoju metal/drvo za jedan par konektera

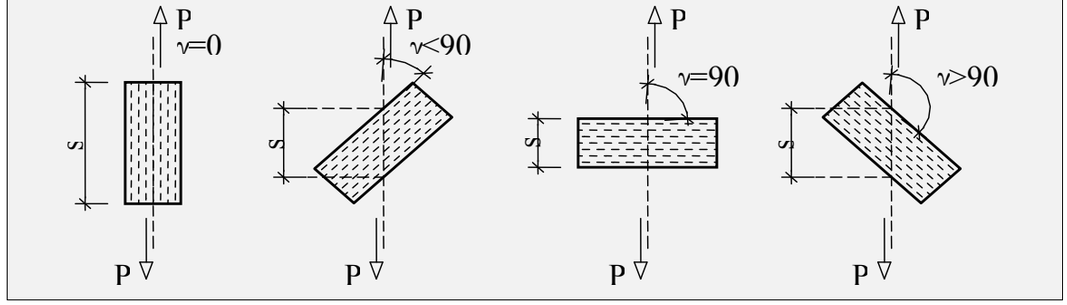
DOZVOLJENA NOSIVOST BOČNE VEZE $F_{n,doz}$ (N/cm^2)							
α / β	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°
0°	105	100	95	90	85	80	75
15°	98	93	89	85	79	77	73
30°	91	87	83	80	77	74	71
45°	84	82	79	76	74	72	69
60°	77	75	74	73	71	69	67
75°	70	70	69	68	67	66	65
90°	63	63	63	63	63	63	63



Sl. A.54. Laboratorijsko ispitivanje uzoraka veze ostvarene konekterima opterećenjem do sloma

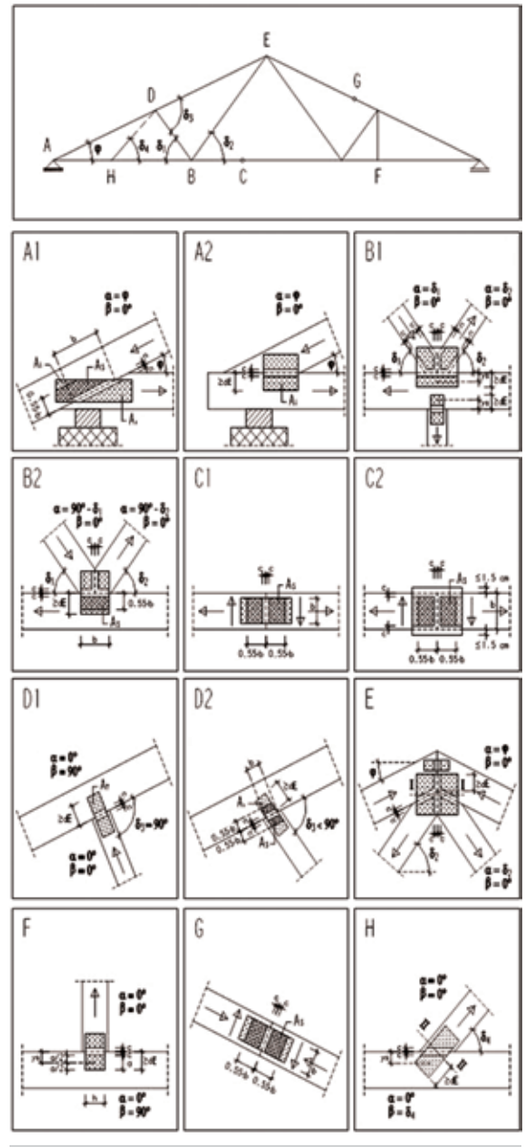
Tabela A.2. F_{doz} i $F_{s,doz}$ - Dozvoljena nosivost poprečne veze (sve međuvrednosti se linearno interpoliraju)

DOZVOLJENA NOSIVOST POPREČNE VEZE F_{DOZ} I $F_{S,DOZ}$ (N/CM^1)													
γ	0°	15°	30°	45°	60°	75°	90°	105°	120°	135°	150°	165	180°
F_{doz}	450	450	450	450	560	670	780	670	560	450	450	450	450
$F_{s,doz}$	280	280	280	280	280	280	280	265	250	235	220	220	280

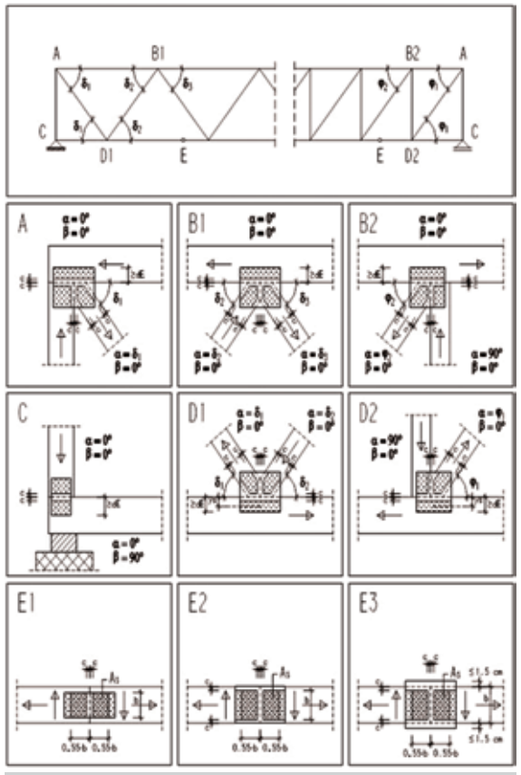


Principi proračuna čvornih veza i nastavaka drvenih štapova primenom metalnih konektera

Pri statičkoj analizi veze ostvarene konekterima, potrebno je izvesti sledeća dva dokaza:
- dokaz nosivosti bočne veze (naprezanje u spoju metal/drvo),
- dokaz nosivosti poprečne veze (naprezanje poprečnog preseka konektera).



Sl. A.55. Organizacija čvornih veza metalnim konekterimatrouglastih nosača



Sl. A.56. Organizacija čvornih veza metalnim konekterima nosača sa paralelnim štapovima gornjeg i donjeg pojasa

Dokaz nosivosti bočne veze (spoj metal/drvo)

Karakteristične vrednosti dozvoljenih nosivosti u spoju metal/drvo, kod veza ostvarenih metalnim konekterima, iskazuju se po jedinici površine pokrivene metalnim konekterom, za određene uglove α i β, gde je:

α - ugao između pravca sile i pravca podužne ose konektera,
β - ugao između pravca sile i pravca podužne ose priključnog drvenog štapa.

Pri tome treba definisati sledeće parametre površina:

c - zona tolerancije je traka širine c=10 mm, koja se računski smatra nenosivom, a koja određuje najmanje odstojanje površine konektera (koja se računski smatra nosivom) od slobodne ivice drvenog štapa ili od linije međusobnog spoja dva štapa. Ova zona pored toga što eliminiše iz proračuna površinu konektera čiji se zupci nalaze u zoni smanjene nosivosti, istovremeno služi kao osiguranje od nepreciznog ugrađivanja konektera (Sl. A. 55).
Ai - efektivna površina konektera je radna površina konektera koja je jednaka stvarnoj kontaktnoj površini konektera sa štapom, umanjenoj za površinu zona tolerancije (Sl. A.55).

As - efektivna površina smicanja je radna površina konektera za koju se može pretpostaviti puna nosivost pri opterećenju silom smicanja. Smicanje prihvataju samo oni zupci konektera koji su dovoljno blizu liniji smicanja. Puna nosivost se može pretpostaviti u zoni u kojoj spojna površina konektera nije duža, gledano upravno na liniju smicanja, od mere 0.55-b, gde je b dužina konektera po liniji smicanja. U opštem slučaju efektivna površina smicanja predstavlja deo efektivne površine konektera koja se nalazi u širini od 0.55-b od linije smicanja (Sl. A.55. čvor A, B2, C1, C2, D i G)
Fn - nosivost bočne veze se izražava u N/cm2, i predstavlja količnik intenziteta normalne sile zatezanja ili pritiska i efektivne površine konektera Ai ili količnik intenziteta sile smicanja i efektivne površine smicanja As, ako je u vezi prisutna sila smicanja. Ovako sračunate nosivosti moraju biti manje od odgovarajućih dozvoljenih nosivosti, čije se vrednosti mogu očitati u tabeli Tabeli A.1., uz prethodno određene uglove α i β.

Pri opterećenju veze normalnom silom zatezanja, treba dokazati da stvarna nosivost bočne veze Fn ne prelazi dozvoljenu nosivost, za određene uglove α i β (Sl. A.55. čvor F i H). Ukoliko je pojasni štap opterećen silom koja izaziva poprečno zatezanje u poprečnom preseku tog štapa, postoji opasnost da dođe do loma tog štapa. Zbog toga se intenzitet komponente sile $F_{z\perp}$, koja deluje upravno na vlakna, ograničava na sledeće vrednosti:

• kod direktnog uticaja na čvor (Sl. A.55. čvor B1):

- ako je $b \le y_s$: $F_{z\perp} \le 130 \cdot b \cdot y_s$
- ako je $b \le y_s$: $F_{z\perp} \le 130 \cdot b \cdot y_s \cdot (1{,}13\text{-}0{,}13 \cdot b/y_s)$

• kod indirektnog uticaja na čvor (Sl. A.55. čvor F):

$F_{z\perp} = F_{z\perp}^{Qlevo} + F_{z\perp}^{Qdesno}$
- ako je $b \le y_s$: $F_{z\perp}^{Qlevo,\ desno} \le 65 \cdot b \cdot y_s$
- ako je $b > y_s$: $F_{z\perp}^{Qlevo,\ desno} \le 65 \cdot b \cdot y_s \cdot (1{,}13\text{-}0{,}13 \cdot b/y_s)$

b - širina poprečnog preseka pojasnog štapa (cm)
y_s - rastojanje težišta efektivne površine konektera od opterećene ivice štapa (cm),
$F_{z\perp}$ - dopuštena sila zatezanja (N),
$F_{z\perp}^{Q}$ - dopuštena sila zatezanja od poprečne sile iz polja štapa (N).

Nosivost bočne veze pri opterećenju silom pritiska

Pri opterećenju veze normalnom silom pritiska treba dokazati da stvarna nosivost bočne veze Fn ne prelazi dozvoljenu nosivost za određene uglove α i β (Sl. A.55. čvor B i D). Treba izbegavati slučaj direktnog kontaktnog prenošenja normalne sile pritiska sa štapa na štap i celu silu treba predati čvornoj vezi, osim kada je to iz ekonomskih razloga veoma nepovoljno. U tom slučaju mora se proveriti nosivost bočne veze za najmanje polovinu vrednosti normalne sile pritiska. Ukoliko kod čvorne veze rešetkastog nosača pritisnuti štapovi ispune ne prenose celokupnu silu preko konektera, neophodno je dokazati ravnotežu u čvoru, kontrolišući stvarne napone poprečnog pritiska $\sigma_{c\ L}$, na mestu kontakta štapova ispune sa pojasnim štapovima.

Nosivost bočne veze pri opterećenju silom smicanja

Pri opterećenju veze silom, koja je paralelna sa linijom smicanja, treba dokazati da stvarna nosivost F_n ne prelazi dozvoljenu nosivost, za određene uglove α i β. Pri tome treba obratiti pažnju na efektivnu površinu smicanja A_s iz prethodnog izlaganja, jer se samo ta površina može smatrati u potpunosti aktivnom pri opterećenju veze silom smicanja (Sl. A.55. čvor B2).

Nosivost bočne veze pri složenom naprezanju

Kod složenog naprezanja koje se javlja usled dejstva sile zatezanja i sile smicanja, potrebno je najpre odvojeno sračunati nosivosti F_{nz} i F_{ns}. Iz ovih komponentalnih nosivosti određuje se rezultujuća nosivost F_n i poredi sa dozvoljenom nosivošću, za određene uglove α i β.

Kod veza koje su opterećene kombinovanim uticajima, od sile pritiska i sile smicanja, koje se javljaju kod kosih spojeva (Sl. A.55. čvor A2 i D2), kao i kod prelomljenih nastavaka pojasnih štapova (Sl. A.56. čvor E), nosivost bočne veze se mora proveriti za polovinu vrednosti komponente sile pritiska i punu vrednost komponente sile smicanja. Rezultantna vrednost nosivosti od tih komponenti ne sme preći dozvoljenu nosivost $F_{n,doz}$, za određene uglove α i β.

Dokaz nosivosti poprečne veze (poprečni presek konektera)

Karakteristične vrednosti nosivosti poprečnih preseka konektera se izražavaju po jedinici dužine posmatranih preseka u zavisnosti od ugla γ - ugla između podužne ose konektera i linije smicanja posmatranog konektera. Pri tome treba definisati sledeće veličine:

s - efektivna dužina poprečnog preseka konektera je dužina najnepovoljnije opterećenog preseka konektera bez odbijanja oslabljenja od perforacije. Najčešće se ovaj presek nalazi u području spoja drvenih elemenata. U slemenom čvoru treba uvek posmatrati presek upravno na pravac zatezanja (Sl. A.55. čvor E, presek I-I).
F - naprezanje poprečnog preseka od normalne sile je naprezanje posmatranog poprečnog preseka konektera po jedinici dužine, silom pritiska ili silom zatezanja, upravno na pravac preseka konektera. Izražava se u N/cm[1].

Fs - naprezanje poprečnog preseka od smičuće sile je naprezanje posmatranog poprečnog preseka konektera po jedinici dužine, silom smicanja, paralelno sa pravcem preseka konektera. Izražava se u N/cm[1].

U preseku, za koji dokazujemo nosivost veze, po pravilu se rezultantna sila sa jedne strane linije preseka razlaže na komponente upravne i paralelne preseku. Odgovarajuće naprezanje poprečnog preseka F ili Fs je jednako količniku vrednosti komponente sile i efektivne dužine poprečnog preseka konektera "s".

Nosivost poprečnog preseka konektera pri opterećenju silom zatezanja

Pri opterećenju veze silom zatezanja, potrebno je dokazati da stvarno naprezanje poprečnog preseka konektera F ne prelazi dozvoljeno naprezanje Fdoz, prema određenom uglu γ (Sl. A.55. čvor F i H, presek II-II):

$$F = N / s \leq F_{doz}$$

gde je N sila zatezanja u posmatranom preseku konektera.

Nosivost poprečnog preseka konektera pri opterećenju silom pritiska

Kod pritisnutih nastavaka štapova, kao i kod pritisnutih spojeva pod pravim uglom, u slučaju prenošenja sile pritiska kontaktom štapova mora se dokazati nosivost poprečnog preseka konektera za najmanje polovinu vrednosti prenete sile pritiska. Potrebno je, dakle, dokazati da stvarno naprezanje poprečnog preseka konektera F ne prelazi dozvoljeno naprezanje Fdoz, prema određenom uglu γ:

$$F = N / s \leq F_{doz}$$

gde je N sila zatezanja u posmatranom preseku konektera.

Nosivost poprečnog preseka konektera pri opterećenju silom smicanja

Pri opterećenju veze silom smicanja potrebno je dokazati da stvarno naprezanje poprečnog preseka konektera Fs ne prelazi dozvoljeno naprezanje Fs,doz, prema određenom uglu γ (Sl. A.55. čvor B2):

$$F_s = N / s \leq F_{s,\,doz}$$

gde je S sila smicanja u posmatranom preseku konektera.

Nosivost poprečnog preseka konektera pri složenom naprezanju

Kod kombinovanog opterećenja od sile zatezanja i sile smicanja treba poštovati sledeći uslov:

$$(F / F_{doz})^2 + (F_s / F_{s,\,doz})^2 \leq 1$$

Kod složenog naprezanja usled dejstva sile pritiska i sile smicanja, u slučaju prenošenja sile pritiska putem kontakta, presek konektera se proverava prema prethodnoj jednačini, sa najmanje polovinom vrednosti komponente sile pritiska i punom vrednosti komponente sile smicanja.

Dodatni uslovi za konstruisanje veza metalnim konekterima

• Širina zone koju pokriva konekter na površini štapa ne sme biti manja od 30 mm za štapove ispune a, ako je u pitanju pojasni štap, ova dimenzija mora iznositi minimalno dE=50 mm (Sl. A.55. čvor B). Kod konektera koji stoje pod uglom u odnosu na pravac pružanja štapa i obrazuju trouglastu ili trapezastu kontaktnu površinu, za minimalnu širinu kontaktne zone uzima se srednja visina trapezaste površine (Sl. A.55. čvor D2 i H).

• S obzirom na opterećenje prilikom transporta i montaže konstrukcije, svaki čvor i nastavak štapa mora biti dimenzionisan za minimalnu silu zatezanja $F_{z,min}$ koja deluje u pravcu podužne ose štapa, u zavisnosti od raspona nosača:

- za L ≤ 12.00 m, $F_{z,min}$ = 1750 N
- za L ≤ 12.00 m , $F_{z,min}$ = 2000 N

• Pri konstruisanju i proračunu veze štapova gornjeg i donjeg pojasa, usled ekscentričnosti konektera, potrebno je smanjiti dozvoljene nosivosti bočne i poprečne veze koeficijentom redukcije Ka:

$\varphi \leq 15^o$	>>>	Ka = 0.85,
$15^o < \varphi \leq 18^o$	>>>	Ka = 0.80,
$18^o < \varphi \leq 22^o$	>>>	Ka = 0.75,
$22^o < \varphi > 25^o$	>>>	Ka = 0.70,
$\varphi > 25^o$	>>>	Ka = 0.65.

gde je φ ugao između štapova gornjeg i donjeg pojasa.

• Nastavci pojasnih štapova se moraju izvoditi van čvora i u području nultog momenta, odnosno isključivo za dejstvo poprečnih i podužnih sila u datom čvoru. Pri tome minimalne dimenzije konektera bez obzira na računski potrebne dimenzije moraju biti:

- širina (visina) min B = 0.6 • b,
- dužina min L = 1.2 • b,

gde je b širina poprečnog preseka drvenog štapa.

• U slučaju da je položaj metalnog konektera u vezi takav da pokriva manje od polovine visine poprečnog preseka štapa, uvećane za 1.0 cm (h/2+1.0 cm), neophodno je proveriti lokalna naprezanja u drvetu. Ukoliko je rezultantna sila priključnih štapova ispune paralelna sa pojasnim štapom, aksijalno zatezanje se mora proveriti za redukovanu površinu poprečnog preseka pojasnog štapa, čija širina b odgovara širini poprečnog preseka štapa, dok je njegova računska visina d jednaka maksimalnoj širini pokrivene površine konekterom (Sl. A.55. čvor B1).

• U slučaju da rezultantna sila priključnih štapova ispune izaziva poprečno zatezanje u pojasnom štapu, računska površina redukovanog poprečnog preseka ima dimenzije: širinu b jednaku širini poprečnog preseka pojasnog štapa i visinu d, koja je jednaka dužini površine pokrivene metalnim konekterom (Sl. A.55. čvor F).

Postupak proračuna i konstruisanja veza metalnim konekterima

Prilikom proračuna i konstruisanja veza konekterima, neophodno je sprovesti sledeći postupak:

- definisati sile u svim priključnim štapovima statičkog sistema za najnepovoljniji raspored opterećenja po nosaču,
- odrediti pojavu smičućih i aksijalnih (pritisak ili zatezanje) naprezanja u poprečnom i podužnom preseku para konektera,
- analizirati pravac priključnih sila iz štapova u odnosu na orijentaciju konektera i odrediti dozvoljena naprezanja u spoju metal/drvo i u poprečnim presecima ili delovima poprečnih preseka konektera prema odgovarajućim tablicama,
- odrediti minimalne potrebne efektivne površine konektera,
- definisati zone tolerancije, odrediti tip konektera i usvojiti dimenzije konektera,
- odrediti položaj konektera u čvoru,
- analizirati pojavu neaktivnih zona u sektorima između priključnih štapova,
- izvesti uporednu analizu stvarnih i potrebnih efektivnih površina po svim štapovima,
- sprovesti kontrolu naprezanja u poprečnim presecima konektera,
- proveriti lokalna naprezanja u drvetu u slučaju da je položaj metalnog konektera u vezi takav da pokriva manje od polovine visine poprečnog preseka štapa, uvećane za 1.0 cm (h/2+1.0 cm).

Metalni konekteri se najčešće primenjuju u proizvodnji lakih rešetkastih vezača - poznatog sistema za industrijsku prefabrikaciju krovnih drvenih struktura. U našoj zemlji je osvojena proizvodnja ovih spojnih sredstava. Izvođenje veza drvenih štapova metalnim konekterima je veoma ekonomično konstruktivno rešenje.

Uslovi izrade projekata konstrukcije u sistemu LKV

Sistem LKV pokazuje veoma visok nivo tehnološke fleksibilnosti. Postoje različiti sistemi konektera, različiti po broju, orijentaciji i tipu zubaca, po sistemu ostvarivanja veza, među kojima su GANG NAIL, MULTIPRESS, TWINPLATE, BOSTITCH THE LOCK, PASCALU, WOLF, LKV CENTAR itd. LKV rešetkasti nosači sa punom ili delimičnom trianugulacijom štapova su, po pravilu, statički neodređeni nosači. Statička analiza takvog sistema se sprovodi po principima proračuna ravanskih nosača na načine kako to teorija konstrukcija nalaže, danas uz pomoć legalnih i licenciranih programskih paketa. Za proračun i dimenzionisanje elemenata statičkog sistema po principu dozvoljenih napona moraju se koristiti bazni naponi određeni prema SRPS U.C9.200 za II klasu četinarske građe, a koji važe samo za dejstvo osnovnog opterećenja. Za dejstvo dopunskih ili naročitih opterećenja bazni naponi se moraju korigovati. Vrednosti baznih napona su date u poglavlju "Opterećenja, dozvoljeni naponi i dozvoljeni ugibi". Vrednost lokalnog dozvoljenog ugiba za jedan od štapova gornjeg ili donjeg pojasa, u odnosu na njegovu dužinu, ograničava se na:

L / 200 - za štapove gornjeg pojasa koji ne nose plafon,
L / 300 - za štapove gornjeg i donjeg pojasa koji nose plafon.

Vrednosti dozvoljenih ugiba globalnog statičkog sistema za ukupan raspon je određen uslovima iz SRPS U.C9.200 i iznosi: fdop = L / 600. Vrednost dozvoljenog ugiba streha i konzolnih delova lakog krovnog vezača mora biti ograničen na L/150. Svi sistemi lakih krovnih vezača većih raspona i većeg opterećenja sa potpunom triangulacijom strukture štapova, kod kojih su pojasni štapovi potpuno ili delimično kontinuirani, i svi sistemi LKV sa nepotpunom triangulacijom strukture štapova, moraju se tretirati kao statički neodređeni sistemi. Rešavanje opterećenog hiperstatičkog sistema podrazumeva određivanje presečnih sila u svim štapovima sistema, određivanje oslonačkih reakcija i proračun obrtanja i pomeranja čvorova - deformacije sistema. Oslonci lakih krovnih vezača su, po pravilu, nosivi zidovi, koji, osim u posebnim slučajevima, mogu da prihvate samo vertikalne reakcije opterećenog statičkog sistema i horizontalne sile dejstva vetra na sistem LKV. Izuzetni slučajevi su određeni tipovi nepotpuno triangulisanih sistema LKV za krovove sa stambenim potkrovljima, kada se mora sprovesti detaljna studija načina oslanjanja i obrazovanja oslonačkih veza.

Uslovi provere naprezanja i ugiba i dokaz stabilnosti

Kombinacije opterećenja - šeme opterećenja - neophodne su za određivanje ekstremnih statičkih uticaja za pojedine elemente sistema i za proveru stabilnosti globalnog sistema, odnosno za pravilan proračun međusobnih veza elemenata sistema i veza samog sistema nad osloncima.Laki krovni vezači, čija je struktura štapova potpuno ili delimično triangulisana, pa samim tim i primarno opterećena aksijalnim silama, mogu biti izloženi opasnosti od loma zbog promene smera delovanja klimatskog opterećenja. Za šemu totalnog opterećenja jedne simetrične triangulisane strukture lakog krovnog vezača, štapovi gornjeg pojasa su napregnuti na pritisak. Takođe je na pritisak napregnut i jedan broj štapova ispune. Svi pritisnuti štapovi su, shodno odredbama SRPS U.C9.200, provereni na efekat izvijanja i time je dokazana njihova stabilnost. Ostali, zategnuti štapovi su dimenzionisani na dejstvo aksijalne zatežuće sile ili na dejstvo ekscentričnog zatezanja, pri čemu nije merodavna dužina štapa, niti eventualno prisustvo bočnih ili nekih drugih pridržajnih tačaka. Međutim, ako se ovakav statički sistem tretira pod uticajem opterećenja od sopstvene težine i uticaja dejstva vetra, koji za male nagibe krovnih ravni i za, na primer otvorene objekte, može imati veliko sabrano odižuće dejstvo, čija je vertikalna komponenta veća od ukupnog gravitacionog opterećenja usled sopstvene težine, dobija se sasvim drugačija naponska slika elemenata triangulisane strukture: svi pritisnuti štapovi postaju zategnuti, a zategnuti postaju pritisnuti sa otvorenim problemom stabilnosti usled izvijanja.Tabela A.3. definiše osnovne šeme opterećenja za simetrične i nesimetrične potpuno ili delimično triangulisane statičke sisteme lakih krovnih vezača.Definisanje vrste naprezanja se sprovodi na osnovu statičkog proračuna konstrukcije. Svaki štap statičkog sistema mora biti dimenzionisan prema važećim normama i mora biti sprovedena analiza naprezanja poprečnog preseka. Ukupno iskorišćenje naprezanja poprečnog preseka mora biti u skladu sa odredbama SRPS U.C9.200. Dimenzionisanje čvornih veza mora biti sprovedeno u skladu sa uslovima koje propisuje proizvođač spojnih sredstava, na osnovu atesta o laboratorijskim ispitivanjima, ukoliko se radi o primeni posebnih sistema izvođenja čvornih veza ili na osnovu važećih standarda i normi.

Kontrola ugiba se mora sprovesti posebno za štapove koji čine donji i gornji pojas za raspon između čvorova statičkog sistema i to za lokalno pripadajuće opterećenje date šeme opterećenja, koja je merodavna za maksimalni ugib u polovini raspona ili u posebnoj, karakterističnoj tački sistema. Iz estetskih i geometrijskih uslova bitno je da svi laki krovni vezači, koji čine ukupnu krovnu strukturu, a koji međusobno mogu biti različiti, imaju isti ugib, čemu se mora posvetiti pažnja pri definisanju statičkog sistema i pri određivanju dimenzija poprečnog preseka štapova. Sigurnost konstrukcije se mora dokazati statičkim proračunom, izvedenim na bazi dozvoljenih napona i dozvoljenih ugiba za sistem opterećen osnovnim, dopunskim ili naročitim opterećenjem. Dokaz stabilnosti objekta mora postojati za svaku fazu izgradnje krovne strukture, a pored statičkog proračuna mora da sadrži sve crteže konstrukcije, tehnički opis sa svim potrebnim uputstvima za montažu, eksploataciju i održavanje konstrukcije.

Prema odredbama SRPS U.C9.200 konstrukcija nije sigurna i ne sme se koristiti u slučajevima:
- kada nastupi gubitak ravnoteže cele konstrukcije ili nekog od njenih delova,
- pri lomu kritičnog preseka konstrukcije usled prekoračenja otpornosti materijala ili usled prevelikih deformacija,
- gubitka stabilnosti zbog pojave izvijanja pritisnutih štapova,
- pojave preteranog utiskivanja - gnječenja pri poprečnom pritisku,
- pri pojavi prevelikih deformacija koje imaju uticaja na efikasnu upotrebu konstrukcije ili njenih sekundarnih elemenata,
- kada nastupe oštećenja ili prsline koje smanjuju trajnost, efikasnost ili likovne vrednosti konstrukcije i njene prateće strukture.

Laki krovni vezači, kao funkcionalni elementi industrijske prefabrikacije, prema svojim statičko-konstruktivnim kvalitetima, mogućnosti da odgovore zahtevima geometrijske koordinacije, sposobnosti da odgovore funkcionalnim i oblikovnim projektantskim zahtevima - zauzimaju sam vrh u grupi industrijalizovanih sistema sposobnih da omoguće otvorenu prefabrikaciju krovnih struktura, jer ujedinjuju sve dobre karakteristike poznatih i primenljivih sistema.

Tabela A3. Šeme opterećenja za proračun lakih krovnih vezača

1. Simetrične strukture	1. šema opterećenja: sopstvena težina + sneg u punom intenzitetu po celom krovu, 2. šema opterećenja: sopstvena težina + vetar sleva (pod uslovom da je koeficijent oblika napadnute strane $c \leq 0.4$).
2. Nesimetrične triangulisane strukture i sve delimično triangulisane strukture	1. šema opterećenja: sopstvena težina + sneg u punom intenzitetu po celom krovu, 2. šema opterećenja: sopstvena težina + sneg u punom intenzitetu na levoj krovnoj ravni + sneg sa polovinom intenziteta na desnoj krovnoj ravni + vetar sleva, 3. šema opterećenja: (važi samo za nesimetrične strukture) sopstvena težina + sneg u punom intenzitetu na desnoj krovnoj ravni + sneg sa polovinom intenziteta na levoj krovnoj ravni + vetar sdesna, 4. šema opterećenja: sopstvena težina + vetar s leva, 5. šema opterećenja: (važi samo za nesimetrične strukture) sopstvena težina + vetar sdesna.


a


b


c


d

Sl. A.57a-d. Proizvodni pogon primenom
C presa i pojedinačnih radnih stolova


a



b

Sl. A.58a,b. Primena koordinatnih
hidrauličkih presa na radnoj pisti


a


b

Sl. A.59a,b. Proizvodnja LKV nosača
na radnoj pisti sa linearnim presama

PROIZVODNJA KONSTRUKCIJA

Proizvodnja lakih krovnih vezača je organizovana u LKV pogonima na opremi za proizvodnju nosača po sistemu LKV. Osnovni delovi opreme su: LKV radni stolovi ili radne piste na kojima se formiraju nepomerljivi šablon za montažu štapova sistema i postavljanje i centrisanje metalnih konektera u čvorovima sistema i hidraulička presa za jednovremeno obostrano utiskivanje konektera. Savremena tehnologija je značajno unapredila proizvodnju nosača. Pored primene C prese koje opslužuju pojedinačne radne stolove pri formiranju čvornih veza, postoje sistemi presa koje su jednovremeno i radni stolovi u svakom čvoru LKV nosača. To znači da broj angažovanih presa odgovora broju čvornih veza na nosaču i samo jednom komandom utiskuju se konekteri u sve čvorove nosača. Postoje, takođe, koordinatne i linearne prese. One se kreću preko piste na kojoj su fiksirani štapovi i postavljeni metalni konekteri, koje, manuelnom komandom ili automatski, vođeno računarskim programom, utiskuju konekter u pojedinačne čvorove duž kretanja prese. Primena lasera u formiranju šablona i pozicioniranju konektera na radnoj pisti je poslednja reč tehnike u ovoj proizvosnji. Odlikuje je besprekorna geometrijska tačnost proizvedenih nosača, što je od veoma velikog značaja za montažu krovnih konstrukcija. Pored ovih sistema presa za radioničku proizvodnju LKV nosača, postoje i mobilne prese malog kapaciteta za izvođenje montažnih veza na samom gradilištu. Mere tolerancija pri proizvodnji nosača su:

- za raspon nosača: L/1000
- za visinu nosača: H/500.

O proizvodnji nosača se mora voditi precizna evidencija koja obuhvata podatke o projektu, tipu nosača, kvalitetu građe, kvalitetu konektera i stanju opreme. Presom za utiskivanje rukuje atestirani rukovaoc, a za kvalitet proizvodnje odgovara rukovodilac smene i šef proizvodnje. Tokom rada se moraju preduzeti sve propisane mere HTZ zaštite.

TRANSPORT

Lokalni transport nosača i transport nosača do gradilišta, kao i vertikalni transport na objektu, moraju biti tako organizovani da se isključi svaka mogućnost oštećenja štapova ili čvornih veza nosača. Nosači se transportuju u položaju u kome će biti izloženi opterećenju u toku eksploatacije. Za kamionski transport moraju se obezbediti oslonci nosača u projektovanim ili privremenim čvorovima. Ukoliko se uvode privremeni oslonci, dopunskim statičkim proračunom se mora dokazati stabilnost sistema u transportu za dvostruku sopstvenu težinu jednog elementa konstrukcije. Posebna pažnja se mora pokloniti gabaritima LKV nosača iz uslova transporta. Gabariti utovarenih vozila moraju biti takvi da je moguć transport is-



a



b

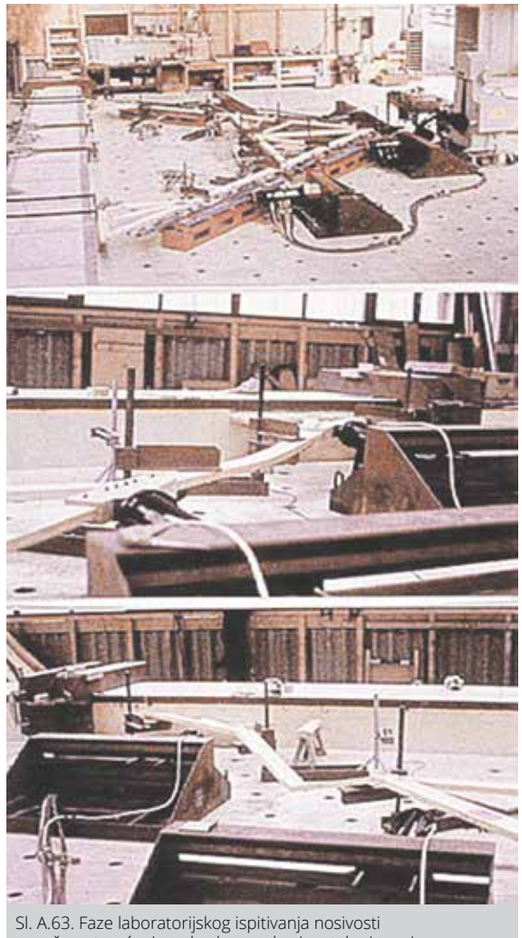
Sl. A.60a,b. Lokalni transport i transport lakih krovnih vezača



Sl. A.61. Montaža paketa LKV nosača uz pomoć mehanizacije



Sl. A.62. Montaža pojedinačnih LKV rešetkastih nosača bez primene mehanizacije



Sl. A.63. Faze laboratorijskog ispitivanja nosivosti nosača opterećenjem do sloma u horizontalnoj ravni

pod nadvožnjaka na transportnim pravcima tereta. To praktično znači da visina vertikalne projekcije nosača, pri transportu klasičnim drumskim transportnim sredstvima ne sme biti veća od 3.00 m. Pri primeni specijalnih transportnih vozila visina projekcije nosača može biti i drugačija, ali mora biti usaglašena sa uslovim transporta.

MONTAŽA LKV KONSTRUKCIJA

Uslovi montaže se moraju definisati posebnim projektom montaže koji je dužan da izradi montažer LKV® konstrukcije, prema lokalnim uslovima na gradilištu, i koji mora da podnese projektantu konstrukcije radi dobijanja saglasnosti. Ovim projektom se mora definisati horizontalni i vertikalni transport na gradilištu, upotreba skele, eventualna upotreba specijalne opreme i alata. Oslonačke veze i veze drvenih elemenata međusobno, uključujući i spregove za ukrućenje moraju se izvesti prema projektu i proračunu veza i oslonačkih veza.

DOKAZ KVALITETA

Za isporučenu krovnu LKV konstrukciju moraju se dati atesti o kvalitetu konektera i podaci o upotrebljenoj građi, kao i podaci o uslovima proizvodnje. U nedostatku valjanih dokaza, po posebnom nalogu, može se zahtevati ispitivanje montirane konstrukcije probnim opterećenjem prema uslovima za ispitivanje konstrukcija. Ova ispitivanja mogu vršiti isključivo organizacije, registrovane za tu vrstu delatnosti. Pri uvođenju novih tehnologija u proizvodnim pogonima LKV konstrukcija ili pri velikoserijskoj proizvodnji nosača često se praktikuje i dokaz nosivosti ispitivanjem uzoraka nosača skinutih nasumice sa proizvodnih linija, u razmeri 1:1, što je jedini potpuni dokaz nosivosti konstrukcije za projektovano opterećenje. Na prethodnim slikama je prikazano nekoliko različitih laboratorijskih sistema ispitivanja u vertikalnoj i horizontalnoj ravni, u kojima su postavljeni uzorci nosača.

NADGRADNJA SISTEMA LKV

Kroz, već dugi, eksploatacioni period sistem lakih krovnih vezača se intenzivno razvijao u tehničkom i tehnološkom smislu. Na planu projektovanja i primene u arhitektonskim i građevinskim objektima sistem je usavršen do nivoa kataloškog projektovanja. To znači da postoji gama oblika nosača, sistematizovanih, najpre prema stepenu iskorišćenja tavanskog prostora, kako je već rečeno, zatim prema rasponu i nagibima krovnih ravni, prema primenjenim tipovima krovnih pokrivača i prema obradi plafonskih ravni. Svaki oblik LKV nosača, preuzetog iz kataloga, prati kompletan projekat njegove konstrukcije, koji podrazumeva detaljnu statičku analizu, sa jedne strane i detaljnu radioničku dokumentaciju, neophodnu za proizvodnju nosača, sa druge strane.

Posebni razvojni put ima metalni konekter, mehaničko spojno sredstvo, na kome se ovaj sistem zasniva. Veoma veliki broj oblika zubaca konektera razvrstanih po položaju na pločici je posledica želje konstruktera da se sa što manje materijala prenese najveća sila sa jednog drvenog štapa na drugi štap, kod nastavka štapova ili na čvornu vezu više drvenih štapova. Poznati su konekteri sa orijentacijom izbijanja zubaca u dva pravca, pa čak i u šest pravaca, kada zupci oko poligonalne rupe

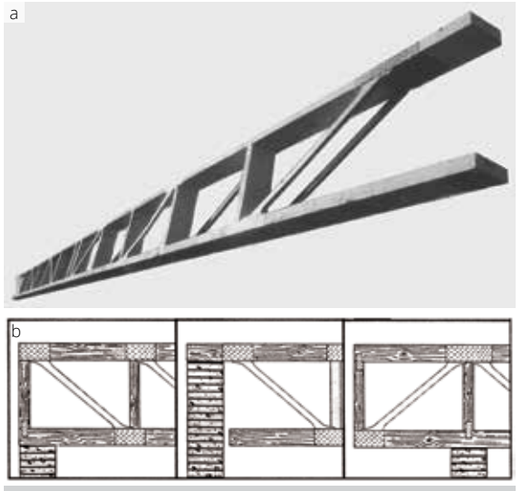


a



b

Sl. A.64a,b. Laboratorijsko ispitivanje nosivosti nosača opterećenjem do sloma u vertikalnoj ravni

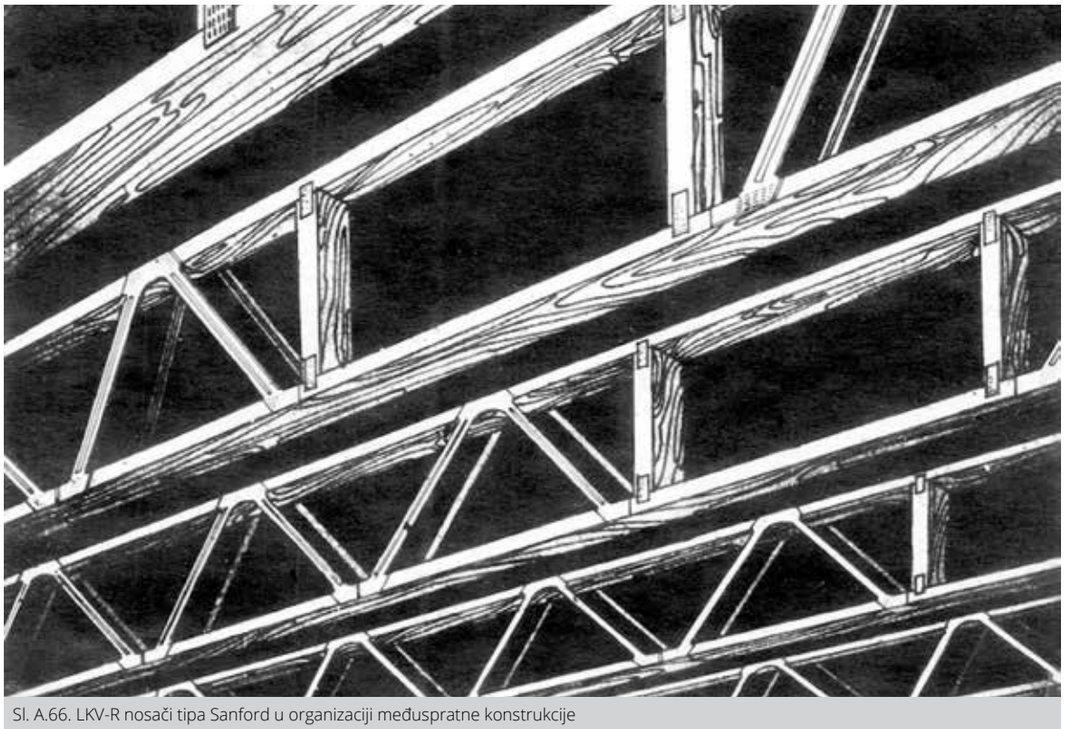


Sl. A.65a,b. LKV-R nosač tipa Sanford sa detaljima oslonačkih veza

u limu formiraju i cvast. Početkom sedamdesetih godina prošlog veka razvojni put konektera je obogaćen pojavom sistema Sanford, koji predstavlja najbolju moguću kombinaciju dva građevinska materijala: drveta i metala. Racionalna koncepcija, koja bez naklonosti prema jednom od materijala, potpuno ravnopravno koristi karakteristike materijala, tehnološki postupak proizvodnje i iskustva na primeni konektera u LKV tehnologiji, osnovna je vrednost ovog sistema. Sistem Sanford koristi iskustva proizvodnje metalnih "R" nosača, trigonit i DSB nosača i način ostvarivanja veza u sistemima lakih krovnih vezača. Stoga se može usvojiti naš termin za ovaj sistem drvenih rešetkastih nosača laki krovni vezači sa R ispunom, skraćeno LKV-R. Sanford nosač je praktično modifikovan trigonit nosač sa paralelnim štapovima gornjeg i donjeg pojasa i sa ispunom od drveta i metala. Čine ga tri osnovna elementa:

- štapovi gornjeg i donjeg pojasa - drveni elementi pravougaonog poprečnog preseka,
- vertikale - takođe drveni elementi pravougaonog poprečnog preseka i
- dijagonale - metalni elementi koji su tako izvedeni da na svojim krajevima imaju formirane metalne konektere, tj. čvorne perforirane nazubljene pločice, koje utiskivanjem u drvo jednovremeno ostvaruju čvornu vezu svih štapova koji čine čvor rešetkastog sistema.

Svaka od ove tri komponente zauzima u sistemu nosača najbolji mogući položaj, posmatrano iz ugla iskorišćenja materijala. Gornji i donji pojas, koji su napregnuti aksijalnom silom na pritisak, odnosno zatezanje, imaju takvu orijentaciju poprečnog preseka, da gornji, pritisnuti pojas, u ravni veće dužine izvijanja ima i veći poluprečnik elipse inercije poprečnog preseka. Vertikale rešetkastog sistema su u zadatoj konfiguraciji štapova pritisnuti elementi za uticaj gravitacionog opterećenja i statički sistem proste grede. One su uvek kraće od dijagonala, što je veoma važno zbog pojave fenomena izvijanja pri pritisku. Samim tim što su izvedene od drveta sa poprečnim presekom koji ima veću otpornost na izvijanje od mogućeg metalnog štapa od blago povijenog lima, vertikale čine elemente sistema koji se, po strukturalnom kvalitetu potpuno uklapaju u perfekciju ovog sistema za gradnju međuspratnih konstrukcija i krovova objekata. Dijagonale su izvedene od lima najveće debljine 1.75 mm i mogu da prime samo zatezanje, pa su i postavljene na mestu koje im u strukturi štapova ispune potpuno odgovara. Proračun naprezanja elemenata se sprovodi po poznatim metodama i ne predstavlja nikakav problem u realizaciji sistema. Sistem predstavlja industrijski proizvod visokog kvaliteta koji omogućuje punu prefabrikaciju građenja u svom domenu, u materijalizaciji jednovodnih i dvovodnih krovova.



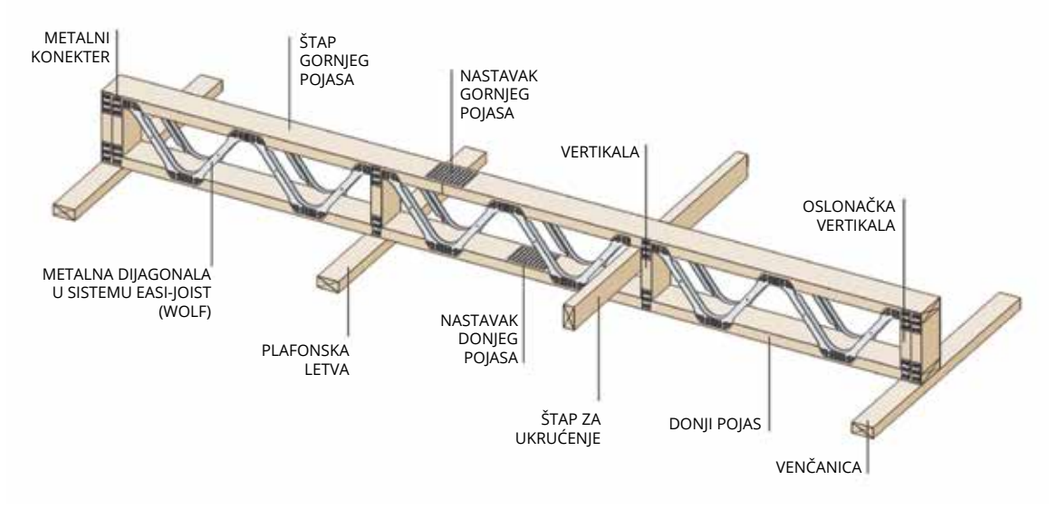
Sl. A.66. LKV-R nosači tipa Sanford u organizaciji međuspratne konstrukcije



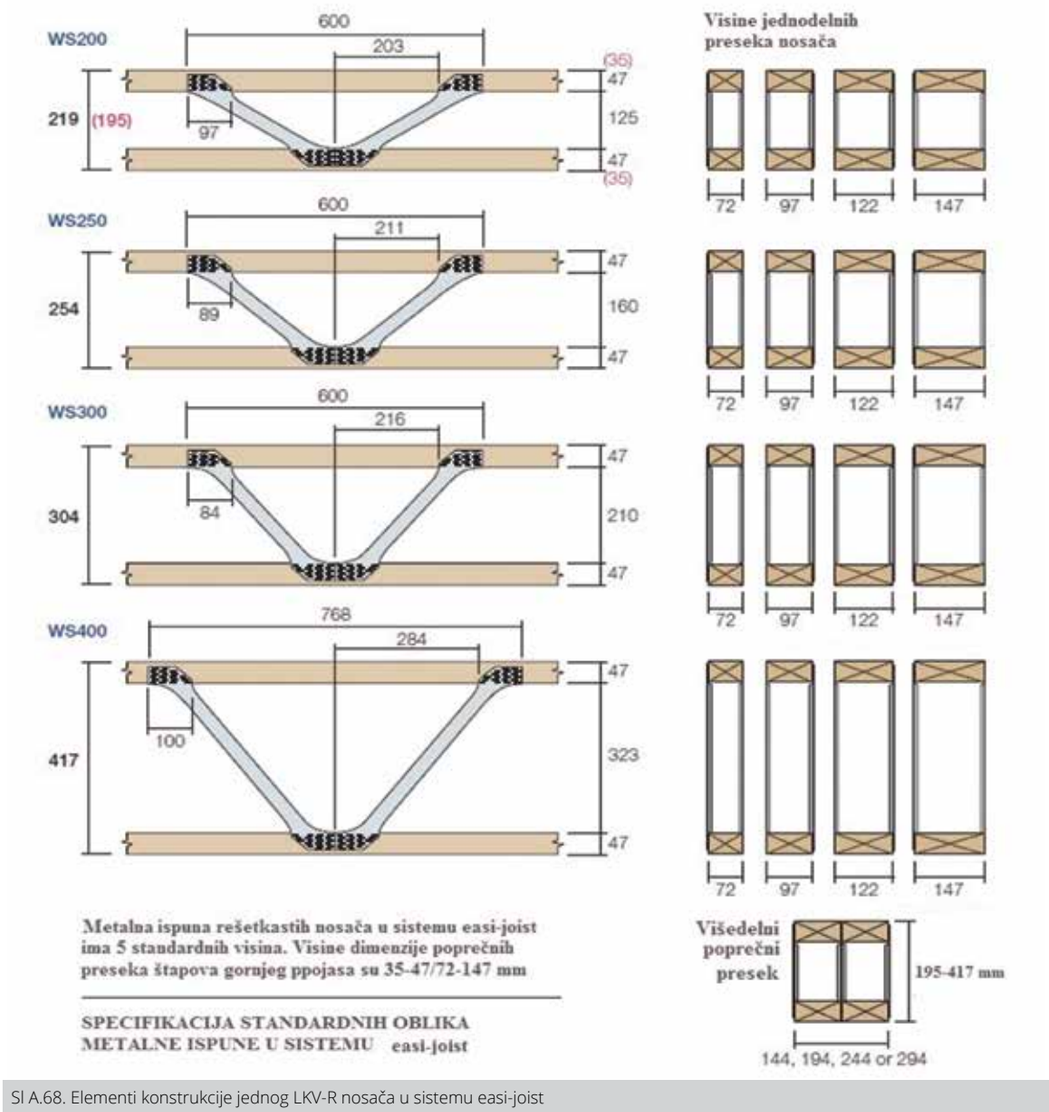
Sl. A.67. LKV-R nosači tipa wolf u organizaciji međuspratne konstrukcije pod nazivom easi-joist

Nažalost, polje primene Sanford nosača je relativno ograničeno na sisteme prostih greda, u statičkom smislu. U strukturi krova izvanrednu ulogu igra u poziciji rogova ili rožnjača, dok u tavanskim konstrukcijama ima izuzetno povoljnu poziciju, jer sa veoma malom ukupnom visinom može da premosti značajne raspone. Prema podacima proizvođača, za podno opterećenje od 1.75 kN/m2 i za međusobni razmak nosača od 60 cm sa visinom od 19 cm premošćuje raspon od 5.80 m ili sa visinom od 45 cm premošćuje raspon od 13.34 m, uz uslov da su ugibi u dozvoljenim granicama[1)]. Ugrađivanje nosača u okviru krovne konstrukcije je lagano i izvodi se ili pomoću posebno predviđenih metalnih papuča ili direktnim kovanjem, ukoliko su štapovi gornjeg pojasa prepušteni preko oslonca. Za standardne

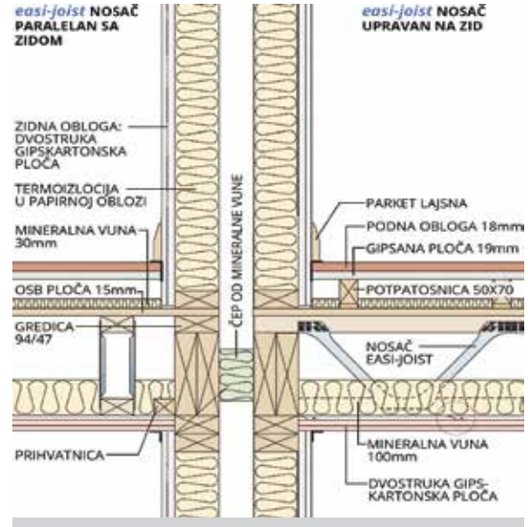
1) Cambrai Charpante, Thun Leveque Iwuz, France



Sl A.68. Elementi konstrukcije jednog LKV-R nosača u sistemu easi-joist



Sl A.68. Elementi konstrukcije jednog LKV-R nosača u sistemu easi-joist



Sl. A.70. Detalj medjuspratne konstrukcije na dilataciji sa protivpožarnom otpornošću od 60 minuta

raspone i visine nosača postoji mali broj različitih komponenata, što dokazuje da je sistem sa aspekta industrijske proizvodnje veoma prostudiran. Tehnološka fleksibilnost sistema je na nivou koji zauzima sistem lakih krovnih vezača, budući da je način ostvarivanja čvornih veza identičan. Kako su Sanford nosači elementi sa konstantnom visinom poprečnog preseka, to je i proces proizvodnje nosača različitih raspona u okviru jedne visine nosača veoma jednostavan. Kombinabilnost sistema je sasvim dobra, jer je prilagođavanje sistema datim uslovima, u domenu primene, moguće bez ikakvih teškoća.

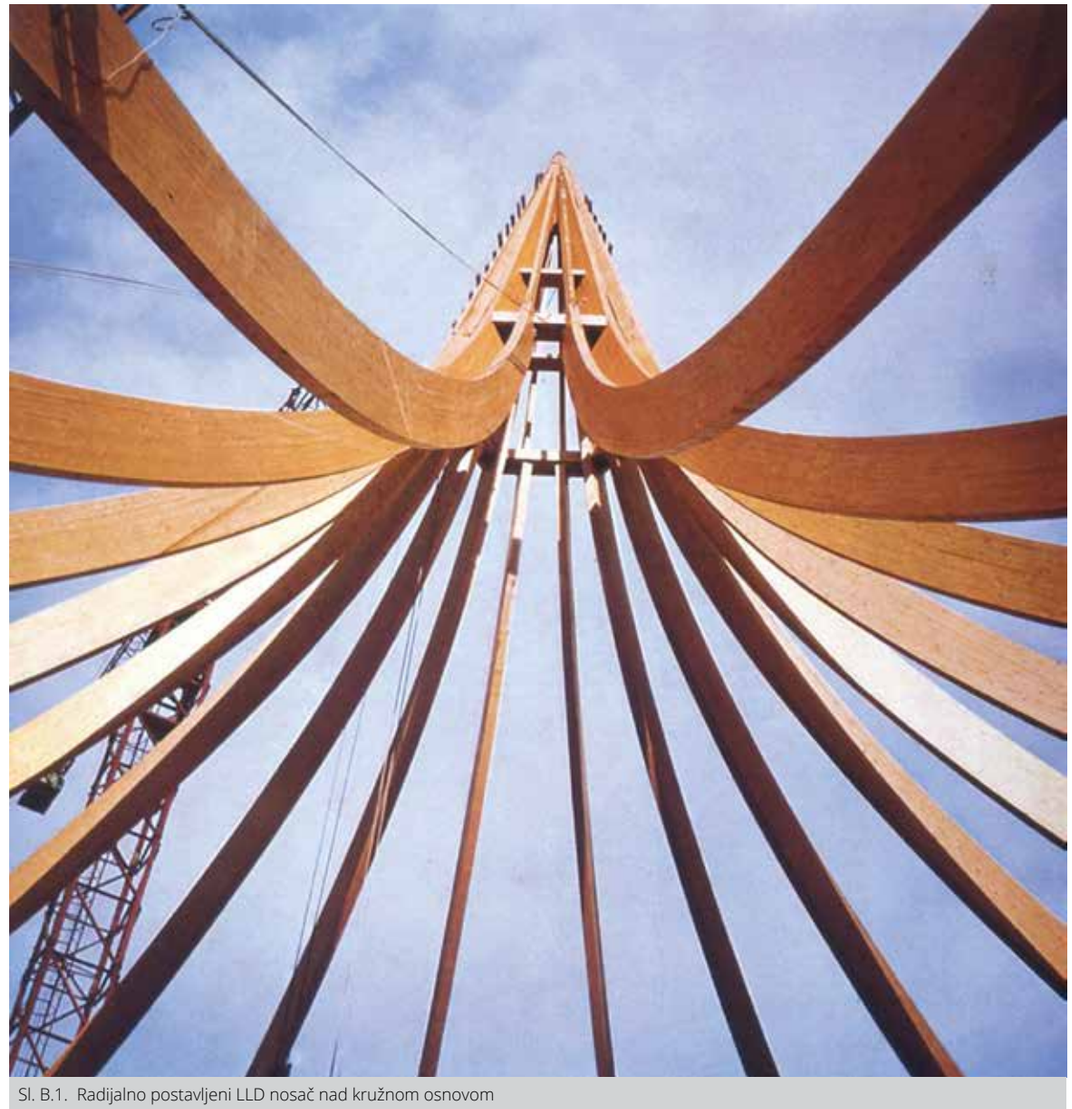
Moguća je i varijanta da svi štapovi ispune budu od lima, s tim što štapovi ispune opterećeni normalnom silom pritiska moraju imati odgovarajuću profilaciju, pojačanu krutost, kako bi se sprečilo njihovo izvijanje u ravni i van ravni nosača. Krajevi dijagonala su obrazovani kao izvrsna spojna sredstva - metalni konekteri i ostvaruju besprekornu vezu na mestu ugradnje. Ovaj oblik lakih krovnih nosača je pretrpeo mnoge tehničke izmene i usavršavanja i na današnjem tržištu ima više odličnih patentom zaštićenih proizvoda, kakav je, na primer, easi-joist wolf sistema. Projektantima pri primeni ovog LKV-R sistema na raspolaganju je veoma detaljni priručnik sa predlozima rešenja u okviru masivne i montažne gradnje, sa podacima o primeni podsistema ovih nosača u zavisnosti od opterećenja i raspona, statičkog sistema ili iz uslova primene sistema sa aspekta zahtevane protivpožarne rezistencije objekta. Takvi katalozi su dostupni u različitim digitalnim formatima ili kao štampani priručnici koji se koriste u kataloškom projektovanju. Zahvaljujući odličnim tehničkim i tehnološkim performansama, lakom transportu, jednostavnoj montaži na gradilištu za male i srednje raspone i ekonomičnosti, sistem LKV među drvenim strukturama koje se koriste u industriji montažnih kuća, međuspratnih i krovnih konstrukcija arhitektonskih objekata različite namene zauzima značajno mesto.

B. LEPLJENO LAMELIRANO DRVO (LLD)

Linijski nosači od lepljenog lameliranog drveta su produkti najsavremenije tehnologije u obradi drveta, tehnologije lepljenja i najviših naučnih dostignuća iz oblasti projektovanja i teorije konstrukcija. Nosači se oblikuju u skladu sa zahtevima funkcije objekta, tehnološkog procesa proizvodnje i transporta, prema uslovima upotrebljivosti, zatim prema dozvoljenim naprezanjima, odnosno iz težnje za što boljim iskorišćenjem nosivosti materijala u poprečnim presecima nosača.

Lepljeno lamelirano drvo je građevinski materijal proizveden od tankih drvenih elemenata - lamela podjednakog poprečnog preseka, postavljenih paralelno jedna iznad druge i međusobno slepljenih posebnim vrstama lepila, pod određenim uslovima i predstavlja štapasti element konstrukcije. Lamele su elementi koji nastaju podužnim spajanjem dasaka ili talpi od masivnog drveta.Ovako komponovan materijal ima mehaničke karakteristike koje su ujednačenije od mehaničkih karakteristika masivnog drveta - baznog materijala od koga lepljeno lamelirano drvo nastaje. Izrada elemenata krovnih struktura ili ukupnog konstruktivnog sklopa arhitektonskih objekata je strogo kontrolisani tehnološki postupak.

Odvija se u fabrikama lepljenih konstrukcija, tako da su konstruktivni elementi od lepljenog lameliranog drveta industrijski proizvod standardnog kvaliteta. Za razliku od ostalih proizvoda drvne industrije, pod pojmom lepljenog lameliranog drveta se isključivo podrazumeva proizvod nastao međusobnim lepljenjem drvenih lamela sa paralelnim pravcem pružanja drvenih vlakanaca. Lepljeno lamelirano drvo po tehničkim i estetskim osobinama se razlikuje od drugih građevinskih materijala. Konstruktivni sistemi izvedeni u takvoj tehnici odlikuju se izvanrednim inženjerskim, ekonomskim i estetskim kvalitetima i daju poseban ton današnjoj arhitekturi a objekti se nameću suptilnom konstrukcijom, estetskim izgledom, skladnošću forme i toplinom enterijera.



Sl. B.1. Radijalno postavljeni LLD nosač nad kružnom osnovom



Sl. B.2. Vanstandarni oblici konstruktivnih sistema u graditeljstvu



Sl. B.3. Amfiteatri Univerziteta u Remsu, Fraancuska

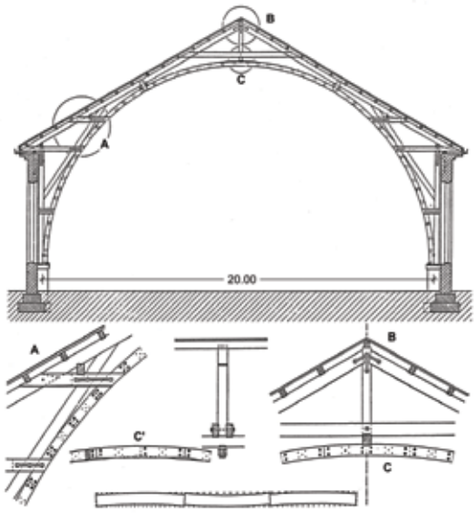
RAZVOJNI PUT DRVENIH LAMELIRANIH KONSTRUKCIJA

Ideja za formiranje drvenih lameliranih nosača rodila se u Francuskoj. Francuski tesarski majstor Filiber Delorm (Philibert de l'Orme) izvodio je već u XVI veku lučne drvene nosače znatnih raspona. Poprečni preseci ovih lukova bili su složeni od više posebnih preseka drvne građe, čiji se čeoni spojevi smiču, tj. preklapaju duž ose luka. Na taj način je začet tehnološki postupak spajanja ograničenih dužina elemenata drvne građe u jedan nosač sa teorijski neograničenim dimenzijama, s tim da su mehaničke karakteristike u svakom poprečnom preseku veoma ujednačene.

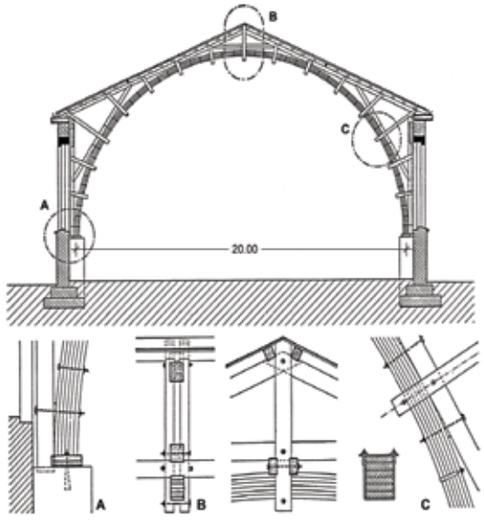
Ideju o stvaranju drvenog nosača pravougaonog poprečnog preseka od punog drveta koji se ne dobija od oborenog trupca tesanjem i rezanjem, prvi je realizovao Filiber Delorm, izgradivši 1561. godine drveni luk raspona 22.00 m od tri prethodno obrađene i nasatice postavljene talpe, čiji se krajevi preklapaju po dužini. Međusobnu vezu talpi je izveo drvenim hrastovim klinovima i metalnim vijcima sa maticama i podloškama. Na taj način je dobio kružni drveni luk konstantnog poprečnog preseka 15/25 cm, odnosno dimenzija 10/25 cm na mestu spoja dve talpe, kako se vidi na slici B.4. Ovakvo rešenje je bilo moguće izvesti kod lučnih sistema konstrukcija kod kojih su dominantne normalne sile pritiska i kod kojih u oslabljenom preseku na mestu nastavka dve vertikalne lamele ipak može da se prenese sila pritiska čeonim kontaktom. U tehničkoj literaturi ovaj luk Filibera Delorma se smatra pramodelom savremenih lepljenih lameliranih konstrukcija, a njegov tvorac ocem tog tehnološkog procesa proizvodnje drvenih nosača. Veliki broj vojnih objekata, konstrukcija manježa, krovova nad velikim dvoranama u zamkovima širom Francuske izgrađeno je u ovoj tehnici, a neke konstrukcije su i danas u funkciji.

U XIX veku, skoro tri puna veka kasnije, ideju Filibera Delorma spretno je iskoristio Francuski pukovnik Emi (Emy), profesor na Vojnoj akademiji, kada je 1828. godine napravio drveni luk raspona 20.00 m, tako što Delormove lamele nije zadržao vertikalno, već ih je postavio horizontalno, prinudno zakrivio i spojio obujmicama. Poprečni pravougaoni presek, obrazovan od šest lamela dimenzija 4/18 cm imao je dimenzije b/d = 18/24 cm. Ovaj sistem je zahtevao lamele manje debljine da bi se bez loma lamela mogao oblikovati nosač. Mehanička veza lamela u poprečnom preseku nosača se zadržala dosta dugo u gradnji ovakvih konstruktivnih sistema, jer je za ondašnje pojmove bila trajna i sigurna - moćni i pouzdani lepkovi su produkt kasnijih istraživanja (Sl. B.5.).

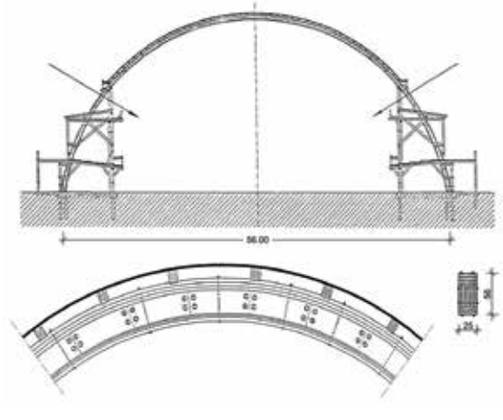
Austrijski tesar Herman Ote (Herman Otte) izveo je konstrukciju koncertne dvorane u Beču oblika kružnog luka nad rasponom od 56.00 m, a iskoristio je sisteme Delorma i Emija i izveo luk dimenzija poprečnog preseka b/d=25/56 cm. Poprečni presek je obrazovan od vertikalno postavljenih oblikovanih talpi 5x5/30 cm po sistemu Delorma, u vidu rebra, a nožice su oblikovane



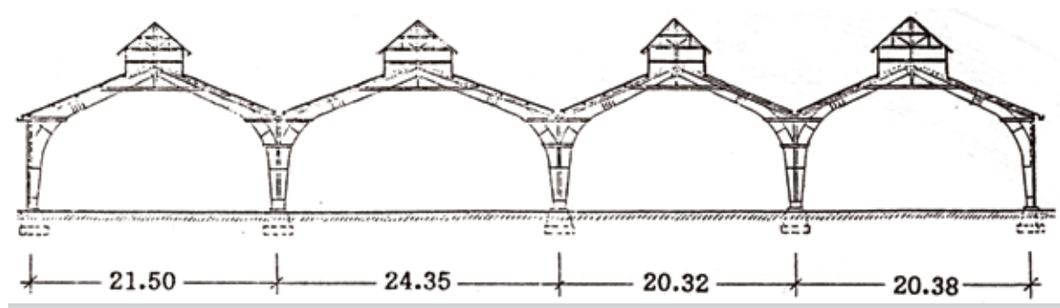
Sl. B.4. Delormeov drveni luk iz 1561. godine



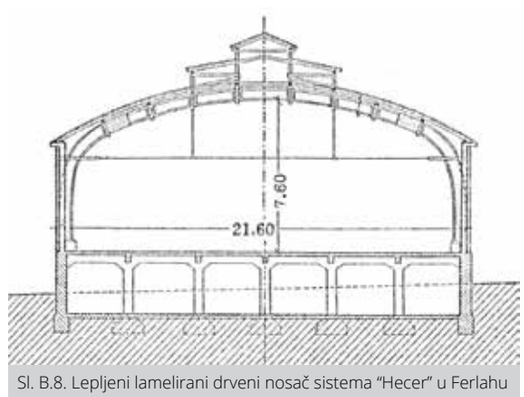
Sl. B.5. Drveni luk pukovnika Emija raspona L=20.00 m



Sl. B.6. Konstrukcija Koncertne dvorane u Beču



Sl. B.7. Hecerovi lepljeni lamelirani nosači na konstrukciji autoremontne radionice u Abigurtu u Nemačkoj



Sl. B.8. Lepljeni lamelirani drveni nosač sistema "Hecer" u Ferlahu



Sl. B.8. Lepljeni lamelirani drveni nosač sistema "Hecer" u Ferlahu

od horizontalno postavljenih lamela 2x3x5/26 cm. Monolitizacija je izvedena mehaničkim spojnim sredstvima (vijcima) i po vertikali i po horizontali. Ostvareni raspon u doba nerazvijene tehnike, na početku XX veka, veliki je uspeh graditeljstva, jer se konstrukcija takvog raspona i danas, u doba pune mehanizacije i industrijske proizvodnje, smatra konstrukcijom velikog raspona.

Filiber Delorm, pukovnik Emi i Austrijanac Ote su, u stvari, svoje sisteme nosača razvijali na tehnologiji obrazovanja složenih preseka drvenih punozidnih kovanih nosača. Prvi sistemi nosača složenog poprečnog preseka bili su baš kovani nosači, kod kojih je prvi put iskorišćena mogućnost konstruisanja nosača čiji je raspon veći od dužine drvenih elemenata od kojih nosač nastaje. Međusobna veza sastavnih delova jednog nosača, a to su daske i gredice malih dužina, ostvaruje se najčešće ekserima. Na samom pragu XX veka razvojni put Delormove i Emijeve ideje "punog preseka" se kvalitativno obogaćuje: 1907. godine Nemac Oto Hecer (Otto Hetzer) iz Vajmara izvodi prvu lepljenu lameliranu konstrukciju po svim pravilima koja danas važe za ovaj savremeni oblik drvenih konstrukcija.

Tanke lamele od četinarske građe Hecer stavlja jednu na drugu. Međusobne dodirne ravni premazuje kazeinskim lepilom, i po šablonu oblikuje drvene lukove punog pravougaonog poprečnog preseka ili "I" preseka. Statički sistemi njegovih konstrukcija su raznovrsni. To su segmenti kružnog luka sa zategom ili trozglobni poligonalni lukovi sa zakrivljenim osama na prelazu iz stuba u prečku (Slika B.7), odnosno zakrivljeni dvozglobni lukovi "I" preseka sa izvedenim montažnim nastavcima, kako pokazuje slika B.8. Danas se može u tehničkoj literaturi naći termin "Hecerovi nosači" za sve savremene elemente konstrukcija i sisteme konstrukcija od lepljenog lameliranog drveta. Upotreba kazeinskog lepila se kroz dalji razvoj ovog sistema drvene konstrukcije nije pokazala uspešnom, jer su kazeinska lepila neotporna na uticaj vlage. Kazeinska lepila su danas zamenjena moćnijim i univerzalnijim lepilima koja su otporna i trajna u svim eksploatacionim uslovima jedne drvene konstrukcije.

Razvojni put tehnike ovakvih nosača punog složenog poprečnog preseka nije bio rezultat nadahnuća jednog inženjera, nije prezentiran javnosti kroz stručnu literaturu, niti je nastao imaginacijom umetnika - slikara ili inženjera - arhitekte, kao razvoj rešetkastih drvenih konstrukcija čiji su praoci Leonardo da Vinči (1452 - 1519. g.) i Andrea Paladio (1518 - 1580.g.). Sistemi konstrukcija od lameliranog drveta su krčili sebi put snagom svojih tehnološko-tehničkih karakteristika i širinom plana primene kod objekata velikih raspona i volumena i posebnih zahteva.

OSNOVNE OSOBINE KONSTRUKCIJA OD LEPLJENOG LAMELIRANOG DRVETA

Savremeno doba s pravom nosi naziv vek betona i čelika. Beton i čelik su rado eksploatisani materijali u savremenom graditeljstvu, najviše zahvaljujući svojim odličnim tehničko-tehnološkim karakteristikama. Zbog toga je naše građevinarstvo do skora bilo isključivo orijentisano ka takvoj masivnoj gradnji. U situaciji, kada su,



Sl. B.10. Austrija centar u Beču



Sl B.12. Nautički centar u Mantes la Jolie, u Francuskoj



Sl. B.13. Plivački bazen, Les Ulis, Francuska



Sl. B.11. Farm muzej u Bolingbruku, USA



a



b

Sl. B.14a,b. Krovna konstrukcija Centra Pompidu u Mecu, Francuska

takoreći, iscrpljene estetske mogućnosti i vrednosti u građenju betonom i čelikom, povratak drvetu može da znači zaokret u otuđenju arhitekture od prirodne čovekove sredine. Funkcionalne mogućnosti koje arhitekturi pružaju konstrukcije u lepljenom lameliranom drvetu su takve da se može smatrati da je drvo materijal koji najviše obećava u budućnosti. Elegancija forme, harmonija oblika i istinska toplina ambijenta atributi su koji s pravom stoje uz moderna ostvarenja u drvetu. Drvo nije ni skup ni luksuzan materijal, ali je, posmatrajući ostvarenja koja je čovek izveo u modernoj tehnici lepljenog drveta, svakako zaslužilo naziv plemenitog materijala. Zbog jednostavne i lagane primene u konstrukcijama objekata savremenog arhitektonskog izraza, lepljeno lamelirano drvo sreće se u objektima različite namene, kao što su:

- javni i industrijski objekti: fabričke hale, skladišta, garaže, supermarketi, montažne sajamske hale, tržnice, aerodromi, železničke stanice, prodajni saloni itd.,
- poljoprivredni objekti: farme za uzgoj krava, ovaca, peradarske farme, skladišta veštačkih đubriva, hangari za poljoprivredne mašine itd.,
- sportski objekti: tribine na stadionima, pokriveni plivački bazeni, sportske dvorane, univerzalne dvorane i pokrivena klizališta,
- sakralni objekti: crkve, kapele,
- razni elementi konstrukcija: stepeništa, pešački mostovi, pasarele, nadvožnjaci itd.

Fizičke i mehaničke karakteristike drveta osnovni su razlog uspešne eksploatacije materijala u konstrukcijama i odavno su poznate po svojim visokim vrednostima. Izvanredno mala sopstvena težina drveta i činjenica da drvo ne mora biti deficitaran građevinski materijal i da se može uzgajati i planirati proizvodnja osnovne sirovine još više opravdava sve veće prisustvo drveta u savremenoj arhitekturi i građevinarstvu. Uskladištenje ugljen-dioksida (CO_2) preuzetog iz atmosfere tokom procesa fotosinteze je osnovni oblik borbe protiv globalnog zagrevanja, što je od izuzetnog značaja za očuvanje čovekove okoline. Poređenjem nekih od značajnijih fizičkih i mehaničkih osobina sa betonom, drvo se može potpuno izravnati sa ostalim građevinskim materijalima u primeni u građevinarstvu. Mogu se definisati i mnoge prednosti drveta pri upotrebi u određenim uslovima gradnje. Na primer, otpornost drveta na zatezanje pri ispitivanju pokazuje da do loma epruveta od drveta bez

grešaka dolazi pri naponu od čak 180 MPa. Drvo je, tako, materijal koji može da podnese, paralelno svojim vlaknima, izvanredna naprezanja, kao, na primer, neki metali. Iako je čvrstoća drveta na zatezanje veća od njegove čvrstoće na pritisak, naponi pri kojima dolazi do loma usled pritiska u pravcu vlakana jednaki su naponima loma najviših maraka betona koje se danas upotrebljavaju u građevinarstvu. Normalni naponi loma drveta kreću se u granicama od 40 MPa do čak 80 MPa, zavisno od vrste drveta (četinari ili listari).

Računska zapreminska masa ugrađenog drveta iznosi oko 600 kg/m3. Zapreminska masa armiranog betona je 2.500 kg/m3, što jasno pokazuje da je udeo iskorišćenja naprezanja poprečnog preseka usled sopstvene mase više od četiri puta manji kod drveta nego kod betona u štapovima istih dimenzija. To može biti vrlo značajan podatak kada su u pitanju sistemi velikih raspona i malog pripadajućeg opterećenja, naročito sa ekonomskog aspekta.

Razvoj tehnologije lepkova omogućio je i da se otkloni problem ograničenosti dimenzija elemenata konstrukcije od drveta. Danas se u drvnoj industriji koriste vrlo kvalitetni lepkovi uz čiju pomoć se može napraviti greda od drveta dužine i preko pedesetak matara, poprečnog preseka čija visina može biti i 4.0 m. Tako građevinsko drvo, kvaliteta najboljeg masivnog drveta sa neograničenim dimenzijama građevinskog elementa, sa mnogo uspeha može se upotrebiti pri realizaciji savremeno koncipiranih funkcionalnih prostora različite namene.



Sl. B.16.Turistički centar Enemonzo, Italija



Sl. B.17. Zdravstveni centar u gradu Misisoga, Kanada



Sl. B.19. Krovna konstrukcija crkve Žan d'Ark u Ruanu, Francuska



Sl. B.20. Impozantna drvena struktura u službi telekomunikacija

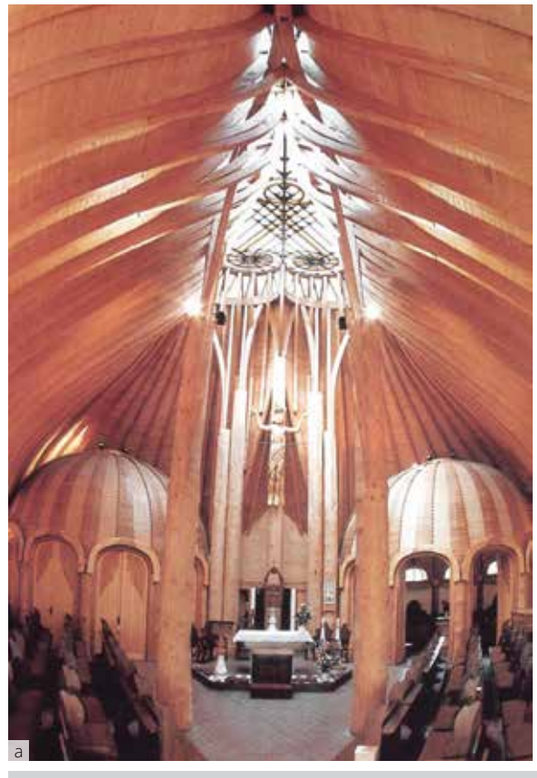


a

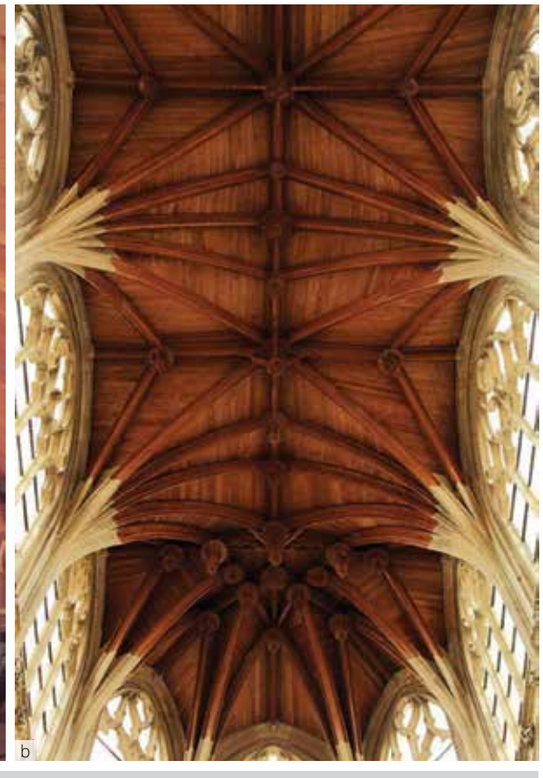


b

Sl. B.15a,b. Nadstrešnica na Hanoverskom sajmu



a



b

Sl. B.18a,b. Uspešna primena drveta u sakralnim objektima

Tehnička lepila koja se danas upotrebljavaju za izradu inženjerskih drvenih sistema konstrukcija moraju da zadovolje veći broj izvanredno teških uslova, kako u vreme izrade konstruktivnih elemenata, tako i u toku eksploatacije. Lepilo treba najpre da ima čvrstoću koja je veća od čvrstoće drveta. Lepilo mora da osigura trajnu i stabilnu vezu između dve susedne lamele. Ne sme da bude podložno uticaju vlage, gljivica i insekata i mora da bude otporno u požaru. Kvalitetno lepilo u požaru ne gori svojim plamenom niti dozvoljava raslojavanje nosača pri povišenim temperaturama. Te uslove sa uspehom ispunjavaju lepila rađena na bazi fenol-formaldehida, epoksi smole i nova sintetička lepila. Izbor vrste lepila mora da bude vrlo precizan u zavisnosti od uslova u kojima će služiti jedan konstruktivni sistem, jer, recimo u uslovima gde drvo može imati vlažnost veću od 15% upotreba kazeinskih i urea-formaldehidnih lepila može biti opasna. Rezultat ispitivanja probnih uzoraka lepljenog drveta pokazuju da u veoma visokom procentu do smicanja, kome je izložen uzorak, dolazi po drvetu, a ne po lepljenom spoju.

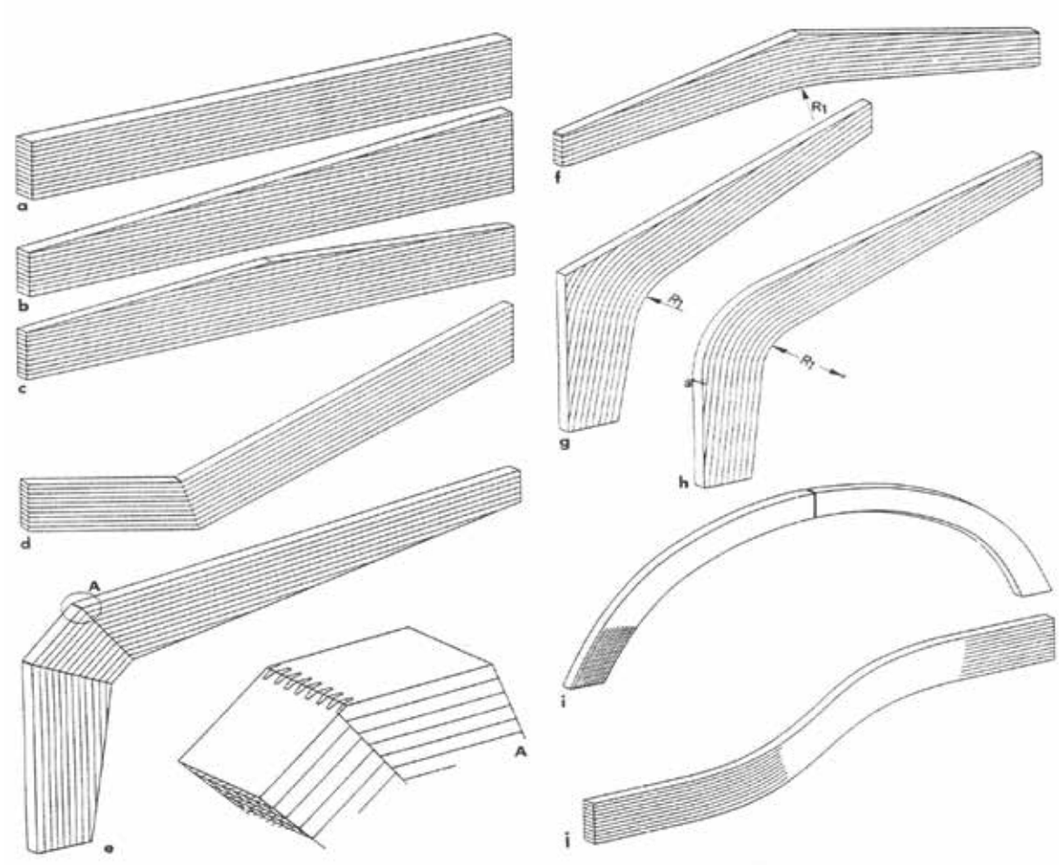
TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE ELEMENATA KONSTRUKCIJA OD LEPLJENOG LAMELIRANOG DRVETA

Rezana četinarska građa konstantne širine i visine poprečnog preseka, osušena u sušarama, sa vlažnošću 10%-14%, nastavljena podužnim zupčastim spojem u element potrebne dužine naziva se lamelom. Po pravilu, lamela dužine do pedesetak metara, širine poprečnog preseka do 22 cm i visine do 4 cm, ima u svakom poprečnom preseku ujednačene mehaničke karakteristike. Zapravo, greške u drvetu (koncentracija čvorova i ostala slaba mesta) jednostavnim isecanjem se odstranjuju i lamela nastaje od zdravih komada građe spojenih po dužini zupčastom poprečnom lepljenom vezom. Tako formirane lamele se obostrano rendišu, kako bi se dobile besprekorno ravne površine i ujednačila debljina lamela. Ređanjem lamela jedne preko druge, uz prethodno nanošenje sloja lepila po dodirnim ravnima i poprečnim utezanjima, po posebnom tehnološkom postupku, dobija se greda čija dužina odgovara dužinama lamela, širina širini lamela, a visina poprečnog preseka je proizvod broja lamela i debljine jedne lamele.

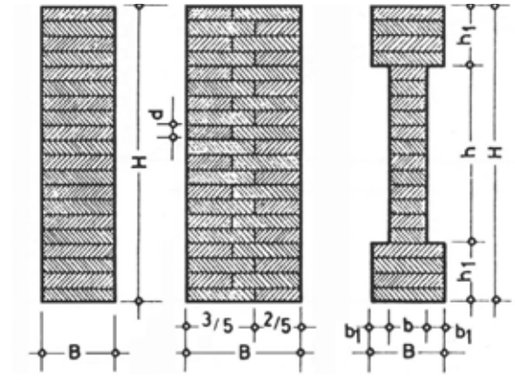
Tako se, relativno jednostavnim postupkom, stvara jedan novi građevinski materijal, industrijski proizvod sa svim karakteristikama osnovnog materijala od koga je nastao. U pripremi građe, sušenjem veštačkim putem u sušarama, kada se vlažnost drveta svodi na neophodni minimum, stvara se takva sredina u kojoj, iako su postojali bilo kakvi oblici živih parazita ili mikroorganizama, ne može doći do razvoja niti gljivica i mikroorganizama, niti insekata koji su inače, osnovni uzročnici propadanja drveta. Tako se, relativno jednostavnim postupkom, stvara jedan novi građevinski materijal, industrijski proi-



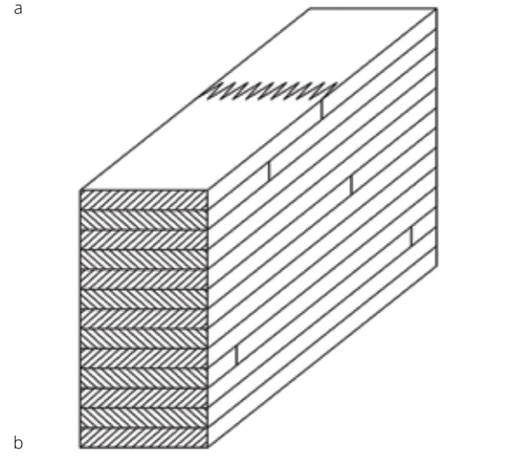
Sl. B.21a-f. Tehnološki proces proizvodnje lepljenog lameliranog drveta: b) Izrada lamela sa zupčastim završecima, c) Pritezanje paketa lamela, d) Odležavanje formiranog nosača, e) Površinska obrada na dvostranoj blanjalici, f) Finalizacija nosača



Sl. B.22. Najčešći oblici elemenata lepljenih konstrukcija



a



b

Sl. B.23a,b. Osnovni oblici poprečnog preseka nosača od lepljenog lameliranog drveta



a



b

Sl. B.24a,b. Lokalni i drumski transport LLD nosača



Sl. B.25. Montaža LLD konstrukcije

zvod sa svim karakteristikama osnovnog materijala od koga je nastao. U pripremi građe, sušenjem veštačkim putem u sušarama, kada se vlažnost drveta svodi na neophodni minimum, stvara se takva sredina u kojoj, iako su postojali bilo kakvi oblici živih parazita ili mikroorganizama, ne može doći do razvoja niti gljivica i mikroorganizama, niti insekata koji su inače, osnovni uzročnici propadanja drveta.

Razna impregnaciona sredstva, premazi i lakovi koji se danas upotrebljavaju kao oplemenjivači drveta, štite drvo u isto vreme od novih napada insekata i gljivica, a uspešno sprečavaju promenu vlažnosti drveta u sredinama gde je vlažnost nestalna ili povišena, pa je i ovaj treći uzrok propadanja drveta sveden na minimum. Potrebno je, naravno, istaći činjenicu da, pored hemijskih zaštitnih sredstava, vrlo važnu ulogu ima i pravilno koncipiran konstruktivni sistem, pravilno projektovani detalji, savesno realizovan projekat, bez grešaka u materijalu, bez oštećenja u samoj konstrukciji ili pokrivaču i fasadi. Ne smeju se pojaviti vlažni i nedovoljno provetreni uglovi, niti mesta na kojima se može skupljati nečistoća ili industrijska prašina. Na takav način obezbeđen objekat biće trajan, praktično neograničenog veka, uz izvanredno male troškove održavanja i u najagresivnijim sredinama. Tako, na primer, u plivačkim bazenima, u skladištima veštačkih đubriva, u industrijskim stajama za krave, gde je povećana vlažnost vazduha, gde su amonijačna isparenja velika, odnosno u agresivnoj sredini drvo se pokazalo kao materijal koji uz najmanje troškove održavanja u eksploataciji ima najduži vek trajanja. Naše pozitivno iskustvo na tom polju već je veliko. Pored izvanrednih staja za industrijski uzgoj krava i brojnih pokrivenih plivačkih bazena sve su brojniji zahtevi investitora za gradnjom u ovoj tehnici. To je pravo priznanje kvaliteta u već izvedenim konstruktivnim sistemima u agresivnoj sredini.

PONAŠANJE DRVETA U POŽARNIM USLOVIMA

Razvojem tehnologije građenja, primenom novih materijala, opasnost od pojave požara i svih posledica koje on nosi sa sobom u vidu materijalnih i nematerijalnih žrtava ne samo da se nije smanjila, već se, na protiv, znatno povećala. Iz ovih razloga neophodno je analizirati ponašanje drvenih konstrukcija i svih drugih proizvoda drvne industrije namenjenih građevinarstvu u požarnim uslovima. Takođe treba analizirati i moguće protivpožarne mere zaštite drvenih konstrukcija, ali svakako u sklopu ostalih tehničkih i organizacionih mera predostrožnosti i zaštite, nikako potpuno izolovano, jer uticaji unutar objekta deluju isključivo kompleksno. Prema ustanovljenim normama pod pojmom požara se može smatrati svako nekontrolisano sagorevanje usled koga može doći do povrede ljudi i materijalne štete. Zaštita od požara je, pak, smanjenje ugroženosti elemenata konstrukcije i samih konstruktivnih sistema u požarnim uslovima. Adekvatna protivpožarna zaštita se postiže odgovarajućim izborom konstruktivnog sistema u drvetu, poštovanjem uslova koji definišu minimalnu površinu poprečnog preseka elemenata konstrukcije, upotrebom odgovarajućih zaštitnih sredstava za impregnaciju ili površinsku zaštitu drveta ili primenom materijala i elemenata za oblaganje i izolovanje drveta od uticaja požara.

Požarne karakteristike građevinskog drveta

Požarne karakteristike građevinskih materijala, uopšte, definiše više parametara:
- zapaljivost,
- intenzitet gorenja i sposobnost širenja plamena,
- zadimljenost,
- toksičnost,
- naknadno tinjanje,
- raspucavanje materijala usled pojave unutrašnjih naprezanja,
- sposobnost promene agregatnog stanja - prelazak u tečno ili gasovito stanje.

Svi ovi faktori nemaju podjednak značaj za građevinsko drvo u požarnim uslovima. Mnogi od njih nisu uopšte prisutni. Na primer, faktori toksičnosti, topljenja i raspucavanja u odnosu na druge građevinske materijale daju drvetu izvanredne prednosti, dok ga faktori gorivosti, brzine širenja plamena, zadimljenosti i naknadnog tinjanja stavljaju u podređen položaj. Treba podvući činjenicu da je drvo organska materija koju karakterišu zapaljivost i sposobnost gorenja, a da je sačinjena pretežno od celuloze i lignina, organskih materija koje sadrže visoki procenat ugljenika. To objašnjava stav da je pogrešno insistirati na definiciji početka gorenja drveta pri povećanju spoljne temperature, jer se pojam gorivosti ne može odvojiti od pojma oksidacije drveta. Oksidacija drveta je prisutna na svim temperaturama što objašnjava uzroke promene boje drveta pri normalnim dnevnim temperaturama. Ponašanje drveta na temperaturama nižim od 275°C nije dovoljno objašnjeno, ali su promene na drvetu evidentne. Drvo gubi na težini i izrazito menja boju, što može biti samo posledica određenih hemijskih reakcija.

Temperatura zapaljivosti drveta zavisi od više faktora i od lokalnih uslova kojima je izloženo građevinsko drvo. Povećani sadržaj vlage u drvetu zahteva izvesnu količinu toplotne energije, koja je potrebna da najpre voda ispari iz drveta. Smatra se da drvo sa sadržajem vlage od preko 30% uopšte ne može da gori. Anatomski sastav drveta je takođe bitan faktor u definisanju zapaljivosti drveta. Porozno drvo, drvo sa manjom zapreminskom masom, lakše se pali od drveta sa većom masom i sa zbijenom strukturom, zbog povećane količine vazduha unutar drvne mase. Temperatura prihvatanja plamena za standardno građevinsko drvo iznosi 275°C i mora se usvojiti vrlo uslovno. Interesantno je analizirati ponašanje drveta na različitim temperaturama kojima može biti izloženo:
• *Temperatura manja od 100°C* - Na temperaturama manjim od 100°C očigledno je isparavanje vode iz drveta i isušivanje drveta. Ako spoljna temperatura pređe nivo od 100°C, temperatura drveta će ostati na nivou od 100°C sve dok ne ispari sva vlaga iz drveta.
• *Temperatura između 100°C i 275°C* - Pri povišenoj temperaturi drveta izdvajaju se gasovi koji sadrže oko 70% ugljen-dioksida (CO_2) i oko 30% ugljen-monoksida (CO) i destilati na bazi acida i alkohola. Drvo dobija braon boju.
• *Temperatura od 275°C* - Reakcija postaje postepeno egzotermična uz lagano oslobađanje toplote, a gasovi se iz drveta obilno izlučuju. Struktura izlučenih gasova se menja: procenat ugljen-dioksida naglo opada, a javljaju se ugljovodonici. Drvo dobija boju čokolade.
• *Temperatura iznad 350°C* - Izlučivanje gasova je manje obilno, ali su skoro svi zapaljivi. Procenat učešća ugljen-dioksida još više opada na račun ugljovodonika. Izdvaja se vodonik koji sa izlučenim gasovima stvara smešu vrlo zapaljivih gasova.
• *Temperatura viša od 450°C* - Pri ovakvim temperaturama iz površinskog sloja drveta naglo se izlučuju velike količine gasa. Ovaj gas, koji je izuzetno bogat vodonikom i ugljovodonicima, gori u prisustvu kiseonika iz vazduha, pri čemu se zagrevaju nove količine mase drveta, po dubini preseka mase drvenog uzorka. Ovo povećanje toplote izaziva nova izlučivanja i gorenje postaje progresivno.

Produkt ovakvog gorenja je crni i trošni ostatak drveta koji se naziva drvenim ugljem. Reakcija sagorevanja, kada jednom započne, održava se sve dok ima dovoljno prisutnog kiseonika i sve dok se delom izdvojene toplotne energije, nastale sagorevanjem, zagrevaju nove količine drveta unutar mase uzorka do tačke paljenja. Toplota, nastala sagorevanjem perifernih slojeva drvenog elementa, u najvećem delu se izdvaja zračenjem i gubi, a jedan mali deo se troši na zagrevanje unutrašnjih slojeva drveta. Ako se spoljni uslovi, u kojima dolazi do sagorevanja drveta ne menjaju i ako oni ne utiču na povećanje temperature sredine, onda će, usled vrlo slabe termičke provodljivosti drveta i drvenog uglja, stvorenog po površini uzorka, prestati dalje izlučivanje gorivih gasova i plamen će se ugasiti. Ova pojava objašnjava uzroke zbog kojih se nikako ne može održati reakcija sagorevanja izdvojenih drvenih uzoraka velikog poprečnog preseka i velike mase. U nedostatku spoljnih izvora toplote, izdvojeni uzorak drveta gubi zračenjem i strujanjem vazduha najveći deo toplote iz perifernih slojeva koji gore, zbog čega se temperatura uzorka naglo smanjuje, pada ispod kritične tačke od 275°C i plamen se gasi. U suprotnom, kada su uslovi takvi da se toplota nastala sagorevanjem ne gubi naglo, proces sagorevanja se nastavlja. Ako je više komada drveta izloženo procesu sagorevanja, ono će se vrlo uspešno nastaviti, jer će se zračenjem (toplota nastala sagorevanjem jednog komada drveta) preneti na susedni komad i obrnuto, što pospešuje izdvajanje i izlučivanje zapaljivih gasova iz unutrašnjih slojeva drveta. Sposobnost brzog gorenja površinskih slojeva drveta, obrazovanje ugljenične opne po površini usled nastalog

sagorevanja i, najzad, gašenje plamena kod pojedinačnih elemenata su važne karakteristike drveta u drvenim strukturama izloženim opasnostima od požara. Konstruktivni sistem u drvetu će goreti samo u slučaju dovođenja dovoljnih količina toplote sa strane. Ugljenični sloj, koji se stvara na površini drvenog uzorka izloženog sagorevanju, ima značajnu ulogu u zaštiti drveta od požara. Zahvaljujući vrlo slaboj termičkoj provodljivosti, on štiti susedne unutrašnje slojeve od uticaja toplote i drvo unutar elementa koji je izložen gorenju ima normalnu početnu temperaturu, čak i kod vrlo velikih požara. Brzina stvaranja ugljeničnog sloja, odnosno brzina sagorevanja drveta po površini uzorka je različita i zavisi od više faktora: od zapreminske mase drveta, zbijenosti strukture i anatomskog sastava drveta, procenta vlage u drvetu, geometrije poprečnog preseka uzorka i naponskog stanja kojem je izložen element konstruktivnog sistema. Srednje vrednosti brzine sagorevanja drveta određene su standardima i normama i iznose:

V1 = 0.6 mm/min ili 3.6 cm/h, za sve vrste drveta osim za hrastovinu i
V2 = 0.3 mm/min ili 1.8 cm/h, za hrastovinu.

Uticaj povišenih temperatura na mehaničke osobine drveta

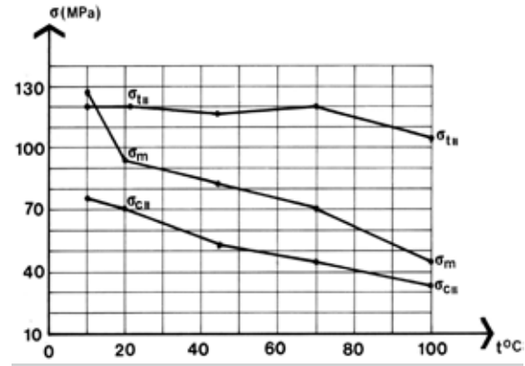
Protivpožarna rezistencija konstruktivnog sistema u drvetu zavisi od uslova ponašanja drveta u požarnim uslovima. Meri se vremenskim jedinicama, a pri oceni otpornosti vrednuju se sledeći parametri:
- visina temperature na nezagrejanoj strani elementa,
- pojava pukotina u elementu,
- prodor plamena,
- sposobnost nošenja opterećenja,
- veličina ugiba i deformacija.

- Stečena iskustva pri delovanju požarnih uslova i rezultati ispitivanja pokazuju da klasični konstruktivni sistemi u drvetu imaju požarnu rezistenciju od 20 do 70 minuta. To znači da u vreme trajanja požara i požarnih uslova nije došlo do slabljenja elemenata noseće konstrukcije, njihovog popuštanja i rušenja pod mogućim opterećenjem u naznačenom vremenskom intervalu. U odnosu na ponašanje čelika u odgovarajućim uslovima, drvo iako goriv materijal, ima mnogo bolju poziciju. Ispitivanja koja su vršena u laboratoriji SCTB u Parizu, čiji su rezultati prezentovani u Tabeli B.1, pokazuju superiorniju otpornost i nezaštićenog i zaštićenog stuba od drveta u odnosu na odgovarajući čelični stub pod istim opterećenjem od 100.0 kN i pod istim požarnim opterećenjem. Ta prednost drvenih konstrukcija nad čeličnim konstrukcijama u zadatim uslovima se objašnjava uticajem povišenih temperatura na mehaničke karakteristike materijala. Dok su više temperature pogubne po čelik, koji na temperaturama između 400°C i 550°C gubi svaku mehaničku čvrstoću, a vrednost modula elastičnosti je bliska nuli, drvo na tim temperaturama unutar svog preseka još uvek ima praktično nepovišenu temperaturu. Čvrstoća drveta na zatezanje se vrlo malo menja. Na temperaturi od 100°C pad čvrstoće na zatezanje iznosi oko 10%. Na toj istoj temperaturi čvrstoća na savijanje je nešto manja i njena vrednost iznosi oko 68% od početne čvrstoće. Najveću redukciju čvrstoće pri temperaturi od 100°C ima drvo koje je izloženo centričnom pritisku i ona iznosi 50% od početne čvrstoće na pritisak. Treba obratiti pažnju da i pri ovakvom padu čvrstoće drveta pri povišenoj temperaturi nosivost drveta bez grašaka je i dalje vrlo visoka i iznosi:
- pri zatezanju σ_{tII} = 104 MPa
- pri savijanju σ_{m} = 104 MPa
- pri pritisku σ_{cII} = 104 MPa

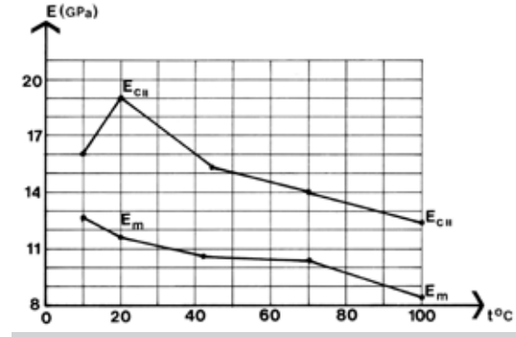
Povišena temperatura ima uticaja i na promenu modula elastičnosti drveta. Iz dijagrama na Slici II-6. se vidi da moduo elastičnosti na savijanje pri temperaturi od 100°C ima vrednost koja iznosi 65% od početne vrednosti. Moduo elastičnosti podužnog pritiska na toj istoj temperaturi ima vrednost koja iznosi 70% od početne vrednosti. Tok dijagrama vrednosti modula elastičnosti podužnog pritiska pri promeni temperature je interesantan, jer pokazuje da je vrednost modula elastičnosti najveća po vrednosti pri temperaturi od 20°C. Za teorijsko određivanje uticaja povišenih temperatura na promenu modula elastičnosti bitna je činjenica da su samo površinski slojevi uzorka drveta pod uticajem povišene temperature, da je unutar drvne mase temperatura dovoljno niska i da ukupni uticaj nije od praktičnog značaja, što je potvrđeno analizom dobijenih rezultata ispitivanja drvenih uzoraka. Mala odstupanja u odnosu na računske vrednosti deformacija pokazuju da su razlike na strani sigurnosti.

Tabela B.1. Uporedna analiza protivpožarne rezistencije drvenog i čeličnog stuba

VRSTA ZAŠTITE	Protivpožarna rezistencija	
	Stub od tvrdog drveta dimenzija poprečnog preseka b/d = 15/15 cm, visine H = 230 cm	Stub od valjanog čeličnog profila HN-100 mm, visine H = 250 cm
Nezaštićen stub	52 min	10 min
Stub zaštićen oblogom od gipsa d = 1.0 cm	81 min	69 min
Stub zaštićen oblogom od gipsa d = 2.0 cm	118 min	95 min



Sl. B.26. Dijagram pada čvrstoće drveta na zatezanje, savijanje i pritisak pri povećanju temperature do t = 100°C



Sl. B.27. Dijagram promena vrednosti modula elastičnosti drveta na podužni pritisak i na savijanje pri povećanju temperature do t = 100°C

Minimalne dimenzije poprečnog preseka pritisnutog štapa u požarnim uslovima

Proračun otpornosti pritisnutih štapova svodi se na određivanje minimalnih dimenzija poprečnog preseka koje garantuju stabilnost štapa pod opterećenjem za određeno vreme trajanja požarnih uslova ili se svodi na određivanje vremena koje može jedan opterećeni element da izdrži u požarnim uslovima. Pri proračunu otpornosti aksijalno pritisnutih štapova moraju se odrediti vrednosti kritičnog normalnog napona podužnog pritiska i vrednosti kritične dužine izvijanja štapa. Za usvojene vrednosti ovih parametara:

$\sigma_{cIIcrit}$ = 30 MPa i
λ_{crit} = 30 MPa

a u zavisnosti od načina veza štapa na njegovim krajevima i stvarnih normalnih napona podužnog pritiska usled normalne sile, u tabelama B.2. i B.3. su date minimalne dimenzije poprečnog preseka štapa i vreme protivpožarne rezistencije. Vrednosti kritičnog napona su utvrđene na bazi obimnih istraživanja ponašanja pritisnutih štapova u požarnim uslovima. Vrednost kritične vitkosti štapa je utvrđena tehničkim normama i standardima za drvo. Ako se poprečni presek ne podudara po obli-

ku ni sa jednim od preseka definisanih u tabelama B.4. i B.5, onda se minimalne dimenzije poprečnog preseka, dobijene iz uslova opterećenja štapa i uslova obezbeđenja njegove stabilnosti, povećavaju za po 4.0 cm, za protivpožarnu otpornost od 30 minuta, prema izrazu:

$$b = b_{st} + 4.0 \text{ (cm)}$$

gde je: b_{st} - statički potrebna dimenzija poprečnog preseka štapa.

Tabela B.2. Minimalne dimenzije pravougaonog poprečnog presek pritisnutih štapova od masivnog drveta sa dužinom izvijanja Li≤4.0 m

Vrednost normalnog napona podužnog pritiska prema izrazu $\sigma_{cll} = \omega \cdot N/A$	Minimalne dimenzije manje strane poprečnog pravougaonog preseka za protivpožarnu otpornost od 30 min
≤ 11.0 MPa	24.0 cm
= 8.5 MPa ≥ 5.0 MPa	22.0 cm 20.0 cm
Međuvrednosti se dobijaju linearnom interpolacijom	

Minimalne dimenzije poprečnog preseka štapa opterećenog momentom savijanja u požarnim uslovima

Elementi konstrukcije koji su napregnuti na savijanje mogu u požarnim uslovima biti napadnuti sa tri ili četiri strane po svom obimu. Iz tih uslova se i može odrediti protivpožarna otpornost elemenata konstrukcije. Osnov za proračun vremena otpornosti je brzina gorenja drveta, čime je definisan redukovani poprečni presek, odnosno redukovani otporni momenat poprečnog preseka i vrednost kritičnog napona savijanja. Vrednosti kritičnog normalnog napona savijanja su:

$$\sigma_{mcrit} = 34.0 \text{ MPa}$$

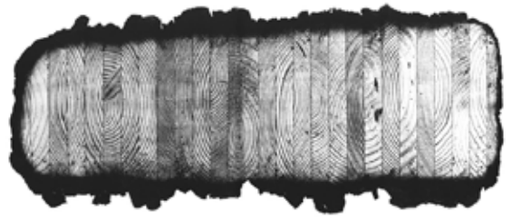
za dejstvo požara sa tri strane po obimu poprečnog preseka štapa

$$\sigma_{mcrit} = 28.5 \text{ MPa}$$

za dejstvo požara sa sve četiri strane po obimu poprečnog preseka štapa napregnutog na savijanje. Na slici B.28. je prikazan uzorak drvene grede koja je bila podvrgnuta ispitivanju protivpožarne otpornosti na temperaturi od 925°C. Rezultati ispitivanja izvanredno ilustruju visoku otpornost drveta u požarnim uslovima.Visoka spoljna temperatura od 925°C u trajanju od 1.0 h efektivno je smanjila masu drveta za 39.3%, ali je u statičkom smislu nosač za sve to vreme nosio puno zadato opterećenje. Eksperiment je izveden u laboratoriji SCTB u Parizu, a osnovni elementi nosača su sledeći:

- raspon grede L = 3.60 m,
- intenzitet koncentrisane sile u sredini raspona F=95 kN,
- početni poprečni presek grede b/h = 216/650mm
- poprečni presek zdravog drveta nakon eksperimenta b/h = 145/650 mm,
- deformacija grede - ugib u sredini raspona na kraju eksperimenta:
- fmax=44.0 mm

Eksperiment je trajao 1.0 h i prekinut je u uslovima kada nosaču još nije pretio slom. Za praktično određivanje otpornosti drvenih štapova opterećenih momentom savijanja u požarnim uslovima može se primeniti Tabela B.5, gde se minimalne dimenzije poprečnog preseka određuju iz uslova stvarnih normalnih napona savijanja u opterećenom štapu i načina na koji požar deluje po omotaču nosača.



Sl. B.28. Poprečni presek štapa izloženog požaru u trajanju od 60 min



Sl. B.29. Primer postojanosti drvene konstrukcije objekta zahvaćenog požarom

Uslovi tehničke protivpožarne zaštite drvenih struktura

Drvo je materijal koji ima visoki stepen protivpožarne rezistencije, ali koji ipak ne može uvek da zadovolji sve uslove i zahteve zaštite od požara. Protivpožarna sredstva zaštite moraju da doprinesu produžetku vremena otpornosti konstrukcije od trenutka pojave požara, pa do eventualnog urušavanja delova konstrukcije ili konstrukcije u celini, kako bi se blagovremeno mogla organizovati evakuacija i spasavanje ljudi i materijalnih dobara iz ugroženog objekta. Protivpožarna sredstva i preduzete mere ne mogu potpuno zaštititi drvo

Tabela B.3. Minimalne dimenzije poprečnog preseka pritisnutih štapova od lepljenog lameliranog drveta za dužine izvijanja: A / $L_i = L_0$ (obostrana zglobna veza); B / $L_i = 0.65 \cdot L_0$ i $L_i = 0.8 \cdot L_0$

Odnos strana poprečnog preseka	Vrednost normalnog napona $\sigma_{cll} = \omega \cdot N/A$	Dužina izvijanja štapa	Minimalne dimenzije manje strane pravougaonog poprečnog preseka ili strane kvadrata (cm) za protivpožarnu rezistenciju od			
			30 min		60 min	
	MPa	m^1	A	B	A	B
d / b = 1 kvadrat	≤ 11.00	$L_i \le 2.0$	16.0	15.0	24.0	23.0
		$L_i = 7.0$	20.0	17.0	34.0	28.0
	= 8.50	$L_i \le 2.0$	14.5	14.0	21.5	21.0
		$L_i = 7.0$	17.5	15.5	29.5	25.0
	≤ 5.00	$L_i \le 2.0$	12.0	12.0	18.0	18.0
		$L_i = 7.0$	14.0	13.0	23.0	21.0
	MPa	m^1	A	B	A	B
d / b = 2 pravougaonik	≤ 11.00	$L_i \le 2.0$	14.0	14.0	22.0	21.0
		$L_i = 7.0$	18.0	16.0	31.0	26.0
	= 8.50	$L_i \le 2.0$	13.0	13.0	20.0	19.5
		$L_i = 7.0$	16.0	14.5	27.0	23.0
	≤ 5.00	$L_i \le 2.0$	12.0	11.5	17.0	17.0
		$L_i = 7.0$	13.0	12.0	21.0	19.0

Tabela B.4. Minimalne dimenzije elemenata razuđenog poprečnog preseka pritisnutih štapova od lepljenog lameliranog drveta

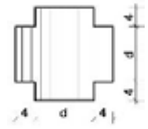
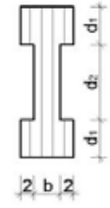
Vrednost normalnog napona (MPa) $\sigma_{cII} = \omega \cdot N/A$	Minimalne dimenzije poprečnog preseka (cm) krstastog stuba i stuba "I" preseka za protivpožarnu rezistenciju od			
		30 min	60 min	
≤ 11.00	d	12.0	18.0	
= 8.50	d	10.0	16.0	
≤ 5.00	d	7.0	14.0	
≤ 11.00	d_1 d_2 b	10.0 12.0 12.0	14.0 20.0 20.0	
= 8.50	d_1 d_2 b	9.0 11.0 11.0	13.0 18.0 18.0	
≤ 5.00	d_1 d_2 b	8.0 10.0 10.0	12.0 15.0 15.0	
Sve međuvrednosti se dobijaju linearnom interpolacijom				

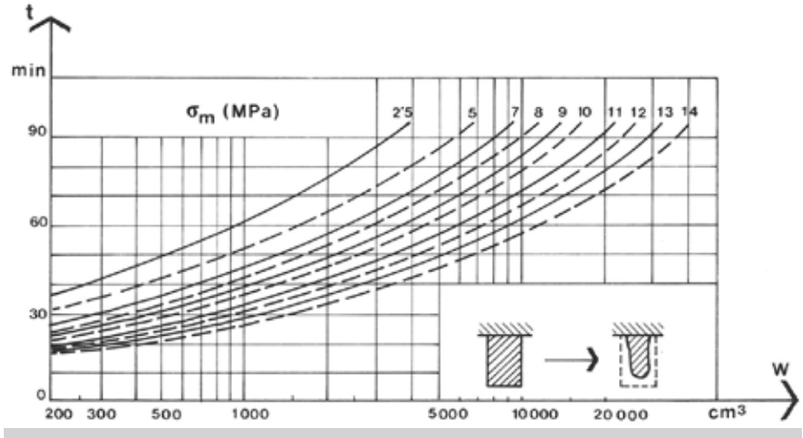
Tabela B.5. Minimalne dimenzije pravougaonog poprečnog preseka nosača napregnutog na savijanje

Vrsta drveta	rednost normalnog napona savijanja σ_{cII} (Mpa)	Protivpožarna otpornost od 30 min				Protivpožarna otpornost od 60 min			
		Uticaj gorenja po obimu preseka							
		tri strane		četiri strane		tri strane		četiri strane	
		b	h	b	h	b	h	b	h
Masivno drvo	13.00	15	26	16	30	30	52	32	60
	10.00	12	20	13	24	24	40	26	48
	7.00	9	16	10	20	20	32	22	40
	3.00	8	14	9	18	18	24	20	32
Lepljeno lamelirano drvo	14.00	14	26	15	31	28	52	30	62
	11.00	11	20	12	25	22	40	24	50
	7.00	8	15	9	19	16	30	18	38
	3.00	8	12	8	16	14	22	16	30
Sve međuvrednosti se dobijaju linearnom interpolacijom									

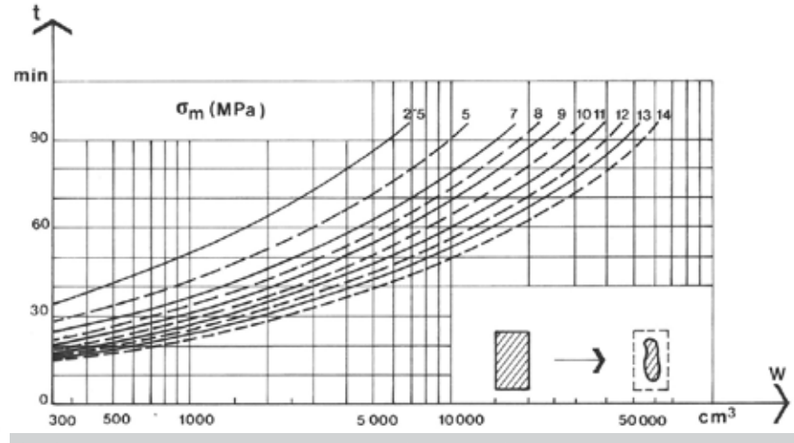

a


b

Sl. B.32a,b. Postojanost drvene konstrukcije u požaru



Sl. B.30. Dijagram protivpožarne rezistencije drvenog štapa opterećenog na savijanje u zavisnosti od veličine otpornog momenta poprečnog pravougaonog preseka za uticaj gorenja sa tri strane po obimu štapa



Sl. B.31. Dijagram protivpožarne rezistencije drvenog štapa opterećenog na savijanje u zavisnosti od veličine otpornog momenta poprečnog pravougaonog preseka za uticaj gorenja sa četiri strane po obimu štapa

i elemente drvene konstrukcije od požara, ali i te kako mogu sprečiti neželjene efekte pojave požara. Iz tih razloga su propisani uslovi primene drvenih struktura u objektima, uslovi zaštite i mere predostrožnosti od pojave požara. Organizovanje protivpožarnih službi obezbeđenja i javljanja ima izvanredan značaj za sigurnost i postojanost drvenih objekata u ma kako oštro postavljenim zahtevima eksploatacije objekata.

Najjednostavniji način zaštite konstruktivnih elemenata od delovanja požara je pravilno koncipiran konstruktivni sistem i pravilno izvedeno dimenzionisanje poprečnih preseka noseće strukture. Elementi drvene strukture većih raspona imaju, iz statičkih razloga, značajnu površinu poprečnog preseka. Ovakvi elementi imaju visoki stepen protivpožarne otpornosti zbog sporog sagorevanja površinskih slojeva drvne mase. To ukazuje da će u požarnim uslovima svaki od elemenata u konstruktivnom sistemu, proporcionalno svojim dimenzijama poprečnog preseka, imati i odgovarajuću protivpožarnu otpornost. Kako je sigurnost objekta u direktnoj zavisnosti od sigurnosti najslabijeg elementa u sistemu, to je i iz protivpožarnih razloga određena najmanja potrebna površina poprečnog preseka drvenog štapa koja garantuje određenu vatrootpornost. Tako koncipiran sistem ne iziskuje nikakve posebne mere obezbeđenja od požara, ni za vreme gradnje objekta, ni u doba eksploatacije. Najmanje preseke konstruktivnih elemenata, koji su određeni iz uslova sigurnosti na dejstvo stalnih i korisnih opterećenja, treba ispitati po već ustaljenim i priznatim principima protivpožarne zaštite i eventualno korigovati njihove dimenzije, što višestrano može povećati sigurnost konstrukcije. Drveni objekti velikih raspona, znatnih dimenzija poprečnih preseka konstruktivnih elemenata su vrlo stabilni na dejstvo požarnih opterećenja i oni samim tim ne zahtevaju nikakve posebne zahvate u osiguranju protivpožarne otpornosti - oni su sami po sebi sigurni i u najoštrijim uslovima.

Sredstva hemijske zaštite drveta od požara

Pri zagrevanju drveta najpre se iz površinskih slojeva drveta izdvaja vlaga u obliku vodene pare, a zatim počinje proces hemijskog razlaganja organskih materija uz izlučivanje lako zapaljivih ugljovodoničnih jedinjenja, kao što su etan i metan. Pri daljem zagrevanju drveta javljaju se proizvodi pirolize (špiritus, aceton, smole), da bi na kraju ostao čvrsti ugljenični ostatak - drveni ugalj. Na osnovu ovakvih karakteristika sagorevanja drveta zasniva se i njegova hemijska zaštita od požara. Ona se sastoji u tome da se negativne osobine drveta svedu na što manju meru. Drvo se može zaštititi samo na taj način što će se smanjiti ili potpuno isključiti uticaj delovanja niskokaloričnih izvora gorenja, što će sprečiti nekontrolisani razvoj požara. Pod pojmom zaštitnih hemijskih sredstava podrazumevaju se oni industrijski proizvodi koji se u požarnim uslovima raspadaju pri vrlo niskim temperaturama. Raspadanje ove materije po celoj površini uzorka stvara povećanu količinu tvrdog ostatka gorenja i smanjuje izlučivanje novih količina gorivih gasova. Jednovremeno se razvijaju negorivi gasovi, koji smanjuju koncentraciju izlučenih gasova i stvaraju takvu smešu gasova koja neće biti zapaljiva. Svi ovakvi hemijski proizvodi moraju imati dobru postojanost, ne smeju biti osetljivi na vlagu, ne smeju biti rastvorljivi u vodi i ne smeju isparavati. Izuzetno je značajno da primenjeni proizvodi za zaštitu drveta u požaru ne smeju biti toksični - opasni po ljude i životinje.

Moderna tehnologija poznaje dve vrste zaštite drveta hemijskim sredstvima: zaštitu bojenjem (površinska zaštita) i zaštitu impregnacijom (dubinska zaštita). Kao antipiri - sredstva za zaštitu drveta - upotrebljavaju se sledeća hemijska sredstva, samostalno ili u kombinaciji sa drugim materijalima:

- *BORAKS* (natrijumova so borne kiseline) dobar je antipir. Pri sagorevanju se pretvara u staklastu masu. Upotrebljava se u kombinaciji sa drugim materijalima.
- *BORNA KISELINA* je dobro zaštitno sredstvo protiv požara, a ujedno je i dobar antiseptik. Na višim temperaturama se pretvara u staklastu masu.
- *DIAMONIJUM FOSFAT* dobro štiti drvo od prihvatanja plamena, posebno od produženog tinjanja po uklanjanju plamena.
- *AMONIJUM SULFAT* se topi na 357°C i raspada se na inertne gasove. Razorno deluje na metale, te je opasan po okov.
- *CINK HLORID* se upotrebljava u kombinaciji sa drugim materijalima. Higroskopan je, razorno deluje na metale, a drvetu smanjuje mehaničku čvrstoću.
- *AMONIJUM HLORID* se mora primenjivati u smeši sa drugim materijalima, jer već pri 385°C postaje zapaljiv uz izlučivanje mnogih gasova. Lako isparava.

Razni proizvođači pod raznim imenima, kao sto su ALBI P 8, PYROSTOP, PYROMORS itd. isporučuju tržištu ove proizvode čije se karakteristike razlikuju, pa se i upotrebljavaju u različite svrhe:

- kao zaštita elemenata konstrukcije koji su izloženi atmosferskim uticajima, jer su postojana u tim uslovima i
- kao zaštita elemenata unutar objekta, jer su nepostojana na dejstvo atmosferilija.

Sva ova zaštitna sredstva naneta u količini od 300 do 500 gr/m2 omogućuju odlaganje prihvatanja plamena izazvanog gorenjem rasutog benzina u manjim količinama, izazvanog grejanjem objekta ili kvarovima na električnim postrojenjima koji se manifestuju kao gorenje, i time štite konstrukciju u drvetu od niskokaloričnih izvora požara. Naneti slojevi deluju na tri načina:

- bubrenjem naneti premaz se pretvara u gustu penu usled pojave niza različitih hemijskih reakcija, za šta je potrebna određena količina toplotne energije, a da se pri tom izdvajaju hladni inertni gasovi,
- pretvaranjem u čvrsti 2 - 3 cm debeli sloj mase koja kao termički izolator štiti drvo od daljeg zagrevanja,
- stvaranjem sloja pene koja sprečava dotur kiseonika drvetu i time eliminiše osnovni uslov za pojavu plamena i gorenja.

Pored nanošenja zaštitnih sredstava premazivanjem, drvo se može zaštititi i dubinski impregnisanjem u autoklavima pod pritiskom 8 - 18 bara, u trajanju od 2.0 do 20.0 h, čime se dobija vrlo teško goriv materijal. Ovaj način zaštite drveta je vrlo skup i primenjuje se retko, samo kod vrlo ugroženih elemenata drvene konstrukcije, pod uslovom da se isključe svi drugi uslovi zaštite kao mogući. Impregnacija se mora vršiti na već oblikovanom nosaču, a mora se imati u vidu da ova vrsta protivpožarne zaštite smanjuje čvrstoću drveta za oko 20%.

Ostali načini zaštite drveta od požara

Vrlo dobra protivpožarna zaštita drvene konstrukcije može se obezbediti oblaganjem vatrostalnim materijalima ili slojevima različitih maltera. Ovaj način osigurava dobru termičku zaštitu drveta, ali je sa estetskog stanovišta najčešće neprihvatljiv.
Kao zaštitni materijali upotrebljavaju se malteri na bazi gipsa sa dodatkom ili bez dodatka agregata, na bazi kreča i cementa sa dodatkom agregata kao što su: pesak, perlit, keramizit i drugo. Loše strane ovakve zaštite su teškoće u efikasnom pričvršćivanju maltera za glatku površinu drveta i mala otpornost obloge na mehanička oštećenja. Ukoliko se zaštita vrši oblaganjem gotovim pločama od gips-kartona ili zidanjem zida od opeke, vatrootpornost i vrlo malih elemenata konstrukcije može da dostigne nivo od 60 min.

Savremenim tehničkim i organizacionim merama može se, dakle, zaštititi čovek i čovekova materijalna dobra od opasnosti od požara na sasvim zadovoljavajući način, efikasno i bez ikakvog rizika. Ako se tome pridodaju posebne mere pri nameni, projektovanju i izvođenju objekta sa konstrukcijom od drveta, onda se sa sigurnošću može graditi u drvetu, iako je to materijal koji je u biti goriv i podložan sagorevanju.

KONSTRUKTIVNI SISTEMI U LEPLJENOM LAMELIRANOM DRVETU

Savremeni tokovi u arhitektonskom projektovanju i konstruisanju odredili su poseban status projektantu konstrukcije, konstruktoru, u okviru tima projektanata. Ekonomska, posebno energetska kriza, koja je danas prisutna i u domenu arhitekture i građevinarstva koriguje delatnost konstruktora, obogaćuje funkciju klasičnog statičara i dodeljuje mu odgovornu ulogu projektanta konstruktivnog sistema. Odgovornost koju na taj način konstruk-

tor preuzima i deli sa ostalim učesnicima u procesu projektovanja, u odnosu na funkcionalnost objekta, njegovo oblikovanje i ekonomičnost gradnje, veoma je velika. Njegov rad nikako ne sme da se svede na rutinsku izradu statičkog proračuna, uobičajeno dimenzionisanje preseka i proveru stabilnosti elemenata konstruktivnog sistema, odnosno na dokaze globalne stabilnosti ukupnog sistema. Pogotovo ne danas kada je tehnika pružila projektantima izvanrednu elektronsku opremu koja tačnije i brže obavlja najveći deo "fizičkog posla" u okviru razrade projektne dokumentacije za konstrukciju objekta.

Od savremenog konstruktora se s pravom zahteva sveobuhvatna analiza funkcionalnih zahteva, oblikovnih rešenja, tehničko-ekonomskih uslova pri izboru odgovarajućeg građevinskog materijala u kome će biti realizovana nosiva struktura objekta. Konstruktor, dakle, mora biti u stanju da sarađuje sa članovima projektantskog tima pri rešavanju svih zadataka koji su im povereni, a koji se odnose na oblikovanje objekta, na zadovoljenje funkcionalnih i upotrebnih zahteva u svim fazama nastajanja i eksploatacije objekata. Uspešno izabran i primenjen konstruktivni sistem doprinosi punoj vrednosti projekta i kvalitetu izvedenog objekta. Ta činjenica dobija još veći značaj kada se radi o realizaciji konstruktivnih sistema u lepljenom drvetu, jer je drvo građevinski materijal koji zahteva od projektanta prepoznavanje svih fizičkih, tehničkih i tehnoloških osobina drveta, kao i ponašanje drveta u konstrukciji.

Objekti ostvareni u ovoj tehnici, rešavanjem sistema konstruktivnog sklopa, dobijaju i u najvećem delu definisanu arhitekturu unutrašnjeg prostora. Zbog toga projektant objekta i konstruktor moraju tesno da sarađuju. Oblikovanje unutrašnjeg prostora mora biti unapred rešeno u kombinaciji sa konstruktivnim sistemom, jer svaki pa i najmanji tehnički detalj veze, oslonca ili neophodni spreg za ukrućenje može imati izvanredan uticaj na konačni utisak koji stiče korisnik objekta. Drugi deo odgovornog zadatka koji stoji pred projektantom konstruktivnog sklopa u celini dobija takođe, poseban značaj, jer zahteva pedantan i pažljiv tretman ukupnog sistema konstrukcije. To podrazumeva prethodni izbor optimalnog statičkog sistema, pravilnu procenu uzajamnog dejstva konstruktivnih elemenata i sklopova, procenu uticaja opterećenja na objekat, i pažljiv i pedantan postupak u dimenzionisanju elemenata konstrukcije i postupak provere deformacija i napona u njihovim poprečnim presecima. Rezultati takve detaljne analize statičkog i konstruktivnog sistema pružaju mogućnost za usvajanje najmanjeg dozvoljenog koeficijenta sigurnosti, što daje puni ekonomski efekat. To predstavlja jedan od najvažnijih pokazatelja pravilnog i ispravno usvojenog konstruktivnog sistema. Delatnost projektanta konstruktivnog sistema pri ovakvom opredeljenju u prilazu realizaciji konstruktivnog sistema vrlo je kompleksna, odgovorna i značajna akcija koja karakteriše odnos onih koji stvaraju arhitekturu prema onima koji koriste rezultate tog stvaralaštva.

Savremeni konstruktivni sistemi u drvetu i u lepljenom lameliranom drvetu pružaju izvanredne mogućnosti projektantima u iznalaženju optimalnih rešenja konstrukcija objekata. Međutim, put do ispravnih rešenja i izbora optimalnog sistema nije nimalo lak, ni jednostavan, jer je pred projektantom često niz veoma protivurečnih uslova koji proističu iz prirode lepljenog lameliranog drveta, jer je to proizvod jednog strogo utvrđenog tehnološkog postupka. Objekti su montažni u punom smislu te reči, a neophodne veze se izvode pod vrlo teškim okolnostima na samom gradilištu. Transport i montaža elemenata konstrukcije parametri su od kojih može da zavisi realizacija projekta. Zbog toga je rad na projektovanju i izvođenju konstrukcija od lepljenog drveta čin koji zahteva od projektanta veoma veliko angažovanje i predani rad.

Konstruktivni sistemi koji se najčešće primenjuju za materijalizaciju krovnih struktura i nosivih struktura objekata su, po pravilu linijski nosači, a potpuno su prilagođeni posebnim tehničkim i tehnološkim zahtevima i podređeni transportnim uslovima. Transport može često imati bitnog uticaja na izbor konstruktivnog sistema objekta, jer su gabariti konstrukcije, koja se proizvodi u fabrici, a montira na licu mesta, na gradilištu, limitirani saobraćajnim uslovima i saobraćajnim propisima. Naši putevi dozvoljavaju transport elemenata maksimalne dužine do 35.0 m od fabrike lepljenih konstrukcija do lokacije objekta. Kod objekata većih raspona u konstruktivnom sistemu se moraju predvideti montažni nastavci ili se sistem mora tako koncipirati da se na određenim mestima pojave zglobne veze štapova, koje se lako realizuju na gradilištu. Zbog toga Gerberov nosač, kao statički sistem, doživljava svoj ponovni uspon. Lučni nosači, sa pravim ili zakrivljenim štapovima sa zategom ili bez nje, najčešći su LLD statički sistemi. Činjenica da LLD štapovi ne



Sl. B.33. Krovna konstrukcija plivačkog bazena u obliku hiperboličnog pataboloida



Sl. B.34. Efektno koncipiran i primenjen sistem konstrukcije u lepljenom lameliranom drvetu sa izrazitim hijerahijskim odnosom dimenzija štapova u prihvatanju krovnog opterećenja



Sl. B.35. Sportska dvorana u Astrahanu, Rusija



Sl. B.36. Drvena ljuska u obliku hiperboličnog paraboloida



Sl. B.37a,b. Teniske dvorane sa LLD konstrukcijom krova



Sl. B.38a,b. Naboraste konstrukcije u lepljenom lameliranom drvetu (LLD)



Sl. B.35. Sportska dvorana u Astrahanu, Rusija

moraju biti ravni i da se mogu izvoditi sa jednostrukom, dvostrukom ili višestrukom krivinom, a da to ne zahteva poseban tehnološki napor pri izvođenju i da je tehnika gradnje u svemu montažna, znači da drvo pruža projektantima mogućnosti posebnog izražavanja, a konstruktorima mogućnost prilagođavanja sistema najprirodnijem toku stila. Ima pokušaja vrednih pažnje de se ostvare sistemi kakvi su, na primer, krute lančanice, rebrasti hiperbolični paraboloidi, sandučasti preseci u drvetu ili sistemi u kombinaciji drveta i furnirskih ploča, pa čak i ljuske u drvetu sa postavljanjem lamela u više nivoa, sa orijentacijom vlakanca u više pravaca i njihovom međusobnom mehaničkom vezom. Treba istaći da rasponi i preko sto metara ne predstavljaju nikakav tehnološko-tehnički problem, čak ni u našim domaćim razmerama. Kako je lepljeno lamelirano drvo industrijski proizvod koji podleže brojnim kontrolama i testovima, nikako se ne sme sumnjati u standardnost kvaliteta, što omogućuje veoma racionalno korišćenje materijala.

Kod lepljenih lameliranih konstrukcija je teško potpuno odvojiti sisteme krovnih struktura od konstruktivnog sklopa objekta. Konstruktivni sklopovi koji karakterišu sisteme u lepljenom lameliranom drvetu su takvog tipa da jedan autonomni elemenat konstrukcije predstavlja sintezu stuba i krovnog nosača ili sintezu krovnog i plafonskog nosača ili je to elemenat koji je delimično u funkciji stuba, duž svoje ose i, delimično, krovni nosač. Nosive strukture se mogu podeliti na više karakterističnih konstruktivnih sistema:

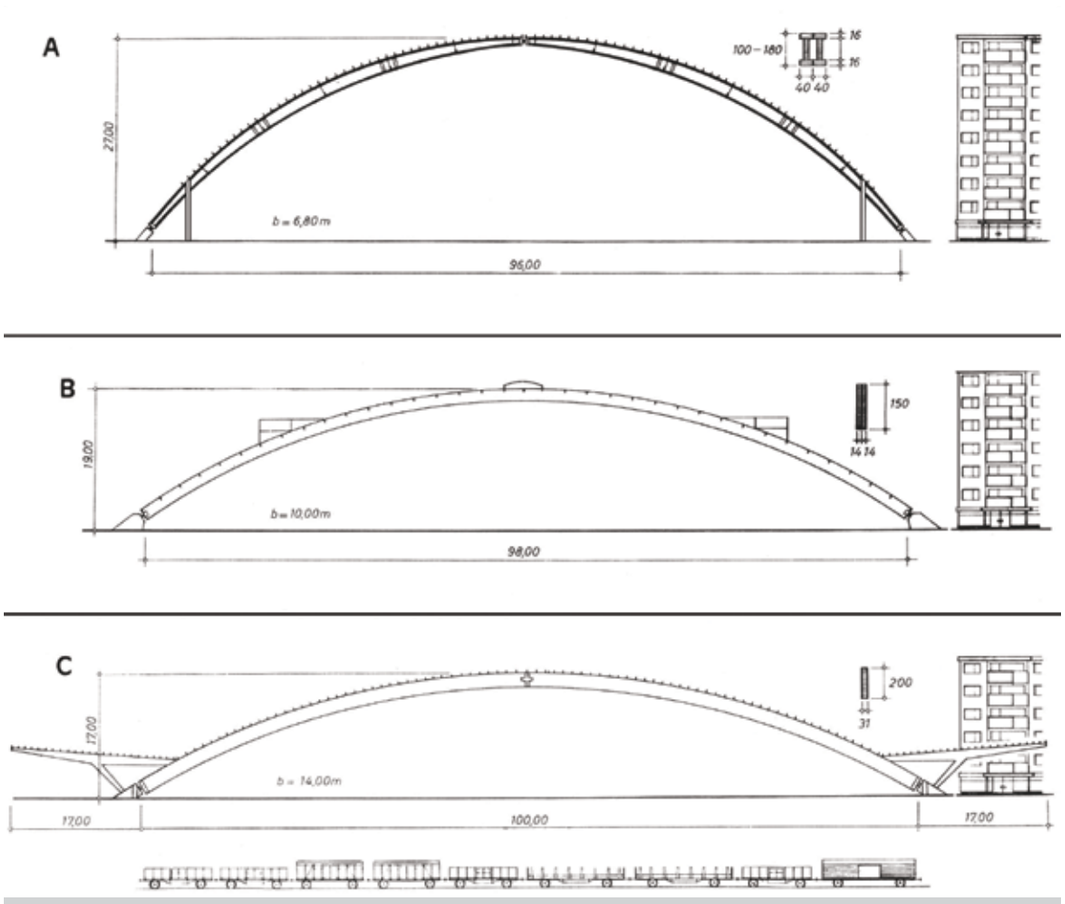
a. Gredni sistemi,
b. Dvovodni dvozglobni i trozglobni sistemi konstrukcija.
c. Poligonalni dvozglobni i trozglobni sistemi konstrukcija,
d. Dvozglobni i trozglobni lučni sistemi konstrukcija.
e. Konzolni sistemi,
f. Zategnuti gredni sistemi,
g. Sistemi visećih konstrukcija.

Svaki od konstruktivnih sistema, po ovoj podeli, može se dalje razvrstati na podsisteme, na grupe i podgrupe konstruktivnih elemenata, prema konfiguraciji štapova u statičkom sistemu, prema nosećoj ulozi drvenih elemenata u ukupnoj konstrukciji ili prema konstruktivnom nivou drvenog nosača:

[a] Gredni sistemi

U podsisteme grednih nosača spadaju svi oni nosači koji odgovaraju statičkom sistemu proste grede, kontinualne grede i Gerberove grede i koji se nalaze isključivo u krovnoj ili međuspratnoj strukturi, a klimatska i stalna opterećenja predaju stubovima ili drugoj nosivoj konstrukciji objekta, s tim da je sistem oslanjanja prilagođen statičkom sistemu:

a.1. Drveni stubovi
a.2. Kontinualni nosač sa konstantnom visinom poprečnog preseka,



Sl. B.40. Lukovi najvećih raspona izvedenih u Evropi u tehnici lepljenog lameliranog drveta



Sl. B.41. Poligonalna - kolenasta prosta greda - bumerang oblik

a.3. Kontinualni nosač sa promenljivom visinom poprečnog preseka,
a.4. Gerberov nosač,
a.5. Prosta vešaljka,
a.6. Prosta poduprta greda-prosto podupiralo,
a.7. Rešetkasti nosač,
a.8. Prosta greda sa promenljivom visinom poprečnog preseka,
a.9. Poligonalna prosta greda,
a.10. Kasetirana konstrukcija - roštilj,
a.11. Nabor i
a.12. Cilindrična ljuska.

[b] Dvovodni dvozglobni i trozglobni sistemi konstrukcija

Ovaj podsistem obuhvata jednostavne oblike trozglobnih konstruktivnih sistema sa pravim osama štapova koji stoje u ravni ili u prostoru i sisteme trozglobnih nabora (Sl. B.44):

b.1. Simetrični trozglobni nosač bez zatege,
b.2. Trozglobni nosač sa zategom u nivou oslonaca,
b.3. Trozglobni luk sa raspinjačom,
b.4. Trozglobni luk sa zategom,
b.5. Rešetkasti trozglobni luk,
b.6. Trozglobni nosač sa zategom iznad nivoa oslonaca i jednim pokretnim osloncem,
b.7. Prostorna rebrasta trozglobna konstrukcija nad poligonalnom osnovom,
b.8. Dvozglobni nabor.

[c] Poligonalni dvozglobni i trozglobni sistemi konstrukcija

Okvirni sistemi obuhvataju tipove poligonalnih dvozglobnih i trozglobnih konstrukcija sa promenljivim ili konstantnim poprečnim presekom duž osa štapova koji stoje u ravni ili u prostoru i poliedarske prostorne sisteme ljuski od drveta (Sl. B.45):

c.1. Trozglobni poligonalni luk sa vertikalnim stubovima bez zatege u nivou oslonaca,
c.2. Trozglobni poligonalni luk sa vertikalnim stubovima i sa zategom u nivou oslonaca,
c.3. Trozglobni poligonalni luk sa razuđenim stubovima unutar objekta,
c.4. Trozglobni luk sa razuđenim stubovima van objekta,
c.5. Rešetkasti trozglobni luk,
c.6. Trozglobni poligonalni luk sa pravim stubovima i sa zategom iznad nivoa oslonaca,
c.7. Trozglobni rešetkasti luk,
c.8. Dvozglobni rešetkasti luk,
c.9. Poligonalni trozglobni luk sa kosim stubovima,
c.10. Prostorni poligonalni luk sa zajedničkim temenim zglobom,
c.11. Prostorna poliedarska ljuska.

[d] Lučni dvozglobni i trozglobni sistemi konstrukcija

Podsistem lučnih nosača obuhvata sve dvozglobne i trozglobne sisteme konstrukcija čija je osa štapova zakrivljena i predstavlja deo kružnice ili parabole:

d.1. Dvozglobni luk,
d.2. Trozglobni luk,
d.3. Dvozgobni luk sa zategom u visini oslonaca,
d.4. Trozglobni luk sa zategom u visini oslonaca,
d.5. Dvozglobni rešetkasti luk od pravih štapova,
d.6. Trozglobni luk sa lepezastom zategom,
d.7. Dvozglobni rešetkasti luk,
d.8. Trozglobni luk sa zategom na stubovima,
d.9. Konusni nabor nad lucima različitog raspona.
d.10. Prostorna trozglobna lučna konstrukcija nad poligonalnom osnovom.



Sl. B.42. Poligonalna prosta greda u lepljenom lameliranom drvetu

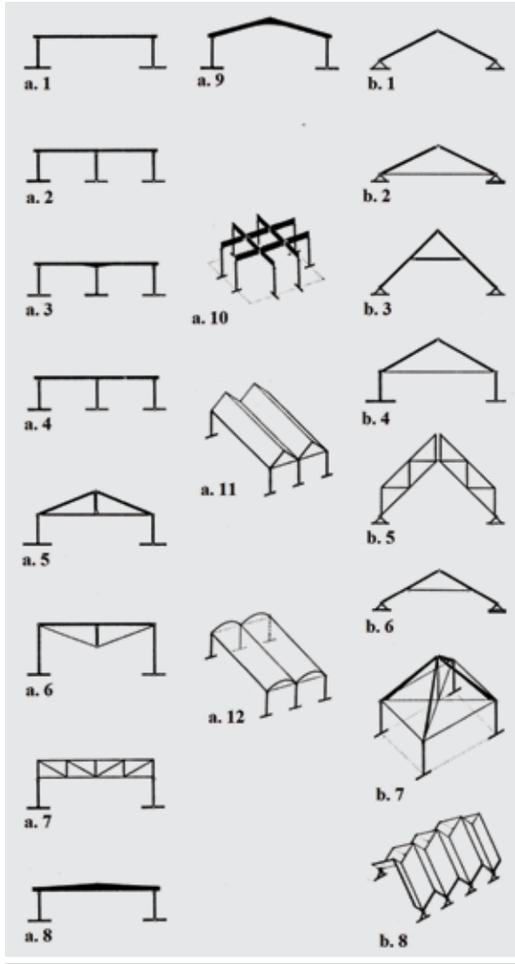


a

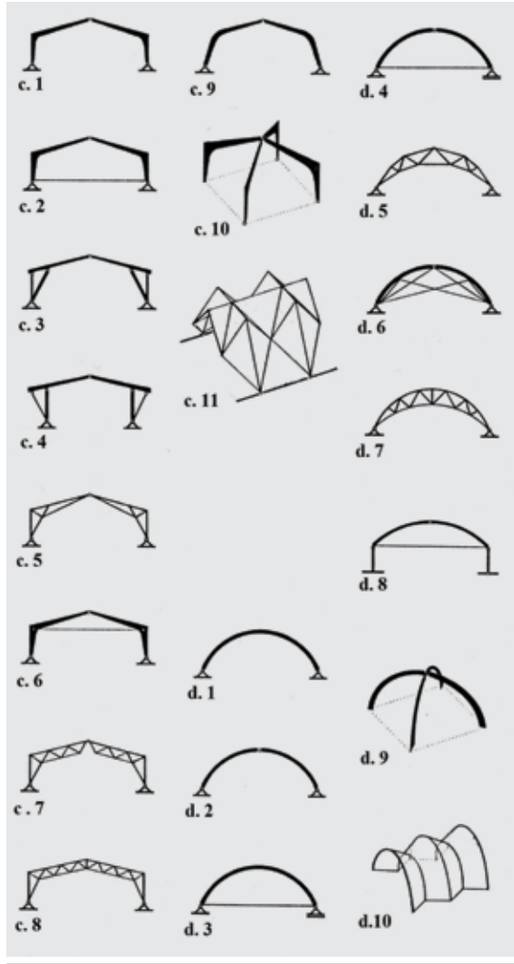


b

Sl. B.43a,b. Kasetirani oblici drvenih konstrukcija



Sl. B.44. Sheme grednih sistema u lepljenom lameliranom drvetu: a) Gredni sistemi, b) Dvovodni dvozglobni i trozglobni sistemi trukcija



Sl. B.45. Sheme konstruktivnih sistema u lepljenom lameliranom drvetu: c) Poligonalni dvozglobni i trozglobni sistemi konstrukcija, d) Lučni dvozglobni i trozglobni sistemi konstrukcija.

[e] Konzolni sistemi

Konzolne konstrukcije u drvetu su statički sistemi koji se uvek nalaze u sistemu grede sa prepustom. Jedan od oslonaca je uvek zategnut za gravitaciono krovno stalno i gravitaciono opterećenje (Sl. B.46):

e.1. Konzole sa mekom zategom,
e.2. Konzolni nosač sa kosnikom,
e.3. Konzolni nosač nad rešetkastom strukturom stubova,
e.4. Obešeni konzolni nosač sa mekom zategom,
e.5. Rešetkasti konzolni nosač,
e.6. Konzolni nosač sa zakrivljenim drvenim štapovima,
e.7. Prostorni sistem konzolnih nosača sa zakrivljenim štapovima,
e.8. Konzolna konstrukcija od nabora.

[f] Zategnuti gredni sistemi

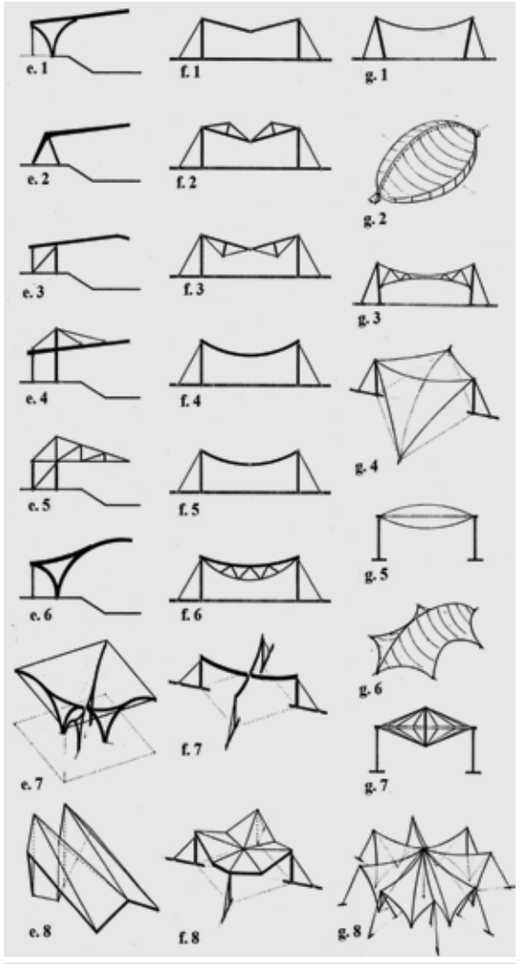
Zategnuti gredni sistemi imaju takvu konfiguraciju štapova da se, za gravitaciono krovno opterećenje, u osnovnim elementima krovne strukture javlja zatezanje (Sl. B.46):

f.1. Poligonalni kontraluk sa pravim štapovima,
f.2. Trozglobni kontraluk sa rešetkastim kosim prečkama,
f.3. Trozglobni kontraluk sa poduprtim prečkama,
f.4. Zategnuti dvozglobni kontraluk,
f.5. Zategnuti trozglobni kontraluk,
f.6. Zategnuti dvozglobni rešetkastiluk,
f.7. Prostorni trozglobni kontralukovi nad poligonalnom osnovom,
f.8. Nabor nad poligonalnom osnovom.

[g] Sistemi visećih konstrukcija

U okviru sistema visećih krovnih struktura, elementi konstrukcije od lepljenog lameliranog drveta mogu biti raznovrsni. Najčešće se pojavljuju kao pritisnuti elementi (Sl. B.46):

g.1. Stubovi klasičnog visećeg jednopojasnog krova,



Sl. B.46. Sheme konstruktivnih sistema u lepljenom lameliranom drvetu: e) Konzolni sistemi konstrukcija, f) Zategnuti gredni sistemi konstrukcija, g) Sistemi visećih konstrukcija.

g.2. Centralni luk u visećoj konstrukciji nad kružnom osnovom,
g.3. Stubovi dvopojasne viseće konstrukcije sa rešetkastom ispunom,
g.4. Stubovi viseće konstrukcije tipa hiperboličnog paraboloida i sedlasta drvena ljuska,
g.5. Obodni prsten kod dvopojasne bikonveksne pneumatske konstrukcije nad kružnom osnovom,
g.6. Srednji luk viseće konstrukcije,
g.7. Obodni prsten dvopojasne viseće konstrukcije nad kružnom osnovom,
g.8. Stubovi šatoraste naborane konstrukcije.

Podelom na sedam karakterističnih konstruktivnih sistema, odnosno njihovim daljim razvrstavanjem nisu obuhvaćene krovne konstrukcije koje nastaju u kombinaciji različitih statičkih sistema, a koje se često primenjuju.

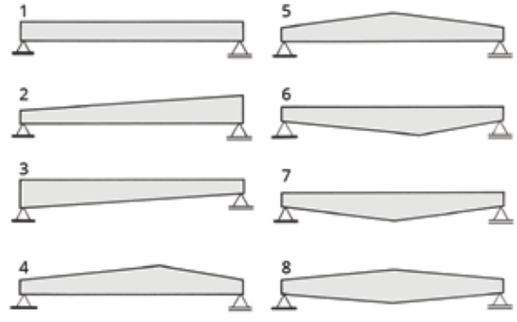
U praksi se najčešće primenjuju sledeći oblici grednih nosača:

- Prosta greda
- Kontinualni nosači – linijski nosači preko više oslonaca
- Gerberova greda
- Rešetkasti nosači
- Drveni stubovi
- Dvozglobni i trozglobni sistemi okvirnih konstrukcija
- Dvozglobni i trozglobni lučni sistemi konstrukcija
- Konzolne konstrukcije

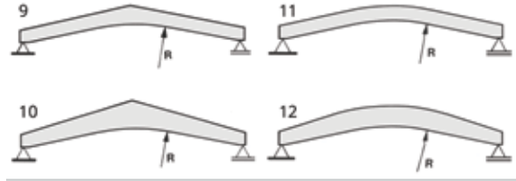
PROSTA GREDA

Najjednostavniji statički sistem u drvetu je prosta greda. To je nosač sa dva oslonca. Jedan od oslonca je horizontalno pomerljiv, drugi je nepomerljiv, a reakcije sistema su vertikalne, ako je opterećenje vertikalno. U zavisnosti od oblika sistemne linije nosača, mogu se formirati:

- pravi štapovi,
- poligonalni štapovi i
- zakrivljeni štapovi.



Sl. B.47. Prosta greda – pravi štapovi: 1. Pravi štap (h = const); 2. Pravi štap sa nagnutom gornjom ivicom (h ≠ const); 3. Pravi štap sa nagnutom donjom ivicom (h ≠ const); 4. Asimetrični dvostrešni pravi štap (h ≠ const); 5. Simetrični dvostrešni pravi štap (h ≠ const); 6. Asimetrični pravi štap (h ≠ const); 7. Simetrični pravi štap (h ≠ const); 8. Simetrični dvostrešni pravi štap (h ≠ const)



Sl. B.48. Poligonalni – kolenasti štapovi: 9. Simetrični kolenasti štap sa pravim temenom (h = const); 10. Simetrični kolenasti štap sa pravim temenom (h ≠ const); 11.Simetrični kolenasti štap sa zaobljenim temenom (h = const); 12. Simetrični kolenasti štap sa zaobljenim temenom (h ≠ const)



Sl. B.49 . Zakrivljeni štapovi: 13 . Zakrivljeni konveksni štap, osovina štapa je segment kružnice (h = const); 14. Zakrivljeni konkavni štap, osovina štapa je segment kružnice (h = const)


a


b


c

Sl. B.50a-c. Primeri izvednih LLD nosača u sistemu proste grede



Sl. B.51. Ekonomičnu kubaturu prostora sportske dvorane ostvaruju zakrivljeni LLD nosači u sistemu proste grede



Sl. B.52. Zakrivljena prosta greda u lepljenom lameliranom drvetu

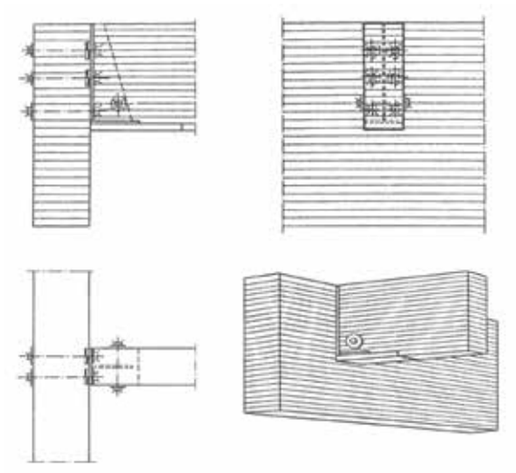




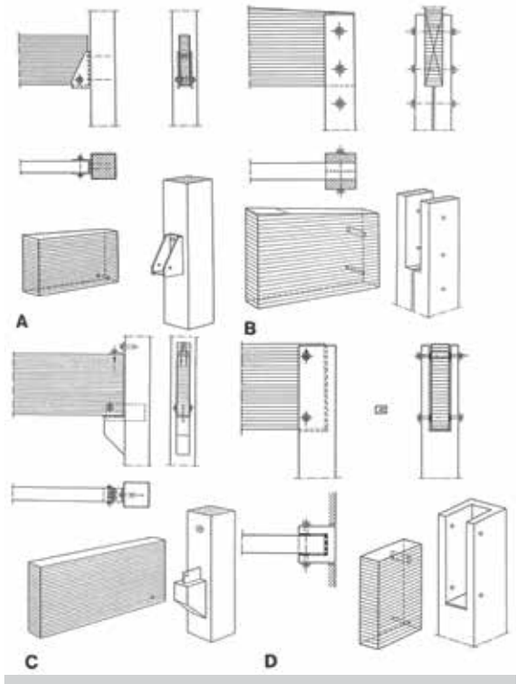
Sl. B.53. Radijalni raspored prostih greda oko centralnog stuba



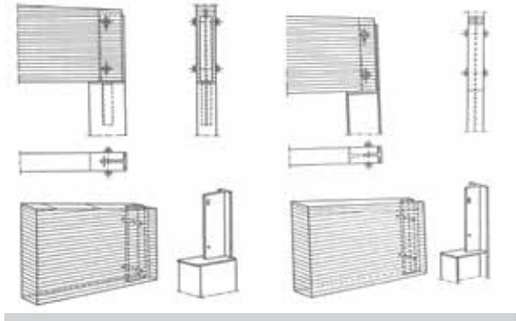
Sl. B.54. Montaža grednih nosača



Sl. B.55. Veza nosača pomoću okova ugrađenog u drvo



Sl. B.56. Primeri oslonačkih veza proste grede: A) sa betonskim stubom preko metalne papuče, B) sa dvojnim drvenim stubom, C) preko kratke konzole na betonskom stubu, D) viljuškasta veza na betonskom stubu.



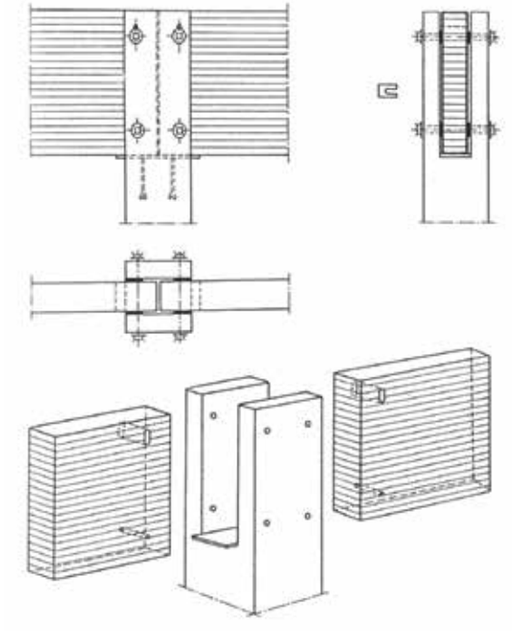
Sl. B.57. Oslonačka veza proste grede sa betonskim i metalnim stubom preko čeličnog nastavka od 1/2 I čeličnog valjanog profila

Prosta greda u lepljenom lameliranom drvetu se za normalna krovna opterećenja i za međurazmake nosača od oko 4.0 m izvodi do dužine od 30.0 m. Budući da su nosači, kod kojih dominira savijanje, manje racionalni, nema nikakvog ekonomskog opravdanja da se proste grede u drvetu izvode nad velikim rasponima.

U krovnoj strukturi rožnjača je, po pravilu, prosta greda, koja posredno ili neposredno prihvata opterećenja od krovnog pokrivača i klimatska opterećenja. Ona može biti prava ili kosa rožnjača, može se naslanjati na glavne nosače ili može biti upuštena. Pod upuštenom rožnjačom se podrazumeva rožnjača čija je gornja površina u ravni ili ispod gornje površine glavnih nosača. Veza rožnjače za glavni nosač mora biti tako koncipirana da može prihvatiti i preneti i odižuće sile od dejstva vetra, za kombinaciju opterećenja u kojoj ne figuriše opterećenje snegom.

Glavni nosači sistema proste grede u strukturi krova ili međuspratne drvene konstrukcije mogu se oslanjati na zidove i stubove. Svi ovi oslonci moraju biti tako projektovani da u potpunosti odgovaraju pretpostavkama iz statičkog proračuna. To znači da se na mestu pokretnog oslonca mora obezbediti podužna pomerljivost, a da se kod viljuškastog oslanjanja mora obezbediti efikasno sprečavanje obrtanja oslonačkog preseka oko podužne ose nosača. To se postiže specijalnim oblicima metalnog okova ili odgovarajućim profilisanjem završetka betonskih ili čeličnih stubova.

U međuspratnoj konstrukciji tavanjače su takođe najčešće sistema proste grede. Zbog prihvatanja podne konstrukcije tavanjače stoje na malom međusobnom rastojanju, a mogu se oslanjati na podvlake ili mogu i one biti upuštene, kada se veza obavezno izvodi limenim papučama.



Sl. B.58. Veza dve proste grede nad srednjim zajedničkim betonskim stubom

KONTINUALNI NOSAČI – LINIJSKI NOSAČI PREKO VIŠE OSLONACA

U tehnici lepljenog lameliranog drveta klasični kontinualni nosači, nosači na više oslonaca, nerado se primenjuju kao konstruktivni sistemi. Uzrok toga su otežani transportni uslovi i otežana manipulacija nosačima velike ukupne dužine. Mogućnost promene naponske slike u nosaču usled netačno izvedene visine oslonačkih tačaka takođe je jedan od veoma ozbiljnih razloga zbog čega se kontinualni nosač ne izvodi. Netačnost u izvođenju visina oslonačkih tačaka u odnosu na projektovane kote oslonaca nije od značaja za statički određene nosače, niti za nosače od betona livenog na licu mesta, dok se kod prefabrikovanih elemenata ta pojava mora posmatrati kao popuštanje oslonaca i njoj se mora posvetiti veoma mnogo pažnje. Kontinualni nosači, ako su rešeni svi navedeni problemi, mogu se izvesti u dve varijante:

- kontinualni nosači sa promenljivom visinom poprečnog preseka i
- kontinualni nosači sa promenljivom visinom poprečnog preseka, odnosno sa vutama nad srednjim osloncima.

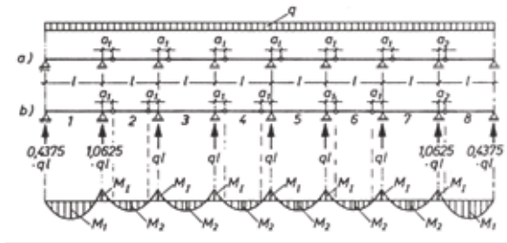
Nosač sa vutama je, svakako, ekonomičniji oblik kontinualnog nosača, jer se materijal pravilnije raspoređuje duž nosača i prilagođava toku momentne linije. Zakošenost vute ne sme biti veća od 1:3.

GERBEROVA GREDA

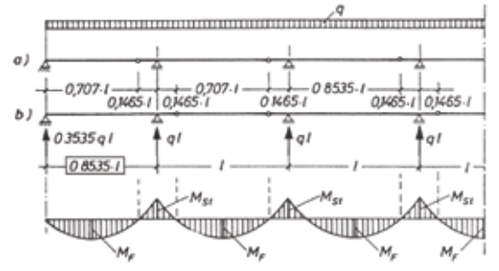
Gerberovim nosačem ili Gerberovom gredom naziva se onaj linijski nosač preko više polja i oslonaca koji se dekompozicijom može rastaviti na niz prostih greda i greda sa jednim ili oba prepusta. U principu, grede višeg nivoa svoje reakcije predaju kao koncentrisane sile na kraju prepusta gredama nižeg nivoa. U različitim kombinacijama greda različitog hijerarhijskog reda koje su međusobno povezane zglobnim vezama, grede nižeg nivoa se oslanjaju na oslonce, od kojih je jedan nepokretan, a svi ostali horizontalno pomerljivi oslonci. Raspored zglobova u jednom Gerberovom nosaču na više polja izvodi se iz uslova što manje razlike, po apsolutnoj vrednosti, oslonačkih momenata i momenata u polju. Tome se teži iz ekonomskih razloga, jer je tako greda konstantne visine poprečnog preseka po celoj dužini jednako napregnuta na savijanje. Kod nosača sa podjednakim razmakom oslonačkih tačaka mogu se samo delimično ujednačiti apsolutne vrednosti momenata u polju i nad osloncima. Optimalno rešenje za asimetrični nosač se postiže sa dva različita udaljenja zglobova od oslonačkih tačaka:

$$a_2 = 0.1250 \cdot L$$

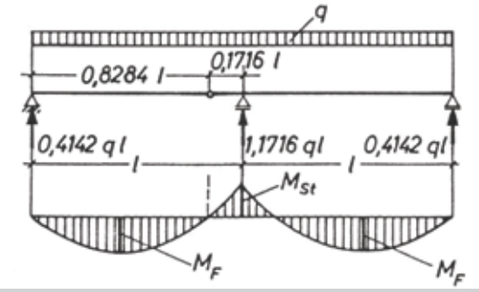
pri čemu se samo momenti u prvom i poslednjem polju razlikuju od ostalih, međusobno jednakih



Sl. B.59. Asimetrični Gerberovi nosači na više polja



Sl. B.60. Gerberovi nosači sa rasponima krajnjih polja koji se razlikuju od raspona srednjih polja



Sl. B.61. Gerberov nosač na dva polja

momenata nad osloncima i u poljima (Sl. B.25). Najekonomičniji oblik Gerberovog nosača na više polja (Sl. B.26) postiže se pod uslovom da su krajnja polja različitog raspona od srednjih, međusobno jednakih, raspona, s tim da je:

$$L_1 = 0.8353 \cdot L$$

gde je: L1 - raspon krajnih polja, L - raspon svih srednjih polja.

Gerberov nosač, sa ovakvom statičkom šemom, ima sve karakteristične momente jednake po apsolutnoj vrednosti i predstavlja idealno rešenje za takav tip nosača. Gerberov nosač na dva jednaka polja je veoma omiljen konstruktivni sistem u gradnji industrijskih objekata. Idealno rešenje takvog nosača predstavlja nosač sa udaljenjem zgloba od srednjeg oslonca:

$$a = 0.1716 \cdot L$$

gde je: L - razmak oslonačkih tačaka nosača.

Gerberov zglob mora biti tako konstruisan da predstavlja neraskidivu vezu dva elementa u okviru Gerberovog nosača, koja je u stanju da prihva-

ti i prenese normalnu (aksijalnu) i transverzalnu (poprečnu) silu i da istovremeno omogući nesmetanu rotaciju dva susedna drvena štapa. Budući da se u Gerberovom zglobu jedan štap oslanja na drugi, samu vezu treba prilagoditi što boljem prenošenju opterećenja sa višeg na element nižeg nivoa u strukturi nosača. Veza se izvodi u dve osnovne varijante:

a) sa zakošenim spojnim ravnima dva susedna drvena elementa i metalnim okovom koji se sastoji od vertikalnog lima ugrađenog u sredini poprečnog preseka, koji uz pomoć vijaka omogućuje prihvatanje aksijalnih sila u zglobu. Prihvatanje poprečne (transverzalne) sile se vrši kontaktom, uz pomoć horizontalne metalne ploče koja je zavarena za vertikalni lim.

b) sa upravnim spojnim ravnima dva susedna drvena elementa, koji mogu kontaktom da omoguće prihvatanje samo pritiskajuće aksijalne sile u kontaktnoj spojnici, i posebno oblikovanim metalnim okovom sa donje strane, koji obezbeđuje prenošenje aksijalne zatežuće sile u zglobu. Prihvatanje poprečne (transverzalne) sile se vrši kontaktom, uz pomoć horizontalne metalne ploče koja je zavarena za dve vertikalne metalne ploče. Vijci u vezi su opterećeni horizontalnom silom usled ekscentričnog uticaja transverzalne sile.

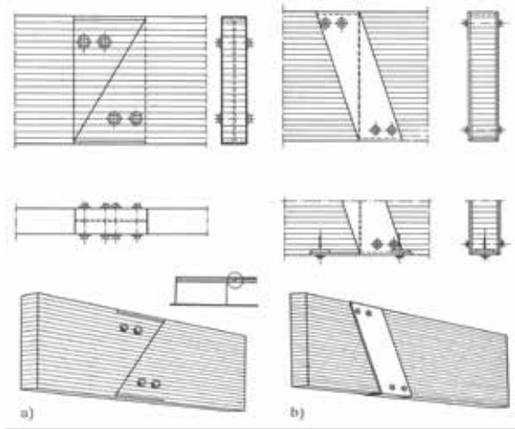
Pored ove dve varijante konstruisanja Gerberovog zgloba, moguća je primena i nekih drugih rešenja, uz dokaz prenošenja svih presečnih sila u zglobu. Gerberov nosač ili Gerberova greda je veoma čest linijski ili poligonalni nosač. Njegove prednosti nad kontinualnim nosačima se kriju u činjenici da se veoma lako formira iz elemenata manjih dužina kojima se lako manipuliše u proizvodnji, transportu i montaži.



Sl. B.62. Gerberovi LLD nosači



Sl. B.63. Montaža Gerberovih LLD nosača



Sl. B.64. Konstrukcija Gerberovog zgloba: a) sa ugrađenim okovom, b) sa vidnim okovom bez mogućnosti i sa mogućnošću prenošenja aksijalne sile zatezanja

REŠETKASTI NOSAČI

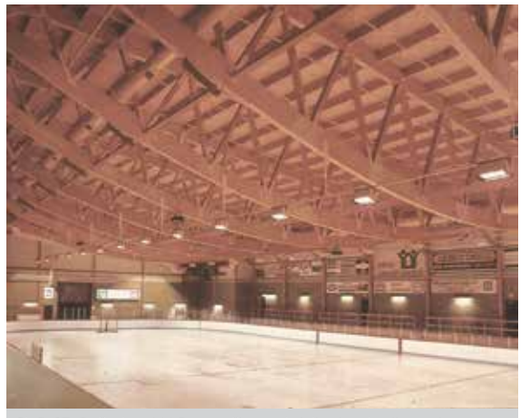
Rešetkasti nosači u lepljenom lameliranom drvetu se izvode veoma uspešno, posmatrano sa tehničkog gledišta. To su veoma moćni nosači, sposobni da premoste velike raspone i da ponesu, pri tom, velika opterećenja. Međutim, u poređenju sa nekim drugim, savremenijim oblicima drvenih struktura, rešetkasti nosači gube i na ekonomskom i na estetskom planu. Na ekonomičnost rešetkastih nosača veoma utiče cena izvođenja čvornih veza. U veoma opterećenim čvorovima ovakva veza se izvodi uz pomoć klasičnih i specijalnih spojnih sredstava,



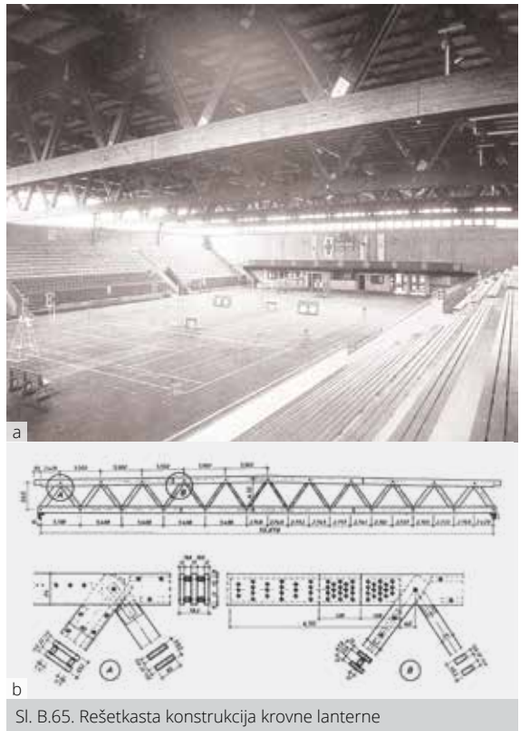
Sl. B.65. Rešetkasta konstrukcija krovne lanterne



Sl. B.66. Rešetkasti krovni LLD nosači



Sl. B.67. Rešetkasti LLD nosači sa zakrivljenim donjim pojasom



Sl. B.65. Rešetkasta konstrukcija krovne lanterne

koja se moraju veoma pedantno ugrađivati. To iziskuje mnogo skupog živog ljudskog rada, poseban alat i izuzetnu kontrolu ostvarenih veza. Sa estetskog stanovišta, rešetkasti nosači klasičnog oblika predstavljaju veoma krutu, inženjersku formu koja se samo pod određenim uslovima može lako uklopiti u moderna enterijerska rešenja. Drvene rešetkaste konstrukcije se nikada, kroz istoriju, nisu nametale svojom estetikom, već svojim tehničkim i inženjerskim karakteristikama, pa im u okviru današnjeg građevinarstva pripada ista pozicija.

DRVENI STUBOVI

Linijski nosači, proste grede, grede sa prepustima, Gerberove grede, kontinualni nosači, rešetkasti nosači, poligonalni luci sa zategom, ako su krovni ili međuspratni nosači, oslanjaju se na zidove i stubove. Veoma često se za prihvatanje vertikalnih sila i njihovo prenošenje do temeljne konstrukcije koriste drveni stubovi. Drvo veoma dobro prihvata podužne pritiske, pa se u konstrukciji javlja kao centrično ili kao ekscentrično napregnut element.

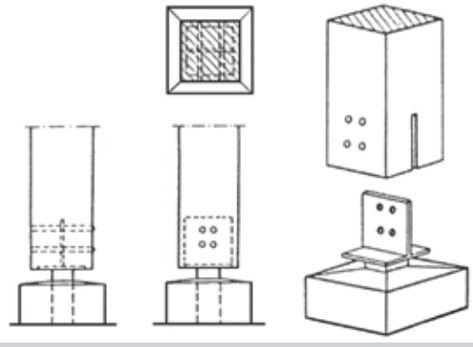
a. Zglobno oslonjeni stubovi

Zglobna veza je najprirodnija i najefikasnija veza drvenih elemenata u konstrukciji objekta. Najčešće se izvodi kod veze stubova sa temeljnom konstrukcijom i takva veza u svemu odgovara pretpostavkama o ponašanju konstrukcije, koje su unete u statički proračun. Veoma velike oblikovne mogućnosti pruža ovakva veza pri kreiranju konstruktivnog sistema. Zahtevi koji se stavljaju pred takvu vezu jasni su i nedvosmisleni i sastoje se od obezbeđivanja dovoljne kontaktne površine iz uslova dozvoljenih normalnih napona pritiska u drvetu i zaštite položaja stuba od vlage. Ovim zahtevima se može udovoljiti na mnogo načina. Najelementarniji oblik veze čini metalni okov, koji je sa jedne strane vezan za stub, a sa druge za temeljnu konstrukciju. Preko jedne horizontalne metalne pločice, koja prihvata pritisak i druge vertikalne, takođe metalne pločice, ugrađene u drvo, uz upotrebu vijaka ili trnova, izvodi se lagana i dobra veza stuba sa metalnim okovom. Veza se temeljnim stupcem se izvodi upotrebom kratkog čeličnog profila ili kratke kvadratne cevi koja se sa jedne strane zavari za horizontalnu metalnu pločicu, a sa druge strane ubetonira u temeljnu konstrukciju. Ovakva veza se izvodi iznad podne konstrukcije i podnožje drvenog stuba mora biti udaljeno najmanje 5 cm od kote gotovog poda.

b. Uklješteni stubovi

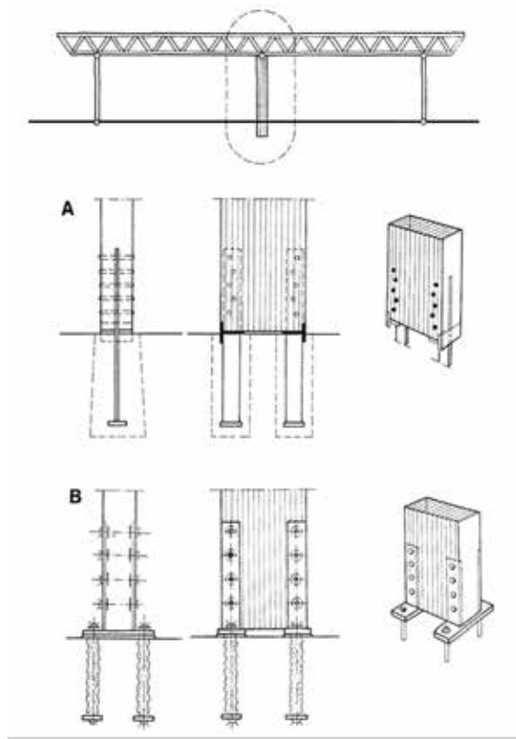
Uklještenje drvenih stubova nikada ne može biti potpuno. Zbog fizičkih osobina drveta, utezanja i bubrenja drvo menja svoje dimenzije poprečnog



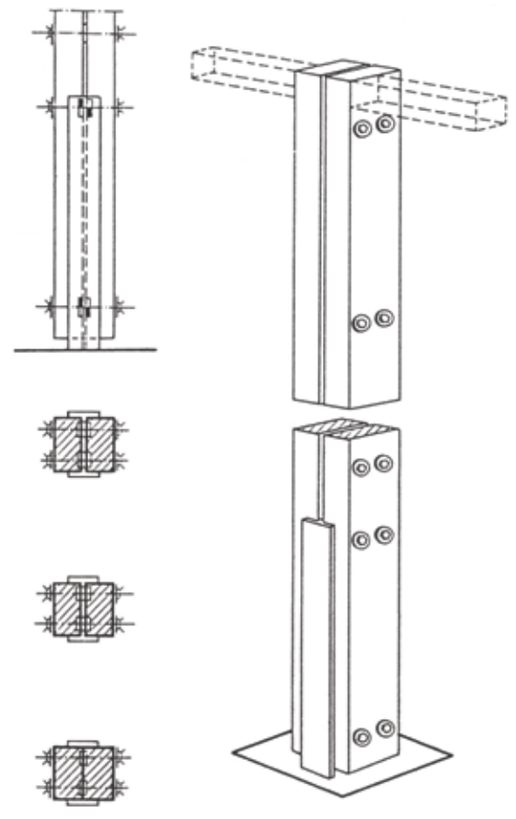


Sl. B.69. Zglobna oslonačka veza stuba

preseka pod uticajem vlage. To je sasvim dovoljan razlog da se u svakoj vezi pojavi mali zazor između drvenog elementa. Takvom vezom dobija se elastično uklještenje. Na ovu pojavu se mora računati i, kada mala pomeranja i mali "rad" konstrukcije nisu od značaja za efikasnu eksploataciju objekta, onda se može projektovati i izvoditi uklještena veza stubova u temeljnu konstrukciju. Kod manje opterećenih stubova uklještenje koje prima normalnu pritiskajuću silu i momenat uklještenja najefikasnije se izvodi ugrađivanjem čeličnog I profila u betonski temelj, za čije rebro se vežu elementi dvodelnog drvenog stuba. Veza čelika i drveta se postiže ugrađivanjem moždanika i vijaka, ili samo vijaka, na dovoljnom međusobnom rastojanju. Razmak između spojnih sredstava se određuje iz uslova nosivosti sredstava veze i sila sprege na koji se transponuje momenat uklještenja. Uklješteni drveni stubovi u većim konstruktivnim sistemima i sa velikim oslonačkim sila-



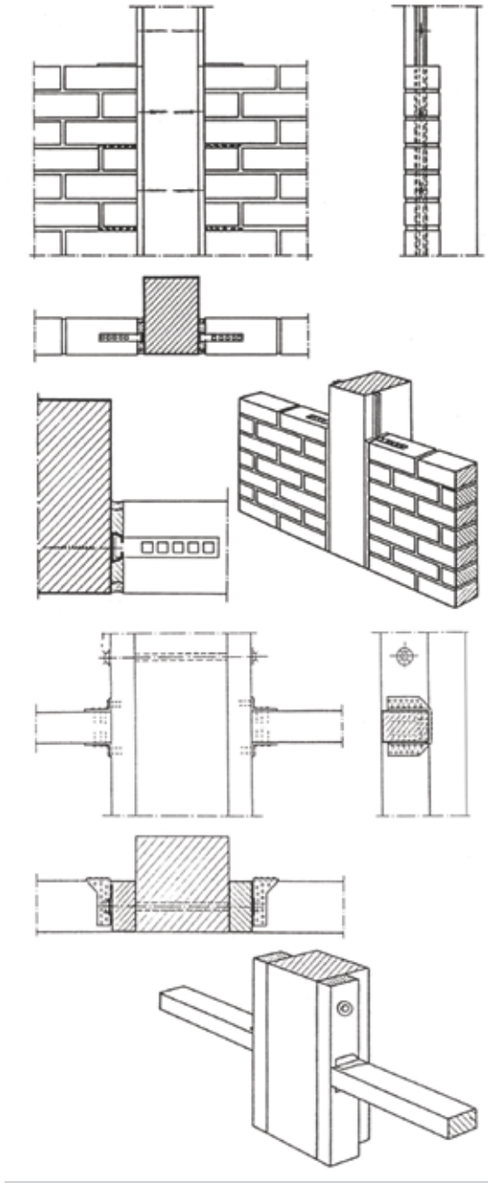
Sl. B.70. Dve varijante izvođenja uklješten veze srednjeg jače opterećenog stuba objekta



Sl. B.71. Izvođenja uklještene veze dvodelnog stuba sa ugrađenim I valjanim čeličnim nosačem

ma imaju i veće dimenzije poprečnog preseka. Ta činjenica se koristi da bi se momenat uklještenja transponovao u spreg vertikalnih sila. Sabiranjem sila sprega i normalne sile u stubu dobija se vertikalna ivična sila i prema njenom intenzitetu i prema odabranom tipu spojnog sredstva se dimenzioniše veza između drvenog stuba i metalnog okova koji je kruto ugrađen u betonske temelje.

Za pravilnu i efikasnu funkciju drvenih stubova nije dovoljno izvesti efikasnu i sigurnu oslonačku vezu. Fasadni stubovi se izvode i kao nosači fasadnih elemenata ili se ugrađuju u zidanu fasadnu ispunu. Način obezbeđivanja veze zidanog parapeta i drvenog stuba je prikazan na slici I-125. i svodi se na ugrađivanje perforiranih metalnih traka u svaku treću ili četvrtu spojnicu u zidu od opeke. Bočne strane drvenih stubova u kontaktu sa malterom moraju biti zaštićene od vlage postavljanjem PVC. folije ili terisanom hartijom. Kod objekata čija se fasada oblaže limom ili nekim drugim sličnim fasadnim obologama, vezivanje horizontalnih fasadnih gredica za stubove se izvodi pomoću metalnih papuča koje se tako orijentišu da mogu da prihvate sopstvenu težinu obloge i dejstvo vetra na fasadnu ravan i da ih prenesu na stubove. Drveni stubovi su veoma osetljiv konstruktivni element. Zato se mora sa puno pažnje potpuno definisati njihova pozicija u ukupnom konstruktivnom sistemu. Ukoliko stub ne može da odgovori svojoj funkciji, sigurno je da će i cela konstrukcija pretrpeti velike poremećaje i havariju. Zaštita drvenih stubova, ponajviše od vlage, osnovni je zadatak projektanta, jer nezaštićen stub predstavlja, u stvari, nepravilno dimenzionisan stub, koji će vremenom ugroziti stabilnost celog objekta.



Sl. B.72. Veza parapetne ispune i drvenog fasadnog stuba i veza fasadnih gredica za drveni stub



Sl. B.73. Trozglobni luk sa pravim štapovima dvovodnog oblika



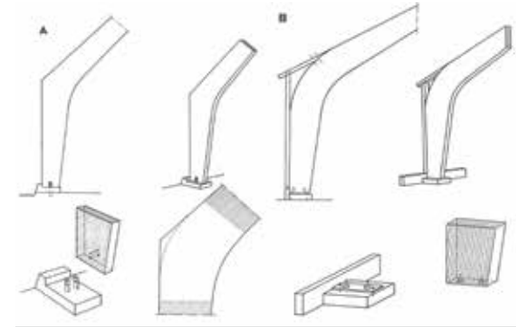
Sl. B.74. Osnovni oblici okvirnih trozglobnih nosača



Sl. B.75. Okvirni trozglobni nosač

DVOZGLOBNI I TROZGLOBNI SISTEMI OKVIRNIH KONSTRUKCIJA

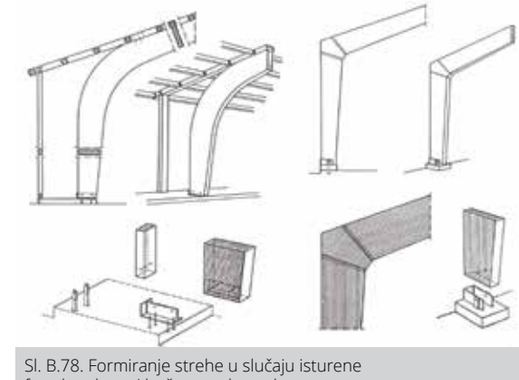
Lepljeno lamelirano drvo svoju punu afirmaciju kao konstrukcioni i građevinski materijal postiže u dvozglobnim i trozglobnim nosačima. To su konstruktivni i statički sistemi koji dozvoljavaju da se sve dobre mehaničke i fizičke karakteristike drveta koriste do punog kapaciteta. Odnos mase drveta i mogućih naprezanja u poprečnom preseku drvenog štapa daleko je bolji od takvog odnosa u betonu i čeliku. U geometrijskom smislu, dvozglobni i trozglobni nosači mogu imati zakrivljenu sistemnu liniju, kada se nazivaju lucima i mogu biti sastavljeni od pravih štapova, kada se nazivaju okvirnim nosačima. Poprečni presek ovih nosača je najčešće pravougaoni (jednodelni



Sl. B.76. Kolenasta veza stuba i prečke: A) izvođenjem oštrog temena na prelasku stuba u prečku kod objekata sa strmim krovom i B) formiranjem zaobljenog temena i strešnih dodatnih elemenata kod manje strmih nagiba krovnih ravni



Sl. B.77. Trozglobni nosač u fazi montaže



Sl. B.78. Formiranje strehe u slučaju isturene fasade od ravni bočnog reda stubova



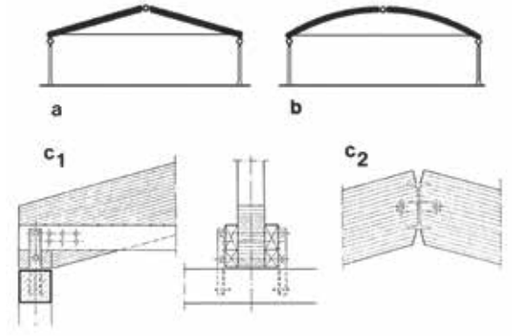
a



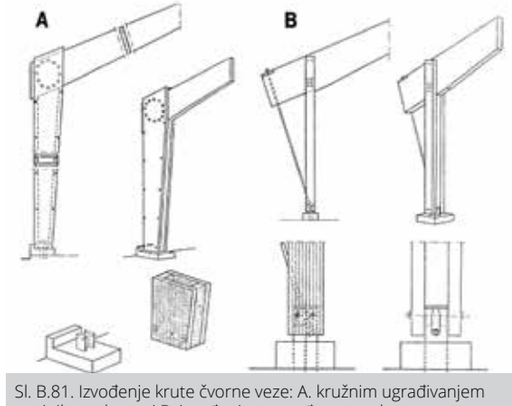
b

Sl. B.79a,b. Izvođenje krutog ugla kružnim rasporedom mehaničkih spojnih sredstava ili ugrađivanjem drvenog trapezastog klina

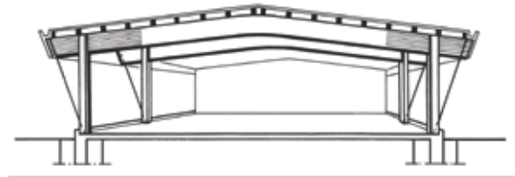
ili višedelni), a može da bude i sandučasti. Visina poprečnog preseka je najčešće promenljiva vrednost i zavisi od veličine momenta savijanja i normalne sile u tom poprečnom preseku. U statičkom smislu razlika između lučnih i okvirnih nosača ne postoji, oni se razlikuju u geometrijskom smislu: sistemnu liniju okvirnih dvozglobnih i trozglobnih nosača čine ose vertikalnih, kosih i horizontalnih štapova. Na taj način se formiraju stubovi i prečke nosača. I stubovi i prečke mogu biti kosi štapovi, ali je njihov položaj u strukturi nosača veoma jasan. Stubovi su vezani u oslonačkim zglobovima za temeljnu konstrukciju. U temenom zglobu prečke mogu biti međusobno vezane ili može biti ostvarena veza prečke i stuba. Osnovna karakteristika ove grupe nosača jeste način ostvarivanja krute veze između prečke i stuba. Rešenje uvek zavisi od funkcionalnih zahteva u eksploataciji objekta, odnosno od mogućnosti da stub i prečka ne moraju da zaklapaju prav ugao ili ugao blizak pravom uglu. Izvođenje jednog kolenastog štapa, koji čini jednu polovinu trozglobnog nosača, a koji objedinjuje stub i prečku, nije tehnološki problem ukoliko zakrivljenost štapa na delu prelaska stuba u prečku ne predstavlja funkcionalni problem u eksploataciji objekta (Sl. B.76). Ukoliko se zahteva prelazak iz stuba u prečku bez zakrivljene vute, onda se kruta veza izvodi na tri načina:



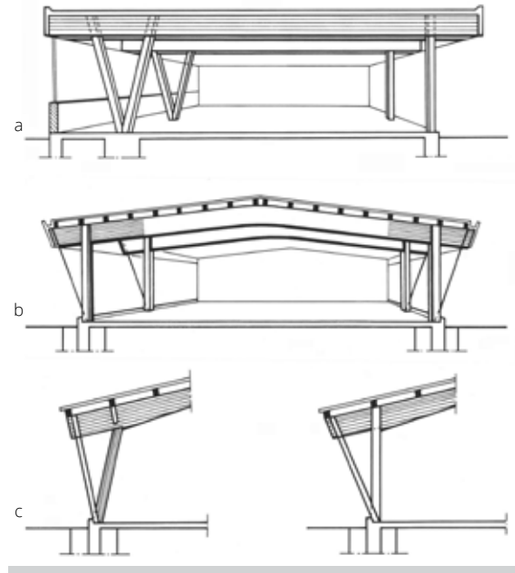
Sl. B.80. Trozglobni luk sa zategom: a. sa pravim štapovima, b. sa zakrivljenim štapovima, c. detalji oslonačkog i temenog zgloba.



Sl. B.81. Izvođenje krute čvorne veze: A. kružnim ugrađivanjem spojnih sredstava i B. izvođenjem razuđenog stuba



Sl. B.82. Dvozglobni luk sa razuđenim stubovima



Sl. B.83a-c. Trozglobni nosači sa razuđenim stubovima

- ugrađivanjem prelaznog čvornog drvenog trapezastog klina,
- izvođenjem krutog ugla kružno raspoređenim spojnim sredstvima (vijcima, trnovima ili moždanicima) kada je prečka jednodelni, a stub dvodelni štap,
- izvođenjem razuđenih stubova.

Drveni trapezasti klin predstavlja prelazni elemenat u vezu stuba i prečke. Njegova vlakanca imaju pravac normale na simetralu ugla prečke i stupca. U spojnim ravnima prethodno se formira zupčasta veza, a monolitizacija spoja se izvodi lepljenjem (slike B.78 i B.79).

Formiranje krutog ugla kružnim rasporedom spojnih sredstava efikasan je i prihvatljiv način rešenja za konstrukcije objekata u kojima je klimatski režim stalan. U suprotnom, ako se vlažnost drveta menja, može doći do oštećenja veze zbog različitog rada drveta pri bubrenju i utezanju. U krutom uglu su vezani štapovi sa različitom orijentacijom vlakanaca i sa različitim promenama dimenzija pod uticajem vlage u istom pravcu (u pravcu ose stuba ili u pravcu ose prečke). Veza se izvodi uz puno poštovanje međusobnih razmaka spojnih sredstava i uz izuzetnu kontrolu tačnosti formiranja veze. Trozglobni nosač sa zategom se veoma često upotrebljava kao glavni nosač skeletnih objekata sa stubovima od betona, ili čelika, koji su uklješteni u temelje. To je nosač sa pravim ili zakrivljenim štapovima čije oslonačke zglobove međusobno povezuje drvena ili metalna zatega. Osnovna uloga zatege jeste da prihvati horizontalne reakcije statičkog sistema izazvane krovnim opterećenjem. Ovi nosači imaju veoma pojednostavljenu konstrukciju zglobova, jer se izvode nad srednjim i malim rasponima. Razuđeni stubovi su efikasan i dobar način gde se međusobnim zglobnim vezama elemenata postiže kruta veza prečke i stuba u celini. Obrazovanjem trouglaste strukture između prečke i delova stuba, od kojih je unutrašnji pritisnut, a spoljni deo zategnut, dobija se nedeformabilna figura, koja zadovoljava sve zahteve koji stoje pred krutim uglom. Stub, oblika latiničnog slova V, u jednoj tački se zglobno oslanja na temeljni stubac. Obadva dela se izvode od drveta ili je zategnuti deo stuba od čelika - čelična zatega.

DVOZGLOBNI I TROZGLOBNI LUČNI SISTEMI KONSTRUKCIJA

Pod lukom na dva zgloba podrazumeva se statički neodređeni nosač zakrivljene sistemne linije koji je zglobno vezan u oslonačkim tačkama. To znači da su oslonci tako projektovani i izvedeni da se krajevi štapa ne pomeraju u dva ortogonalna pravca, ali da su obrtanja poprečnog preseka oko ose oslonačke veze moguća. U principu, nad osloncem se moraju prihvatiti vertikalna i horizontalna komponenta kose reakcije i preneti na temeljni blok. Kod ovakvih konstrukcija ne mogu se ostvariti momenti uklještenja. Prema veličini



a



b

Sl. B.84a,b. Velika sportska dvorana u parku Šove, Kvebek, Kanada (u montaži i tokom eksploatacije objekta)

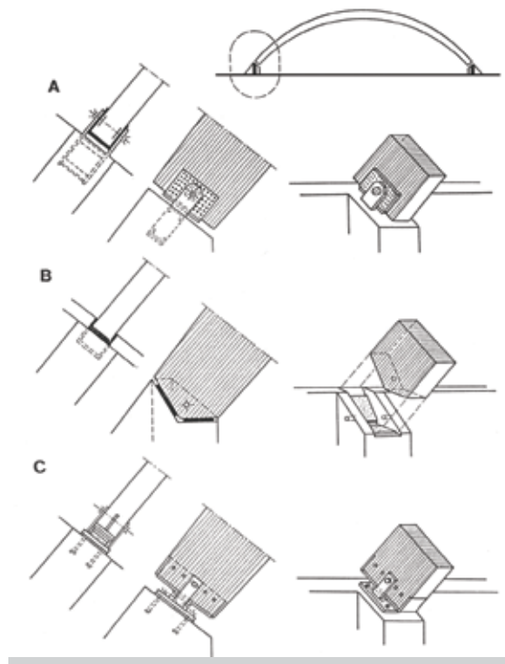


a



b

Sl. B.85a,b. Zglobne oslonačke veze LLD lukova



Sl. B.86. Konstrukcija oslonačkog zgloba lukova na dva i tri zgloba: A. zglobna veza čepom i metalnim ankernim elementima, B. zglobna veza čepom i betonskim ankernim elementima i neoprenskim uloščima, C. tangencijalno kontaktno ležište.



Sl. B.87. Oslonačka veza više štapova u jednom čvoru

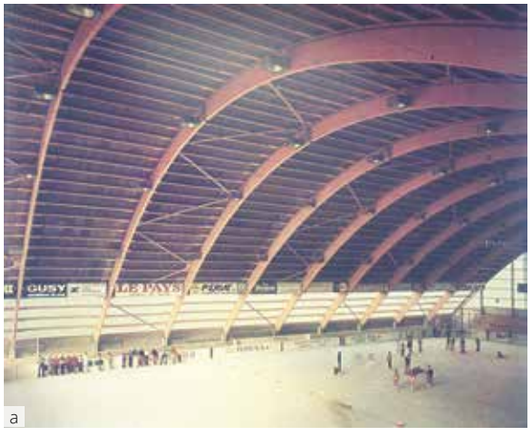
reakcije, koja zavisi od opterećenja, raspona i strele luka, projektuje se i izvodi adekvatna konstrukcija oslonačkih zglobova: zglobne veze sa čepom i tangencijalna kontaktna ležišta. Zglobne veze sa čepom se izvode u mnogo različitih oblika kod nosača manjih raspona i opterećenja. Čep je predstavljen višesečnom osovinom od čelika koja se provlači kroz bočne betonske ili čelične ankerne elemente i kroz sami drveni nosač, koji može biti ojačan okovom. Varijanta A na Slici B.86. predstavlja zglobnu vezu dvosečnim čepom koji se oslanja na spoljne ankerne čelične elemente, ugrađene u beton, a prihvata silu od metalne papuče, koja je vezana za kraj drvenog luka serijom trnova.

Varijanta B na Slici B.86. prikazuje veoma jednostavnu konstrukciju zglobne veze oko čepa koji nije napregnut za dejstvo gravitacionog opterećenja, jer se komponentne rezultante prenose preko dva neoprenska uloška. Ovi ulošci su tako izvedeni da veoma dobro bez ikakvih deformacija, prihvataju sile koje su upravne na njihovu površinu. Veoma su neotporni i nestabilni na dejstvo tangencijalnih sila i dozvoljavaju velika, ali ograničena pomeranja u tangencijalnom pravcu, što se koristi u ovakvoj vezi. Čep obezbeđuje vezu u slučaju odizanja konstrukcije pod sišućim dejstvom vetra, kada je konstrukcija lagana i kada je njena sopstvena težina manja od vertikalne komponente sile vetra. Kontaktna tangencijalna ležišta se koriste kod lučnih nosača čije reakcije imaju velike vrednosti. Vertikalna i horizontalna komponenta reakcije drvenog luka se prenosi na temeljnu konstrukciju preko posebno oblikovanog okova koji mora da zadovolji sledeće uslove:

- u kontaktu drveta i okova moraju biti stvarni naponi podužnog i poprečnog pritiska u dozvoljenim granicama, a spojna sredstva moraju da prihvate eventualne negativne sile, koje izazivaju odizanje nosača od oslonca,
- u kontaktu ankernog dela okova i betona mora biti ostvarena intimna veza, otporna na sve spoljne sile, a jednovremeno mora biti omogućeno lako i efikasno prethodno centrisanje okova i njegova jednostavna ugradnja,
- međusobni kontakt čeličnog zaobljenog pera koje pripada okovu vezanom za drveni štap i donje ankerne ploče mora biti takav da kontakni naponi budu manji od dozvoljenih za primenjeni čelični materijal. Ankerni okov mora imati graničnike koji prihvataju poprečne sile a cela veza mora biti obezbeđena bočnim metalnim podvezama protiv odizanja gornjeg dela okova i drvenog štapa.

Dvozglobni luk je veoma moćni konstruktivni sistem kojim se premošćuju veliki rasponi. Zbog velike strele koja se tom prilikom javlja nemoguće je izvesti dvozglobni zakrivljeni nosač od samo jednog komada lepljenog lameliranog drveta, jer to ne dozvoljavaju transportni uslovi. Zato se na mestima najmanjih momenata, duž ose luka, formira jedan ili više montažnih nastavaka, što omogućuje proizvodnju i transport više elemenata jednog luka. Tokom montaže, na samom gradilištu, izvodi se monolitizacija na mestima nastavaka i formira dvozglobni luk.

Pod lukom na tri zgloba podrazumeva se statički određeni nosač zakrivljene sistemne linije, koji


a


b


c

Sl. B.88a-c. Dvozglobni lučni nosači nad sportskim objektima



Sl. B.91. Teniska dvorana



SL. B.92. Hangar na aerodromu Bale u Švajcarskoj


a


b

Sl. B.89a,b. Trozglobni LLD nosači na sportskim objektima



Sl. B.90. Trozglobmi LLD nosači u fazi montaže

se sastoji od dve krute ploče međusobno zglobno vezane u čvoru, nazvanom temeni zglob. Krute ploče su takođe zglobno vezane u oslonačkim tačkama. To znači da su oslonci projektovani i izvedeni kao kod luka na dva zgloba.

Temeni zglob se izvodi u svemu prema principima koji važe za oslonačke zglobove: mora da prihvati i prenese samo poprečne i podužne sile na krajevima štapova, koji se vezuju. Njegova konstrukcija zavisi od vrednosti presečnih sila i može, takođe, biti zglobna veza sa čepom, tangencijalno-kontaktno ležište ili kombinacija ovih dvaju tipova zgloba. Trozglobni luk se veoma često koristi pri gradnji objekata u tehnici lepljenog lameliranog drveta. Ima izvanredne karakteristike: lako se transportuju i montiraju elementi luka i nemaju montažne nastavke. Temeni zglob se takođe lako izvodi, a veza elemenata luka u temenom zglobu veoma se jednostavno i brzo ostvaruje u montaži. Trozglobni luk, ipak, ima veće poprečne preseke od dvozglobnog luka istog raspona i pod jednakim opterećenjem.Linija lučnih nosača može biti proizvoljnog oblika, ali se najčešće sreću parabolični i kružni oblici, jer ta linija luka najmanje odstupa od potporne linije tog istog opterećenog luka. Osnovna karakteristika krovnih nosača od lepljenog lameliranog drveta je da se najčešće pojavljuju u ulozi krovnih vezača, na međusobnim rastojanjima koje diktira sekundarna ili tercijarna konstrukcija. Svi ovi nosači su ekonomični na rasponima preko 20.00 m i konkurentniji su ostalim građevinskim konstrukcijama što je njihov raspon veći.

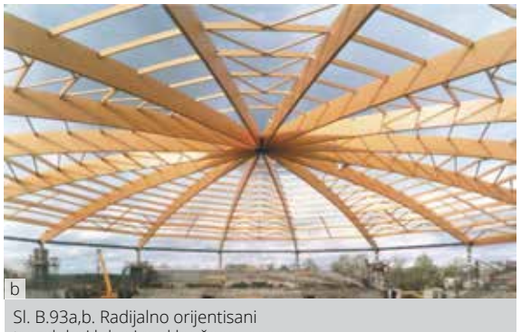
Sa aspekta primene u prefabrikovanoj gradnji krovnih struktura nad objektima manjih raspona, na stambenim objektima, na primer, lepljene lamelirane konstrukcije nemaju puno opravdanja. Skupa tehnološka proizvodnja manjih konstruktivnih elemenata na potpuno industrijalizovani način ne može dati ekonomske rezultate kakve daju drugi industrijalizovani sistemi.

Kombinacija osnovnih konstruktivnih sistema ili primena drugih konstruktivnih sistema je sasvim moguća u tehnici ili tehnologiji lepljenog lameliranog drveta. Sa estetskog, funkcionalnog i tehnološkog aspekta pojava kasetiranih sistema ili površinskih sistema, tipa hiprebolični paraboloid, u pločastom ili rebrastom izvođenju, lepljeno lamelirano drvo, ima i punu ekonomsku opravdanost.

Lepljeni lamelirani nosači u potpunosti ispunjavaju uslove učešća u otvorenoj prefabrikovanoj gradnji. Odlikuju se izvanrednom tehnološkom fleksibilnošću: svi elementi jednog statičkog sistema koji je geometrijski definisan izvode se na jednom šablonu u fabrici lepljenih konstrukcija, bez obzira na dužinu ili na promenu poprečnog preseka nosača. Takođe je značajna kombinabilnost nosača, mogućnost variranja položaja osnovnih elemenata konstrukcije u okviru globalnog konstruktivnog sistema.

Lepljene lamelirane konstrukcije se sa lakoćom izvode u svakom statičkom sistemu. Dozvoljavaju mogućnost obrazovanja krivine ose nosača prema potpornoj liniji nosača, što garantuje rentabilnost sistema, bez posebnih tehnoloških zahteva ili uticaja na rentabilnost sistema. Kvaliteti konstrukcije sa statičko-konstruktivnog aspekta su izvanredni, jer ni u jednom drugom građevinskom materijalu odnos iskorišćenja naprezanja poprečnog preseka od sopstvene težine i od korisnog opterećenja nije tako povoljan: drvo je materijal izvanredno male zapreminske mase u odnosu na svoje mehaničke karakteristike.

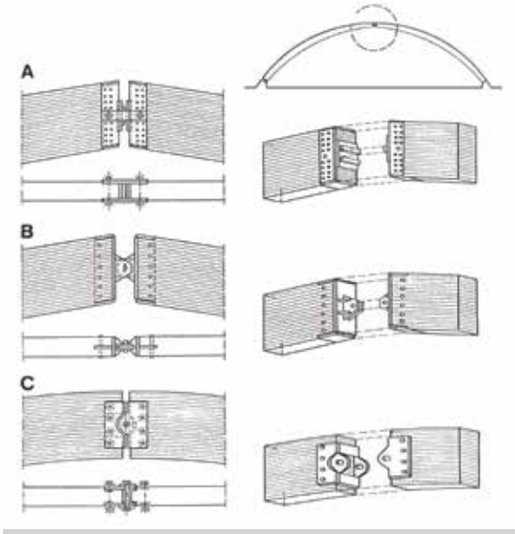




Sl. B.93a,b. Radijalno orijentisani trozglobni lukovi nad kružnom osnovom



Sl. B.94. Višenamenska dvorana u gardu Vilbonu, Francuska



Sl. B.95a,b. Konstrukcija temenog zgloba: A. tangencijalno kontaktno ležište, B. zglobna veza čepom i C. kombinacija kontaktnog ležišta i veze sa čepom.



Sl. B.96. Karateristični oblik trozglobmog LLD luka sa kružnom osom



Sl. B.97. Montaža skladišnog objekta sa LLD lučnom konstrukcijom

KONZOLNE KONSTRUKCIJE

Konzolni nosači, prepusti, oduvek su bili izazov za konstruktere. To je veoma osetljiv konstruktivni sistem, koji burno reaguje na svaki propust u projektovanju ili u izvođenju konstrukcije. Ta burna reakcija je najčešće neprijatna, ali ne i neočekivana, jer kod konzola nema mogućnosti da dođe do preraspodele opterećenja po nosačima, da susedni nosači preuzmu deo opterećenja nosača koji je, naravno, slučajno pogrešno sračunat, dimenzionisan ili proizveden. Zbog toga i dalje važi stara pouka iskusnih konstruktera mladima: “Čuvajte se konzola i vitkih stubova”. U tehnici lepljenih lameliranih konstrukcija ova korisna pouka i važna poruka u potpunosti važi i projektantni kostrukteri se moraju veoma striktno držati ovog pravila. Istina je da alternativni smer opterećenja: gravitaciono od sopstvene težine i snega nasuprot odižućem dejstvu vetra nemaju uticaja na ponašanje nosača u fazi naprezanja pri savijanju, ali je zato gorka istina da pri svakoj pojavi poprečnih ili radjialnih zatezanja postoji opasnost od loma, jer je drvo veoma neotporno na ovu vrstu naprezanja.

Pamte se havarije konstrukcija većih razmera kod nadstrešnica, velikih konzola, kod kojih je krovni pokrivač i sekundarna konstrukcija, koja ga nosi, izvedena po gornjoj površini, dok je oslonački okov vezan za donju zonu nosača. Očigledna pojava poprečnih zatezanja izmedju ove dve zone, pri odižućem dejstvu vetra, može se izbeći pravilnim projektovanjem veza i okova. Ima



Sl. B.98. Skladno oblikovana drvena streha malog prepusta



Sl. B.100. Nadstrešnica nad gledalištem fudbalskog stadiona u predgrađu Pariza



Sl. B.101. Izuzetno efektni sistemi konzolnih nosača nad gledalištem sportskogi objekata.



Sl. B.102. Nadstrešnica nad gledalištem stadiona Viši, Francuska



Sl. B.99. Olimpijski velodrom u Minhenu iz 1972. godine



Sl. B.103. Fudbalski stadion Firami na Korzici

projektantskih pokušaja da se problem odižućeg dejstva vetra na velike konzolne nosače, čija je dužina smanjena mekom kosom zategom, reši propuštanjem vetra kroz konstrukciju i eliminisanjem tog nepoželjnog opterećenja.

U senci poznate viseće konstrukcije nad Olimpijskim stadionom u Minhenu, za Igre, koje su održane 1972. godine, ostala je takođe velelepna nadstrešnica na gledalištem Velodroma. Konzolni nosači od lepljenog lameliranog drveta imali su impozantan prepust čak do 24.00 m. Poprečni presek dvojnog nosača na mestu oslanjanja konzole iznosio je 2 x 23/220 cm. Treba istaći da su na ovom objektu nosači tribina i sama velodromska pista izrađeni takodje od lepljenog almeliranog drveta, što ga svrstava u red značajnih dostignuća u afirmaciji drvenih konstrukcija.

Sistemi zategnutih konstrukcija

Obrnuti luci ili krute lančanice čine porodicu veoma interesantnih krovnih konstrukcija, kod kojih je pri dominantnom, gravitacionom opterećenju, izbegnuta pojava neprijatnih izvijanja pri aksijalnom pritisku. Takvi sistemi mogu biti predstavljeni oblicima dvozglobnih i trozglobnih konstrukcija, sa pravim ili zakrivljenim štapovima, sa podupiralima, ili bez njih, iz razloga smanjenja uticaja sasvijanja duž osa zategnutih štapova. Zanimljiva rešenja, pri čemu nosači mogu biti u jednoj ili više radijalno postavljenih ravni, prati pojava zatega i velikih ankernih temeljnih blokova. Ovakva koncepcija konstruktivnog sistema zahteva od arhitekte i konstruktera potpunu simbiozu i izvanrednu saradnju u definiciji funkcije, oblikovanju i realizaciji objekta. Jedno od mogućih rešenja problema prihvatanja velikih horizontalnimh sila u visoko pozicioniranim oslonačkim tačkama ovih konstrukcija čine masivni okvirni nosači tribina kod sportskih dvorana sa obostranim gledalištem. Ipak, primeni ovog konstruktivnog sistema mora da predstoji sveobuhvatna ekonomska analiza, kojom su obuhvaćeni ne samo radovi na montaži krovne konstrukcije, već i na izvođenju radova na izgradnji svih pratećih elemenata konstrukcije, uključujući temelje i neophodne ankerne blokove.

Kombinovani sistemi konstrukcija

Atraktivna i funkcionalno i ekonomski opravdana rešenja krovnih konstrucija na objektima velikih raspona mogu se sresti pri primeni lepljenog lame-



Sl. B.104. Kombinacija zategnutih zakrivljenih ukova sekundarne konstrukcije i glavnog lučnog nosača



Sl. B.105. Nadstrešnica raspona 41.72 m u Dortmundu. Drvena troslojna ljuska oblika hiperboličnog paraboloida.



Sl. B.106. Nadstrešnice u obliku hipreboličnih paraboloida



a



b

Sl. B.107ab. Atraktivna kombinacija drvenih nosača i tende u konstrukciji nadstrešnica



Sl. B.108. Da Vinči most u Norveškoj izgrađen u manjoj razmeri prema neizvedenom projektu mosta Leonarda da Vinčija za sultana Bajazita II u Carigradu iz 1502. godine



Sl. B.109. Gradska pasarela



Sl. B.110. Pešačka pasarela preko kanala Majna - Dunav



Sl. B.111. Natkriveni drumski most Koesen u Austriji

liranog drveta u kombinaciji sa drugim konstrukcionim materijalima. To su klasični oblici visećih konstrukcija, sa glavnim nosačem lukom od drveta, o koji se kači sistem čeličnih sajli koje formiraju zakrivljenu formu krova, najčešće sa negativnom Gausovom krivinom (dvostruka zakrivljenost sa centrima krivina na razlicitim stranama površi). Ako se primeni tenda, šatorasto platno, umesto klasičnog visećeg krova od čeličnih sajli se mogu formirati veoma interesantni oblici streha, nadstrešnica ili šatorastih krovova nad objektima različite funkcije. Ostaje na snazi iskonsko pravilo: značajna ostvarenja čini bezrezervna saradnja konstruktora i arhitekte na projektovanju arhitektonskih objekata i primena više konstrukcijskih materijala bez ikakvih strukovnih predrasuda.

Drveni mostovi i pešačke pasarele

Oblikovanje prostora u gradskim sredinama zahteva sve veću pažnju u izboru materijala za gradnju. Veoma velika primena betona u gradnji stambenih i javnih objekata, saobraćajnica, mostova, nadvožnjaka i pasarela preti da formirani gradski prostor potpuno otuđi od čoveka i da čoveka odvoji od zdravog prirodnog okruženja. Primena drveta i lepljenog lameliranog drveta u izgradnji nekih od elemenata koji formiraju slobodni gradski prostor je jedan od načina podizanja kvaliteta čovekovog neposrednog okruženja.

Mehaničke i fizičke karakteristike drveta su dobro poznate i građevinsko drvo, zaštićeno od direktnih atmosferskih uticaja, predstavlja materijal kojim se može uspešno graditi u javnim gradskim prostorima. Poseban značaj u kreiranju i oplemenjivanju životne sredine čoveka mogu imati objekti pešačkog saobraćaja – pešački mostovi i pasarele – izgrađeni u drvetu. Takvi objekti gradske infrastrukture se u svetu sve više grade i služe za premošćavanje prirodnih ili saobraćajnih prepreka, za bezbedno i efikasno odvijanje pešačkog saobraćaja. Jednovremeno, takvi objekti vraćaju autentičnost prirodi i ublažavaju agresivno dejstvo betona i čelika na čovekovo blisko okruženje. Neretko takvi objekti imaju izgrađene krovove oblikovane na klasičan ili savremen način, što funkciju objekata čini još komfornijom. Razlog projektovanja i gradnje pešačkih mostova i pasarela preko kanala, reka ili jakih gradskih saobraćajnica je jednostavnije i lagodnije rešavanje problema gradskog pešačkog saobraćaja. Ovakvi objekti u drvetu se lako uklapaju u urbanističke koncepte gradskih jezgara, dopunjuju ih i osvežavaju velikim izborom oblika i formi, uz mogućnosti lake gradnje i brze montaže bez značajnog remećenja saobraćajnih tokova. Sa druge strane, ovakvi objekti parterne arhitekture nimalo ne zaostaju u sigurnosti i trajnosti u odnosu na mostove i pasarele izvedene u betonu i čeliku, koji su takođe izloženi agresivnom dejstvu sredine u kojoj funkcionišu.Lepljeno lamelirano drvo zbog dobrih konstrukcijskih karateristika obogatilo je izbor konstruktivnih sistema, koji se mogu primeniti pri projektovanju i gradnji drumskih i pešačkih mo-



Sl. B.112. Železnički LLD most



a



b

Sl. B.113a,b. Drumski mostovi velike nosivosti



Sl. B.114. Gredni LLD most



Sl. B.115. Rešetkasti dumski LLD most



Sl. B.116. „Japanski most" u San Marinu u Kaliforniji je proglašen za najljepši drveni most na svetu

stova i pasarela u drvetu. Današnja istraživanja u okviru razvoja drvenih mostova i pasarela odvijaju se u svetu na mnogo nivoa vrlo pažljivo i uz veliki trud. Direktna istraživanja u unapređenju oblikovanja i funkcije mostova, na primer u SAD, odvijaju se u više grupacija projekata:

- Primena rešetkastih statičkih sistema sa paralelnim štapovima gornjeg i donjeg pojasa u lepljenom drvetu,
- Istraživanja sigurnosti drvenih ograda na mostovima i zaštitnih drvenih odbojnika,
- Istraživanja u pravcu unapređenja sistema opruga za održavanje sila u kablovima za poprečno prednaprezanje kolovoznih ploča od višeslojnog lepljenog drveta,
- Istraživanja i unapređenje primene metalnih pločastih spojnih sredstava - konektera - u formiranju čvornih veza i nastavaka štapova rešetkastih statičkih sistema,
- Ispitivanja lepljenih lameliranih nosača oblika "I" u poprečnom preseku,
- Istraživanja interakcije lameliranih višeslojnih kolovoznih ploča i lameliranih nosača (spregnuti sistemi),
- Unapređenje i kreiranje novih tipova moždanika za osiguranje zajedničkog rada kolovoznih ploča i drvenih lameliranih nosača za spregnute sisteme,
- Optimizacija i racionalizacija konstrukcija mostova,
- Istraživanja uslova variranja naponskih stanja u elementima konstrukcija od lepljenog drveta (uticaj vlage, tečenje drveta, reologija),
- Istraživanja u oblasti zaštite drveta u konstrukciji mostova primenom hemijskih zaštitnih sredstava,
- Istraživanja ekonomičnosti gradnje i eksploatacije drvenih mostova.

Ovako ozbiljan pristup analizi i definiciji uslova za održavanje postojećeg fundusa i gradnje i primene novih saobraćanih objekata je svakako posledica pozitivnih, već iskazanih rezultata u gradjenju drvetom. Ovakav stav dobija na još većoj snazi ako se zna da je u svetu već ustaljena primena konstrukcija drvenih mostova na saobraćajnicama u nepristupačnim šumskim i planinskim predelima. Primeri uspešne i ekonomski opravdane primene lepljenog lameliranog drveta u izgradnji železničkih mostova samo potvrdjuju stav da je drvo, u svom domenu, veoma kvalitetan konstrukcijskih materijal.

C. KRSTASTO LAMELIRANO DRVO (KLD)

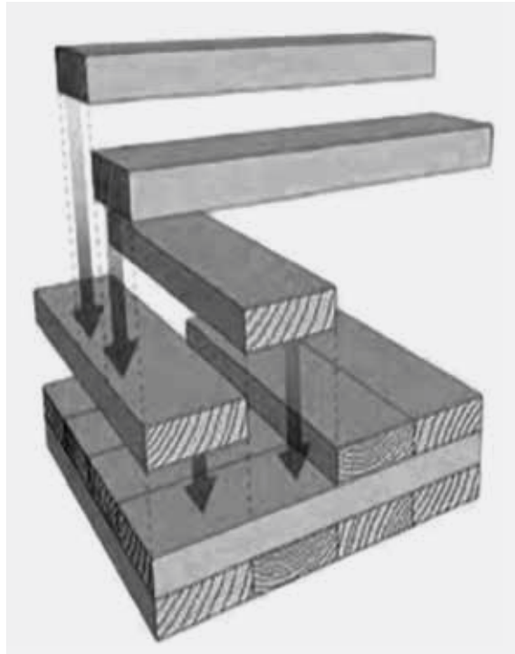
Lepljeno krstasto lamelirano drvo – KLD – jedna je od poslednjih inovacija iz oblasti programa drvene industrije posvećenih graditeljstvu. Karakteriše ga jednostavnost, komfor i sigurnost pri izgradnji arhitektonskih objekata i objekata parternog uređenja prostora. Konstrukcije objekata sa panelima od lepljenog krstasto lameliranog drveta ističu se svojom jednostavnošću u proizvodnji, transportu i u neprevaziđenoj brzini u montaži – jednostavnimređanjem KLD panela pri izgradnji objekata. Sistem utire put primeni u izgradnji prizemnih i višeetažnih konstrukcija različite namene – od stambenih preko industrijskih do institucionalnih i komercijalnih objekata. Tehnološki potpuno sigurni na izmene dimenzija elemenata pri pomeni vlažnosti vazduha u objektu i van njega predstavljaju konstrukciju koja se primenjuje u svim zadatim uslovima, čak i u seizmički zonama visokog rizika.

Ovaj konstrukcijski i građevinski materijal nastao je početkom ovog veka u Austriji, da bi se za veoma kratko vreme proširio na Zapadnu Evropu. U Americi, Kanadi, Australiji i Novom Zelandu uspešno se razvija i primenjuje tek nekoliko godina unazad. Primena ovog materijala ima veliki ekološki uticaj na očuvanje okruženja, jer predstavlja veoma efikasno skladište CO_2 u kome se ovaj produkt svetske industrije konzerviše i čuva kroz dugi eksploatacioni vek objekta. Takođe i brzina gradnje objekata u sistemu KLD ovaj skuplji materijal u konkurenciju sa betonom i zidanim konstrukcijama stavlja u superiorniji položaj i opravdava ga sa realnog ekonomskog stanovišta. Srabija, nažalost, zaključno sa polovinom 2013. godine ovaj konstrukcijski materijal ne proizvodi, niti ima i jedan izgrađen objekt ovom tehnologijom. Stručna arhitektonska i građevinska javnost je veoma dobro upoznata sa osnovnim principima projektovanja i izvođenja radova na izgradnji objekata sa konstrukcijom od KLD. Veliki doprinos na tom planu već čini uvođenje ove tehničke i tehnološke discipline u univerzitetsko obrazovanje na arhitektonskim i građevinskim fakultetaima u Srbiji, a beogradsko preduzeće LKV CENTAR d.o.o. započinje saradnju sa austrijskim



Sl. C.1a-d. Reprezentativni objekti izvedeni u lepljenom krstasto lameliranom drvetu

Hasslacherom, vodećom evropskom kompanijom u proizvodnji lepljenog krstasto lameliranog drveta pod nazivom X-LAM paneli. Energetska kriza, koja se iz godine u godinu zahuktava, preti Srbiji već 2020. godine ozbiljnim problemima u obezbeđenu potrebne količine energenata. Iz tih razloga se već danas poklanja veoma velika pažnja izgradnji objekata sa visokim stepenom energetske efikasnosti. Tehnologija građenja primenom ovog novog proizvoda drvne industrije, lepljenog krstasto lameliranog drveta, veoma lako i brzo obezbeđuje sve uslove za ispunjenje kompleksnih zahteva energetske efikasnosti. Svetski proizvođači lepljenog krstasto lameliranog drveta KLH, Nordic X-lam, Stora Enso, među kojima i LKV CENTAR u saradnji sa HASSLACHEROM, razvili su široki spektar tehnoloških rešenja za primenu sistema KLD u arhitekturi. Kataloški složeni asortiman proizvoda, detalji veza, nastavaka, transporta i montaže KLD tavanaičnih ploča i KLD zidnih panela, omogućuju projektantima njihovu veoma jednostavnu primenu pri projektovanju arhitektonskih objekata različitih funkcija građenja čija je konstrukcija otporna na sva korisna, klimatska i seizmička opterećenja. Predlozi za izvođenje obloga potrebnih da se zadovolje svi uslovi građevinske fizike iz oblasti termike i akustike su specificirani prema mogućim potrebama. Takođe su razrađeni i svi principi ugradnje elemenata kućnih elektroinstalacija, instalacija grejanja, vodovoda i kanalizacije, uključujući predloge rešenja vertikalnih komunikacija: stepeništa i liftova u višeetažnim objektima.



Sl. C.2. Shematski prikaz formiranja



Sl. C.5. KLD pane krstasto lameliranog drveta



Sl. C.6. Proizvodna hala krstasto lameliranog drveta u firmi Hasslacher, AT



a

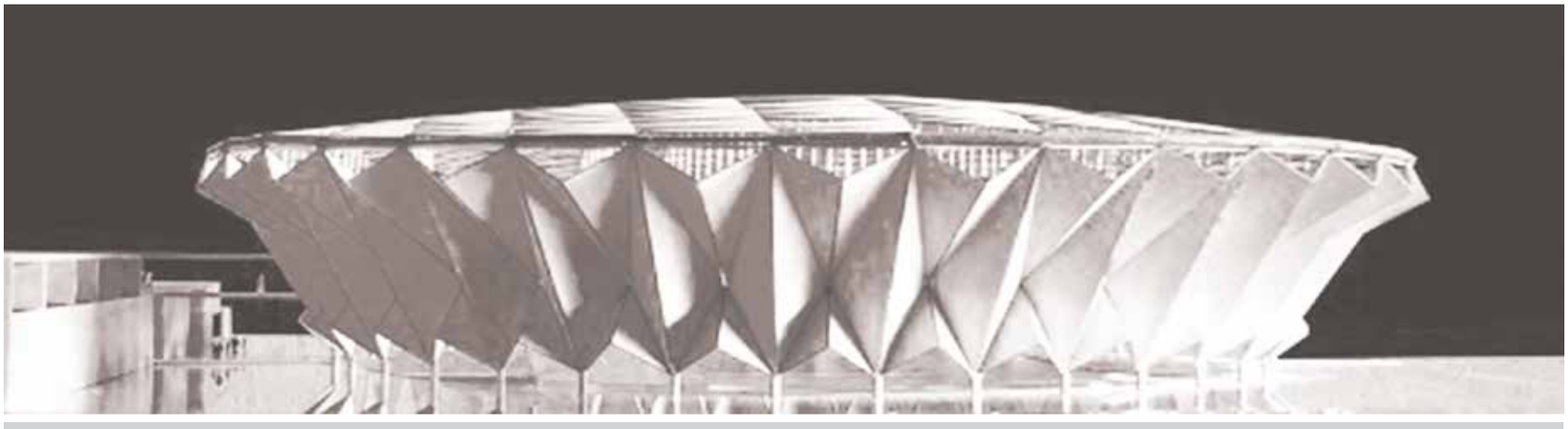


b

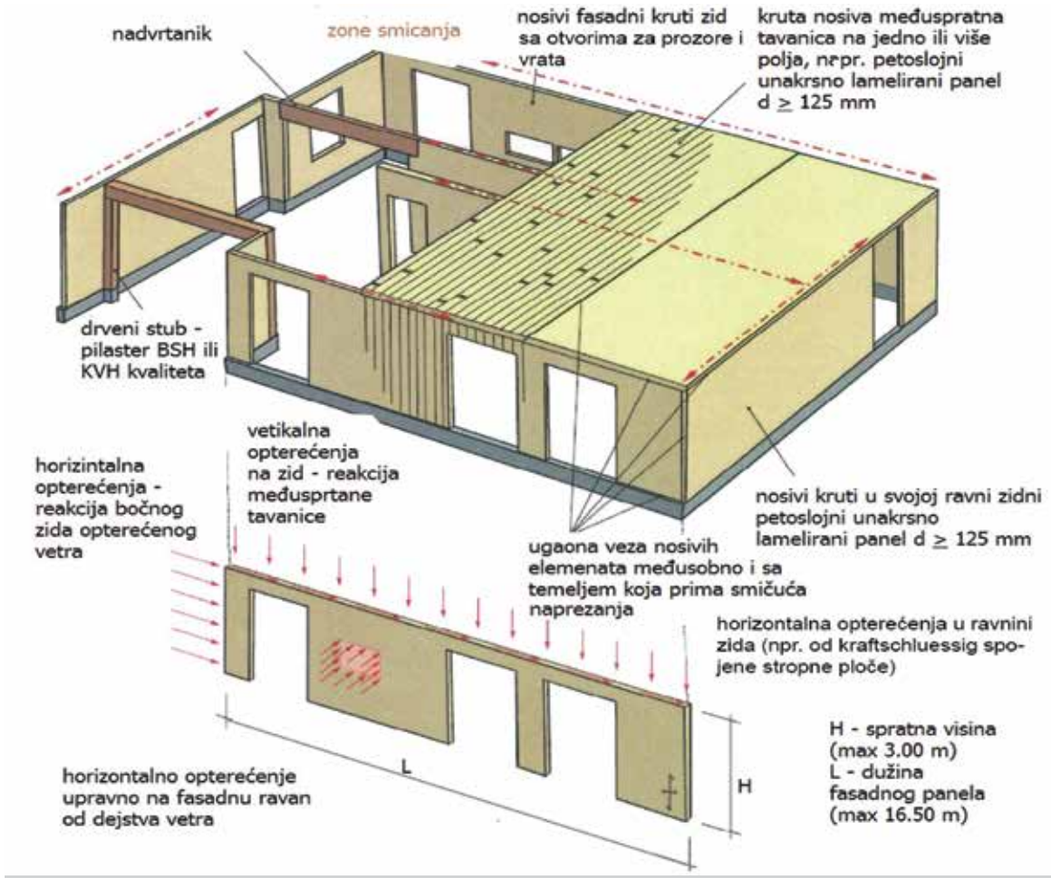
Sl. C.3a,b. Modeli naboraste tanke KLD ploče i Platonovog tankozidnog poliedra

SISTEMI KLD TAVANIČNIH PLOČA I ZIDNIH PANELA

Gradnju pločastim elementima od krstasto lameliranog drveta karakteriše primena nosivih panela i ploča, čije su dimenzije duž obe glavne ose veće od debljine takvog elementa konstrukcije objekata. Konstrukcija ploča i panela od krstasto lameliranog drveta (slojevi lamela se naizmenično slažu pod pravim uglom) daje takvom elementu konstrukcije objekta sposobnost prihvatanja opterećenja u dva



Sl. C.4. Sportska dvorana kružne osnove prečnika 100.00 m (dRMM de Rijke Marsh Morgan Architects)



Sl. C.7. Primena zidnih panela od krstasto lameliranog drveta za tavanicu i zidove sistema masivne gradnje pri čemu je spratna visina Hmax = 3.00 m, a dužina i širina objekta u osnovi Lmax = 16.50 m (iz transportnih razloga).


a


b

Sl. C.8a,b. Zgrade izvedene u tehnici građenja krstasto lameliranog drveta



Sl. C.9. Rebrasta kupola nad elipsastom osnovom u kombinaciji KLD i LLD

ortogonalna pravca. Ovakav konstrukcijski materijal nalazi primenu u širokoj lepezi konstruktivnih sistema arhitektonskih i inženjerskih objekata, od nosivih zidnih panela, ravnih ploča sistema proste ploče, krstaste šloče, kontinualne ploče, Gerberove ploče, do različitih oblika poliedarskih i geodetskih kupola, nabora i tankozidnih nosača. Teorija ljuski i tankih ploča dugo je bila rezervisana za razvoj betonskih konstrukcija, ali je izvesno da će morati da se prilagodi i potrebama ekonomične primene drveta, izotropnog i nehomogenog materijala u novim oblicima konstruktivnih sistema.

Krstasto lamelirano drvo se izvodi po posebnom tehnološkom postupku u dve varijante: međusobnim lepljenjem lamela u spojnicama po svim kontaktnim površinama i, istina retko, medjusobnim spajanjem lamela mehaničkim spojnim sredstvima. Zavisno od opterećenja i pozicije u konstruktivnom sistemu objekta ovakvi elementi mogu imati funkciju nosive ploče, nosivog zidnog panela ili drijafragme za obezbeđenje globalne stabilnosti objekta. Zavisno od konstrukcije KLD višeslojnog tavaničnog panela (zbog sposobnosti poprečne raspodele opterećenja), u svakoj tački ploče se može prihvatiti i koncentrisano opterećenje.Na slici Slici C.7. pokazana je jedna od mogućih primena konstruktivnog sistema sa pločama i panelima od krstasto lameliranog drveta pri gradnji porodičnih objekata, višespratnica, objekata javne namene, administrativnih zgrada, hangara, industrijskih radionica, sportskih hala... Primeri izvedenih zgrada prikazani su na slikama C.8. i C.9.

KLD paneli se primenjuju pri izvođenju ne samo konstrukcija međuspratnih tavanica, fasadnih i unutrašnjih pregradnih zidova i krovnih elemenata velikih dimenzija, nego i za konstrukcije stepenišnih ploča, konzolnih balkonskih ploča i kao nosivi pločasti elementi nadvratnika, natprozornika i stubova. Debljina KLD konstruktivnog elementa zavisi od tipa proizvoda, s tim da, po pravilu, ne može biti manja od 75 mm. U zavisnosti od konstrukcije ploče, tavanice, vrste i intenziteta pripadajućeg opterećenja, sa petoslojnim KLD tavaničnim panelom, debljine 125 i 160 mm se mogu pokriti rasponi od 4.0 do 5.0 m. Za veće raspone ploča bez dodatnih oslonaca i za zidne elemente višespratnica preporučuju se KLD ploče sa rebrastim ojačanjem od lepljenih lameliranih greda ili sandučasti preseci sa rebrima od, takođe, lepljenog lameliranog drveta.Masivni KLD zidovi, tavanični i krovni elementi se pravilno i precizno izvode i oblikuju u skladu sa pedantno sastavljenom specifikacijom u projektu i međusobno povezuju jednostavnim standardizovanim spojevima, suvim postupkom, te nema potebe ni za kavim drugim i komplikovanim postupcima pri montaži na gradilištu. Termoizolaciija, fasadna i unutrašnja obloga se jednostavno pričvršćuje na višeslojne panele, što omogućuje brzu i efikasnu montažu. Pri korišćenju lepljenog krstasto lameliranog drveta moguće su kombinacije sa drugim konstruktivnim materijalima i sistemima (npr. montaža KLD tavanice nad poslednjom etažom objekta sa izvedenim zidovima od poluoblica ili zaobljenih drvenih greda ili od pločastih elemenata od mehanički krstasto lameliranog drveta sa dodatnim krovnim pokrivačem).



a


b

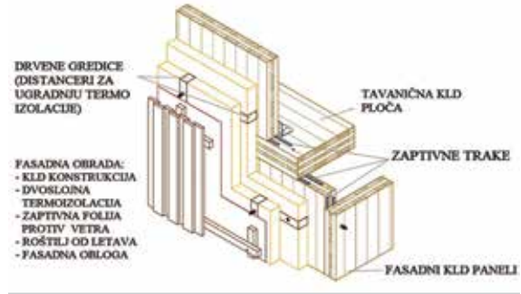

c


d

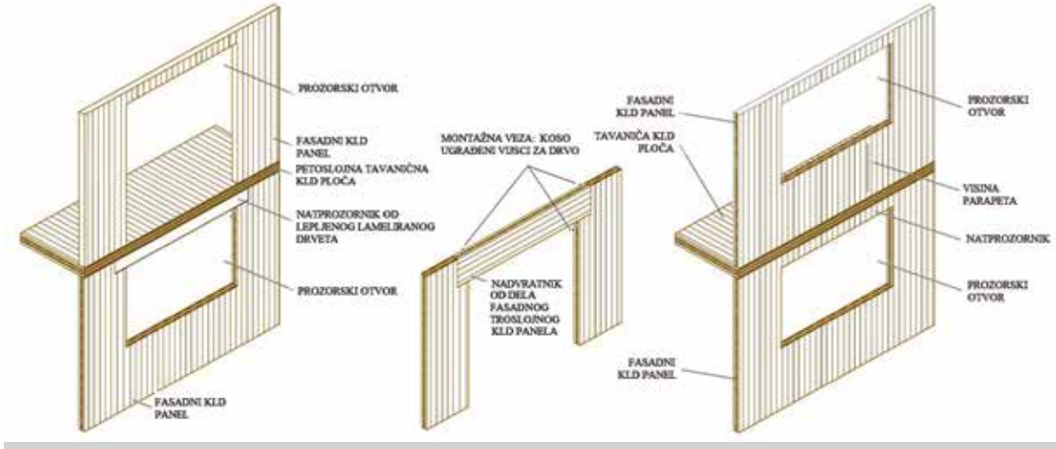
Sl. C.10a-d. Primena lepljenog krstato lameliranog drveta u stambenoj izgradnji



Sl. C.11. Stubovi i balkonske ploče od krstasto lameliranoog drveta



Sl. C.14. Primer oblaganja fasadnih panela termoizolacionim materijalima



Sl. C.12. Konstrukcije natprozornih i nadvratnih nosača u KLD zidnim panelima

SISTEMI SPREGOVA ZA UKRUĆENJE KONSTRUKCIJE OBJEKTA

Prostorna stabilnost konstrukcija objekata u tehnici krstasto lepljenog lameliranog drveta izvodi se uspešno zahvaljujući ortogonalnoj dispoziciji KLD zidova u osnovi i u kombinaciji sa, u svojoj ravni, krutom KLD tavaničnom konstrukcijom. Na taj način se ostvaruje stabilna, nepomerljiva trodimenzionalna struktura. U takvom slučaju, zahvaljujući primeni panela od krstasto lepljenog lameliranog drveta, uobičajni spregovi za ukrućenje nisu potrebni. Ipak realizacija takve prostorne krutosti zahteva i odgovarajuće sisteme međusobnih veza elemenata koji moraju da prihvate i prenesu sva uslovljena opterećenja.

Broj i položaj elemenata za ukrućenje na objektu su određeni geometrijom osnove objekta, tipom i geometrijom pojedinačnih poprečnih preseka panela dimenzionisanih da prihvate horizonatlne sile vetra i seizmičkih udara.Osim načina formiranja medjusobnih veza, za prihvatanje i prenos horizontalnih sila ključna je dužina zida neoslabljenog otvorima. Veliki otvori (prozori i vrata), koji prekidaju prenos vertikalnog i horizontalnog opterećenja umanjuju učinak dijafragme. Broj i dužina ovih zidnih elemenata se određuje kroz sprovođenje odgovrajućih statičkih i po potrebi dinamičkih provera.

SISTEMI MONTAŽNIH VEZA PLOČA OD LEPLJENOG KRSTASTO LAMELIRANOG DRVETA

Kada se pri građenju objekta primenjuju paneli i ploče od lepljenog krstasto lameliranog drveta velikih dimenzija (krupni panel, u našoj terminologili), vrlo je malo kontaktnih spojeva. Načelno razlikuju se sledeći kontaktni spojevi i veze: *zid–zid*, *zid–temelj, zid–tavanica–zid i tavanica–tavanica*.

Veze i spojevi pojedinih elemenata konstrukcije od ovakvih panela velikih dimenzija, koji će biti u stanju da prihvate i prenesu pripadajuća opterećenja, odnosno koji će imati odgovarajuću nosivost, izvodi se isključivom primenom mehaničkih spojnih sredstava. Međusobno spajanje panela od lepljenog krstasto lameliranog drveta u karakterističnim kontaktnim vezama, prihvatanje i prenos opterećenja uglavnom se odvijaju tačkasto (na mestu diskretno raspoređenih spojnih sredstava), npr. vijcima za drvo, ulepljenim navojnim šipkama, ekserima, trnovima i drugim mehaničkim spojnim sredstvima koja se ugrađuju prema odredbama odgovarajuće tehničke regulative.

Važno je znati da u kontaktnim spojevima tipa *zid–tavanica–zid* preovlađuju pritisci uslovljeni računskom težinom masivnih nosivih elemenata u sistemima veza. Zatežuća naprezanja kontaktnih veza moguća su samo u izuzetnim slučajevima i to prouzrokovanim montažom ili uslovljeni posebnom geometrijom zgrade, npr. kod višespratnih

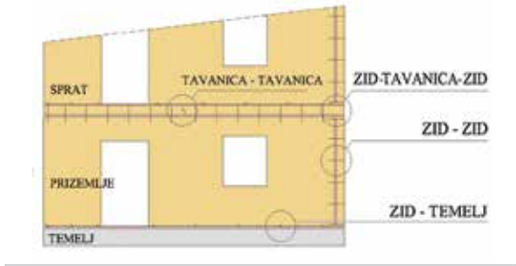

a


b

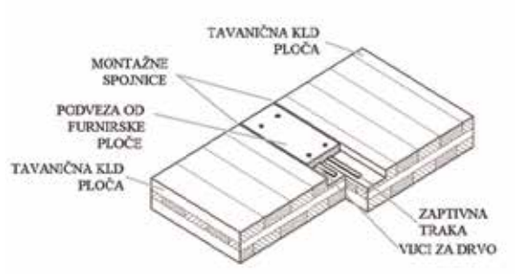

c


d

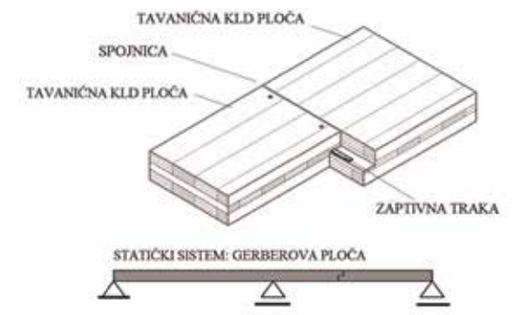
Sl. C.15a-d. Proces montaže elemenata KLD konstrukcije



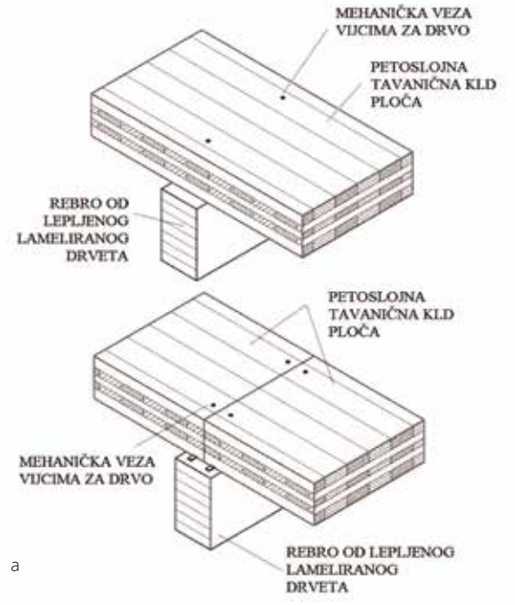
Sl. C.16. Dispozicija karakterističnih spojeva i veza elemenata KLD konstrukcije



Sl. C.17. Detalj fomiranja podužnog nastavka dva tavanična panela primenom upuštene podveze



Sl. C.18. Detalj izvođenja podužnog nastavka dva tavanična elementa po sistemu Gerberovog zgloba



Sl. C.19a,b. Primeri veza tavaničnih KLD ploča sa nosivim LLD rebrima

objekata pri asimetričnoj redukciji dužina nosivih zidova u nižim etažama. U takvim slučajevima treba predvideti odgovarajuće načine veza za prihvatanje i prenos zatežućih sila u spojevima *zid–zid* i sidrenja u spojevima *zid–temelj*, kako bi se otvaranja spojnica sprečilo.

KARAKTERISTIČNI DETALJI KONTAKTNIH SPOJEVA I VEZA ELEMENATA KLD KONSTRUKCIJE

Konstrukcijski detalji koji slede predstavljaju neke od primera iz prakse izvedenih spojeva i veza panela od lepljenog krstasto lameliranog drveta, koji su karakteristični za stambenu gradnju (primena tavaničnih ploča koje se oslanjaju na zidne panele visine jedne etaže). Pretpostavke koje važe za veći deo konstrukcijskih detalja je da su lamele u panelu medjusobno slepljene. Ukoliko se primenjuju paneli sa međusobnom mehaničkom vezom, potrebnu nosivost veze koja treba prihvatiti opterećenje od uticaja vetra treba osigurati na drugi način (zatvaranjem bočne površine ploče lamelama ili folijama). Mehanička spojna sredstva treba diskretno raporediti u skladu sa statičkim proračunom i planom montaže.

Kontaktni spoj tavanica–tavanica (podužna i poprečna veza ploča)

Iz uslova proizvodnje i transporta najveće širine ploča su ograničene i, zavisno od proizvođača, variraju izmedju 3.00 i 4.80 m, pa je pri prekrivanju većih raspona neophodno izvesti podužna spajanja KLD ploča. Poprečni nastavci tavaničnih KLD ploča proističu iz potrebe savladavanja širiene objekta u slučajevima kada je pojedinačna nosiva ploča kraća od ukupnog razmaka nosivih podužnih zidova, a u nosivom pravcu tavanične konstrukcije. Jedna od mogućnosti izvođenja spajanja ili nastavljanja panela je preklop sa zasekom osiguran vijcima (“veza na stepenasti zasek”). Ovakav spoj se najčešće koristi u glavnom nosivom smeru tavanične konstrukcije, jer može prihvatiti samo porečne sile, ali ne i momente savijanja. Pri neravnomernom rasporedu opterećenja po tavanici u takvoj vezi se mogu javiti naprezanja pritiska i zatezanja upravno na vlakanca drveta. U slučaju pojave većih zatežućih naprezanja upravno na vlakanca postoji opasnost od pojave podužnih prslina u drvetu, u području stepenastog zasecanja karakterističnog za izvođenje takvog detalja veze.Odgovarajućim rasporedom mehaničkih spo- jnih sredstava, kojima se povezuju obostrano ugrađene podveze na podužnom nastavku panela od krstasto lameliranog drveta, a koje mogu biti izvedene od klasičnih furnirskih ploča sa slepljenim krstasto orijentisanim listovima furnira, dakle, od furnirske građe sa pretežno podužno orijentisanim vlakancima furnira (takva

građa ima najviše 20% poprečno raspoređenih listova furnira) ovaj nastavak tavaničnih KDL ploča se može smatrati krutim nastavkom koji prima momenat savijanja. Ovakva veza se, teorijski uspešno ostvaruje lepljenjem dok se mehaničkim spojnim sredstvima - vijcima za drvo ili kovanom vezom ekserima ostvaruje potrebni poprečni pritisak na lepljeni spoj. Formiranje takvih spojeva na samom gradilištu se, ipak, ne preporučuje.

Kontaktni spoj zid–tavanica–zid

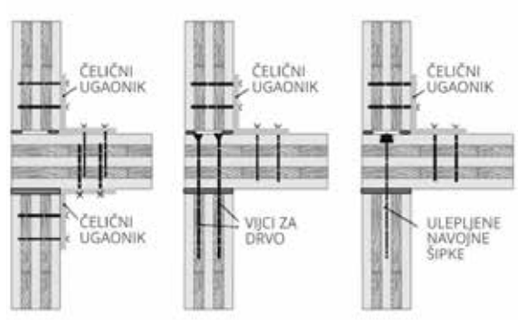
Spojevi između KLD elemenata tavanice i zidova na koje se tavanica oslanja mogu se izvesti pomoću dodatnog ugaonog okova pričvršćenog vijcima ili vijcima za drvo ili se za spajanje mogu koristiti ulepljene navojne šipke. Ovakvi sistemi veza omogućuju i prihvatanje i prenos horizontalnih sila (npr. dejstvo vetra na fasadne zidne elemente) u ravni tavanice i prihvatanje mogućih sila zatezanja. Veza zid–tavanica–zid može se izvesti i uz pomoć patentiranog metalnog okova koji se u radionici montira na rebro tavanice.

Veze takve rebraste tavanice sa zidom se mogu uspešno ostvarivati i preko serklažnog rebra naslonjenog ili delimično ukopanog u KLD zidni panel. Serklžano rebro u ovoj prilici ima dvostruku ulogu: čini jednostranu podvezu u međusobnoj vezi dva zidna KLD panela i prihvata rebra međuspratne tavanične konstrukcije. U vezi tavaničnih elemenata sa zidnim elementom koji nosi tavanicu treba izbegavati primenu vijaka za drvo jer postoji mogućnost njihove ugradnje paralelno vlaknima u zidnom panou. Za nosive veze vijcima za drvo, čiji je nazivni prečnik manji od 10 mm moraju se koristiti najmanje četiri spojne ravni u furnirskoj ploči ili u krstasto lameliranim panelima.

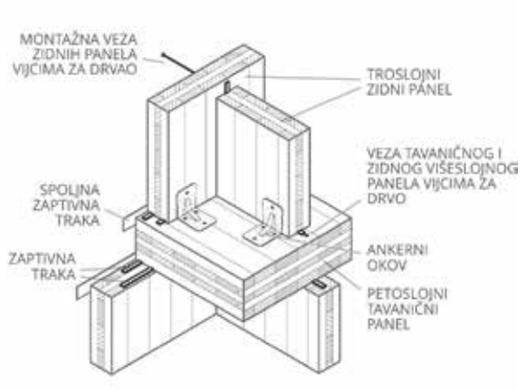
Međusobne veze zidova

Ugaone veze zid–zid mogu se jednostavno izvesti na mnogo različitih načina, ali se najčešće izvode primenom vijaka za drvo, kako je pokazano na Slici C.24. Izvođenje bočne vertikalne veze zid–zid, praktično spajanje dva KLD zidna panela po vertikali, može se izvesti slično podužnoj vezi tavaničnih ploča jednostranom podvezom, obostranom podvezom, stepenastim zasecima ili na direktni kontakt preko zaptivne trake uz primenu koso ugrađenih vijaka za drvo.

Horizontalni spoj dva KLD zidna panela se mogu izvesti, takođe, na mnogo različitih načina. Veza može biti ostvarena prekinutim zidnim panelima, kada je tavanična KLD ploča upuštena izmedju dva vertikalna panela ili sa prepuštenim zidnim panelima, kada je veza udaljena od tavanične ploče po vertikali i kada se ostvaruje prosta sučeona veza. Prosta sučeona veza se najčešće izvodi ugradnjom jednostrane ili obostrane podveze od furnirskih ploča i mehaničkim spojnim sredstvima - vijcima za drvo.



Sl. C.20. Detalji veze zid–tavanica–zid sa različitim sistemima obezbeđenja otpornosti čvora na smičuća i odižuća dejstva spoljnih sila

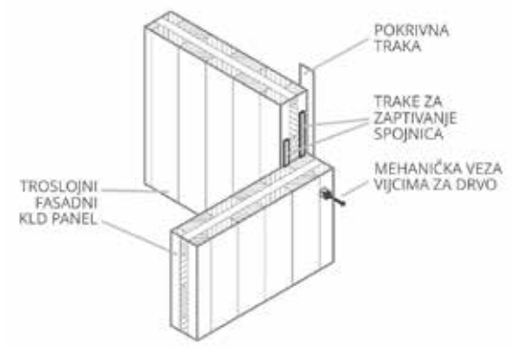


Sl. C.21. Primer izvedene složene veze zid–tavanica–zid

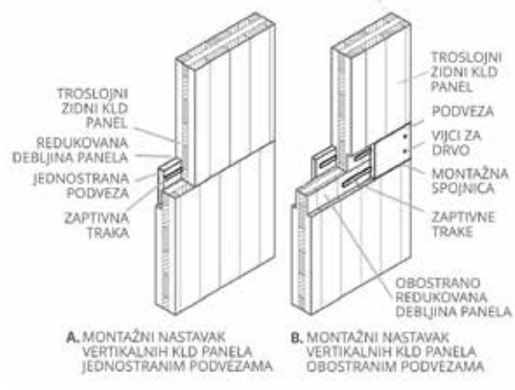




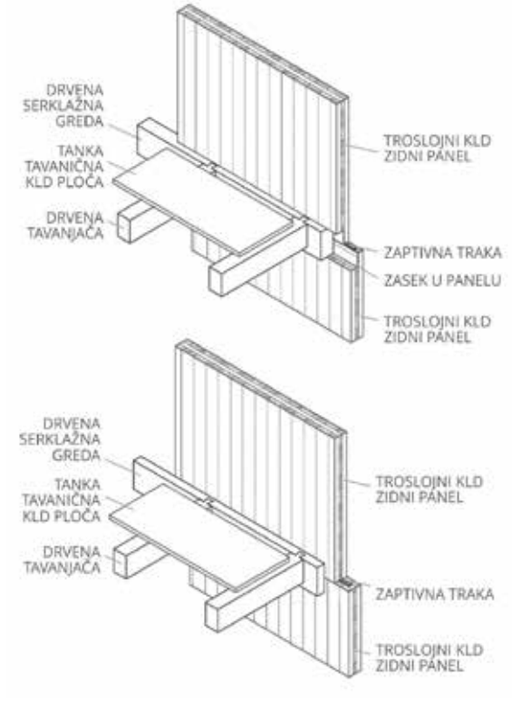
Sl. C.22. Veza drvenih tavanjača za nosivi KLD zidni panel pomoću patentiranog metalnog okova



Sl. C.24. Mogućnosti montaže ugaonog spoja primenom vijaka za drvo u vezi zid–zid



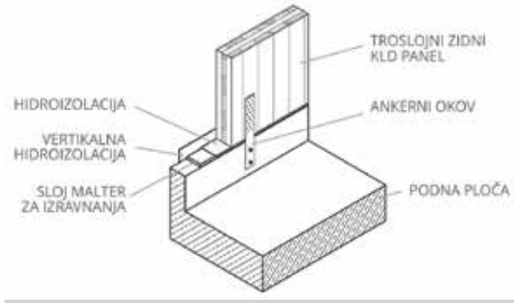
Sl. C.25. Mogućnost izvođenja čeone veze podvezama od furnirskih ploča i vijcima za drvo u vezi zid–zid



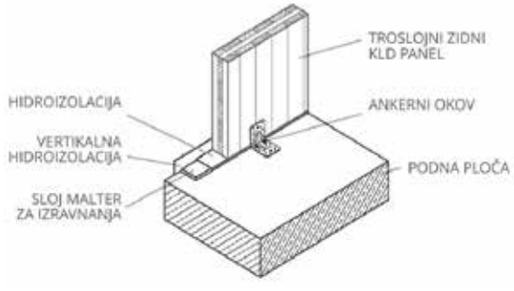
Sl. C.23. Primer veze zid–tavanica–zid izvedene preko naslonjenog ili delimično ukopanog serklažnog drvenog rebra

Kontaktne veze u spojnici zid–temelj

Postoji niz mogućnosti izvođenja veza zidnih elemenata sa betonskim temeljem ili sa betonskom podnom pločom iznad trakastog temelja. Svrha ove veze je da se ostvari projektovana geometrija zidova objekta, da se opterećenje nosivih zidova prenese na temeljnu konstrukciju i da se prihvate eventualne pojave odizanja usled redukcije površina u zidovima prizemlja ili, kod primenjenih lakih materijala, odizanja objekta usled desjtva vetra ili horizontalnih sila izazvanih seizmičkim uticajima. Posebna pažnja mora biti posvećena potrebi da zidni paneli, bez obzira na sve hidoizolacijone slojeve, budu odignuti bar 5.0 sm od podne ploče, onako kako je potr ebno i za sve druge konstrukcije od drveta. Neki primeri dati su na slikama C.26. i C.27.



Sl. C.26. Veza u spojnici zid–temelj i raspored metalnog pločastog iugaonog okova u funkciji prihvatanja odižućih naprezanja (pojava zatezanja u spojnici)



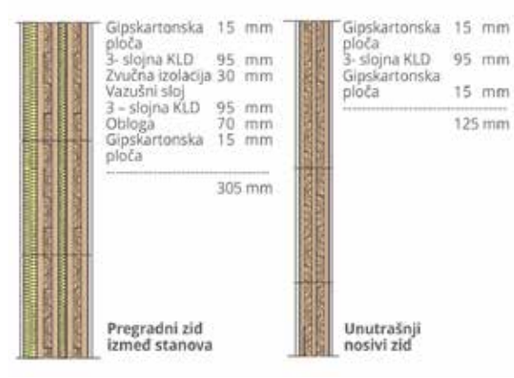
Sl. C.27. Veza u spojnici zid–temelj primenom metalnih ugaonika



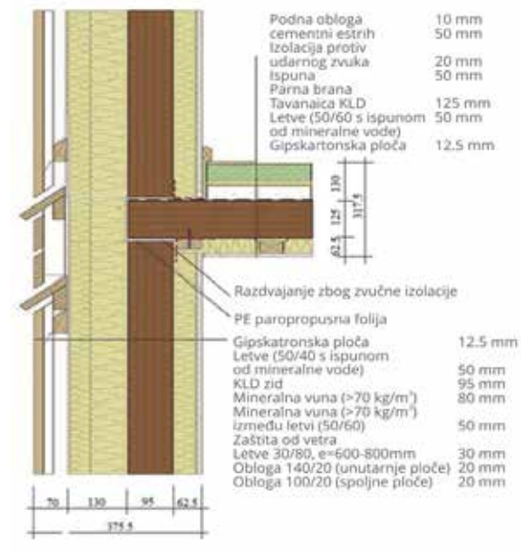
Sl. C.28. Primer konstrukcije medjuspratne tavanice sa dobrom zvučnom izolacijom



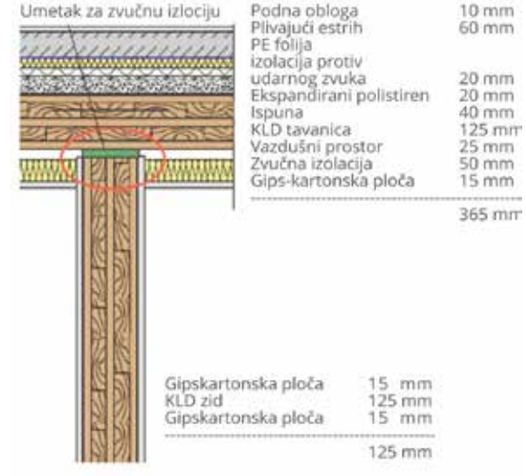
Sl. C.29. Fasadni zid sa dobrom termo i zvučnom izolacijom



Sl. C.30. Pregradni zid između stanova (dobra zvučna izolacija) i unutrašnji nosivi zid (dobra nosivost zida)



Sl. C.31. Tavanica i fasadni zid odgovarajuće odvojeni s ciljem sprečavanja prenošenja i širenja zvuka



Sl. C.31. Tavanica i fasadni zid odgovarajuće odvojeni s ciljem sprečavanja prenošenja i širenja zvuka

STANDARDNI OBLICI KONSTRUKCIJA
TAVANICA I ZIDOVA

Kako bi se udovoljilo zahtevima zvučne izolacije, što je za višespratne zgrade izuzetno važno, neophodno je projektom predvideti plivajući pod i spušteni plafon. Ispuna se postavlja, uglavnom, radi izjednačavanja razlika u visini pokrivanja eventualnih električnih vodova. Treba obratiti posebnu pažnju na standardne konstrukcije fasadnog i srednjeg nosivog zida, zida između stanova na jednoj etaži, na međuspratnu tavanicu i na njihove spojeve i veze. Detalji koji slede su preuzeti iz prakse i mogu se primeniti kao standardna rešenja. Za fasadni zid, izveden prema datom primeru, fasadna obloga može biti izabrana potpuno slobodno. Ipak, kako bi se udovoljilo minimalnim zahtevima vezanim za zvučnu izolaciju, spojevi i veze moraju biti zatvoreni. Karakteristike zvučne izolacije u dva izolacijska sektora moraju biti u potpunosti usklađene. Za pregradni zid izmedju stanova u zgradi dvostruki panel od krstasto lameliranog drveta obložen gips-kartonskim pločama ne garantuje kvalitetnu zvučnu izolaciju, pa je neophodno, bar sa jedne strane, postaviti dodatni nezavisni element zvučne izolacije. Za pregradne nosive zidove u stanu, po pravilu, ne postoje dopunski uslovi zvučne i termoizolacije. Zid od udvojenih panela krstasto lameliranog drveta sa obostranom oblogom od gips-kartona zadovoljava i stroge protivpožarne zahteve. Pri izvođenju veza između fasadnog zida i međuspratne tavanice, zvučnu izolaciju treba izvesti tako da se razdvajanje zida i tavanice obezbedi na način koji će sprečiti prenos i širenje zvuka sa fasadnog zida na tavaničnu ploču i obrnuto (Slika C.31). Iz prikaza detalja veza i spojeva u konstrukciji objekata od lepljenog krstasto lameliranog drveta može se izvesti vrlo ohrabrujuća konstatacija da je projektovanje, a zatim izgradnja objekata veoma jednostavna, lagana i nadasve brza. Suvi postupak u montaži, ostvarivanje međusobnih veza i spojeva u konstrukciji su logički graduisani i predstavljaju potpuno novi postupak u graditeljstvu, sličan montaži u automobilskoj industriji. Sledi zaključak, koji potvrđuje već postavljenu tezu, da je ukupna ekonomska prednost ove gradnje u odnosu na klasičnu masivnu gradnju viša iako je, u našim uslovima, jedinica površine zidnog KLD panela ili KLD tavanične ploče skuplja od odgovarajućih elemenata u betonu i zidanoj gradnji.



Sl. C.33. Primeri gradnje u lepljenom krstato lameliranom drvetu



Sl. C.34. Poslovno stambeni objekat izgrađen u Austriji





3

RETROSPEKTIVA

3 /// RETROSPEKTIVA

A. FRAGMENTI NAUČNOISTRAŽIVAČKOG, PUBLICISTIČKOG I PROMOTIVNOG OPUSA

Tokom duge profesionalne karijere moje učešće u radu se odvijalo na dva paralelna i kompatibilna nivoa: naučnoistraživačkom i obrazovnom radu na Arhitektonskom fakultetu i aktivnom učešći u projektovanju konstrukcija arhitektonskih objekata i objekata parterne arhitekture. Tokom rada na Arhitektonskom fakultetu prvih desetak godina, u zvanju asistenta, gostovao sam kao saradnik – projektant konstrukcija u mnogim projektnim biroima u Beogradu, Novom Sadu, Prijepolju i Smederevskoj Palanci. Po povratku sa specijalizacije u Francuskoj 1977. godine, započinje moja praksa u projektovanju drvenih konstrukcija u DI Gaj u Podravskoj Slatini, Jugodrvu u Beogradu, Integralu u Beloj Palanci, Graditelju u Bezdanu i, na kraju, u LKV Centru u Beogradu.

Tokom rada na projektovanju konstrukcija, tokom značajnih istraživačkih poduhvata i realizacija tih poduhvata u kreiranju konstrukcija, uvek sam imao potrebu da o tome pišem, da to objavim i da podstaknem diskusiju, koja mi je bila potrebna kao ocena moga angažovanja. Tako sam u stručnoj domaćoj štampi objavio veći broj članaka o sprovedenim istraživanjima i o rezultatima primene takvih istraživanja na konkretnim projektima objekata. Takođe sam veoma često držao predavanja iz oblasti primene savremenih tehnologija građenja u drvetu i objavljivao promotivne prikaze ovih sistema. U ovom poglavlju, koristeći blagodeti savremenih računarskih tehnologija, prilažem fototipske kopije nekih, meni dragih, radova i članaka.



//

MOGUĆNOSTI MODIFIKOVANE PRIMENE MREŽASTE ARMATURE PRI ARMIRANJU PLOČASTIH BETONSKIH NOSAČA

Radeći u Aeroinženjeringu, u Beogradu, na projektu konstrukcija u armiranom betonu za dva vojna aerodoroma u Kuvajtu, dobio sam zadatak da izradim i projekat betonskih krovnih ploča nad nizom jedinica pretćeg sadržaja. Bile su to konstrukcije ploča nad više malih raspona, koje ja nisam radio kao statički sistem kontinualnih ploča već kao niz prostih greda. Poseban deo zadatka je bio da se iznađe prihvatljivo rešenje za gradnju u izuzetno teškim pustinjskim klimatskim uslovima. Primenom sistema niza prostih greda, za unapred zadatu debljinu ploča, dobio sam dva kvaliteta: manji utrošak betonske mrežaste armature po jedinici površine i veoma jednostavnu montažu u odnosu na kontinualnu ploču. Analizu i rezultate rešenja ovog problema objavio sam u Biltenu Instututa za arhitekturu i urbanizam Srbije.

Iskustvo stečeno na ovom projektu, a imao sam prilike da se i na licu mesta - na gradilištu u Kuvajtu, lično uverim da sam primenio praktičan način za jednostavno i sigurno izvođenje radova u armiranom betonu, koristio sam u svom daljem stručnom radu na projektovanju konstrukcija objekata. Veliki pomak u organizaciji gradnje tunelskom oplatom na izgradnji stambenih blokova A-8 i A-9 u naselju Kijevo – Kneževac, koje je izvodilo Građevinsko preduzeće Progres iz Pirota, učinjen je primenom ove metode armiranja mrežastom armaturom. Kasnije ovaj sistem sam primenjivao i kod krstasto armiranih betonskih ravnih ploča, takođe sa uspehom.

Vojislav Kujundžić

MOGUĆNOSTI MODIFIKOVANE PRIMENE MREŽASTE ARMATURE PRI ARMIRANJU PLOČASTIH NOSAČA

Sve intenzivnija potreba za povećanjem produktivnosti rada naše gradjevinske operative ističe kao problem upotrebu savremenih gradjevinskih materijala na stari klasičan i uhodan način Prednosti koje nosi sa sobom novina nisu iskorišćene do maksimuma, a zato postoji mnogo razloga. Jedan od osnovnih razloga za neadekvatnu primenu inovacija je nesagledavanje svih prednosti koje ona pruža u odnosu na klasične i uhodane primene materijala ili alata. Obično se zadovoljavamo isticanjem jedne od prednosti, koristimo je, dok ostale, skrivene ili neotkrivene ostaju neiskorišćene. Mrežasta armatura je klasičan primer neadekvatne primene svih njenih karakteristika koje mogu da dovedu do izvanrednih ušteda u vremenu i materijalu. Najčešće se uzima kao jedina njena prednost brzina montaže i izvesna ušteda u težini po 1 m^2 u odnosu na klasičnu armaturu.

Ova studija ima za cilj, da na jednom konkretnom primeru, istakne sve vrline jednog novog gradjevinskog materijala ukoliko se on dobro upozna i upotrebi na sebi svojstven način i na način koji se razlikuje od poznatih načina i po primeni i po statičkom tretmanu elemenata konstrukcije.

Reč je o modifikovanoj primeni mrežaste armature na više objekata koji su na ovaj način izvedeni u našoj zemlji i u inostranstvu na gradilištima naših gradjevinskih preduzeća.

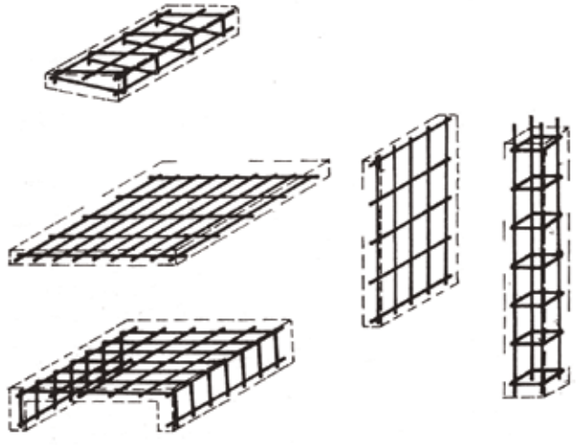
ŠTA JE MREŽASTA ARMATURA?

Klasična armatura nikako ne može da prati tendencije savremene tehnologije gradnje koja teži unificiranju elemenata, ukrupnjavanju i industrijskoj proizvodnji. Razjedinjenje iste ili različite šipke mekog čelika, kojima treba armirati ravne betonske ploče nose sa sobom izvanredno veliki rad na gradilištu počev od manuelnog savijanja svake šipke ponaosob, pa sve do mukotrpnog povezivanja svake ukrsne tačke montirane armature na oplati. Činjenica je da su se danas alati usavršili i da je posao jednog armirača delimično pojednostavljen, ali nikakvoj industrijalizaciji i prefabrikaciji elemenata ovde nema mesta, ako je reč o klasičnoj armaturi. Medjutim, tehnologija savremene gradnje zahteva smanjenje angažovanja radne snage i povećanje brzine gradnje, što je dovelo do pojave prefabrikovanih elemenata armature. Prefabrikovati armaturu znači spojiti više komada (šipki) u jednu celinu i to pre postavljanja u konačni funkcionalni položaj. Dakle, pod pojmom prefabrikovane armature smatramo element koji je pre ugradjivanja na neki način spojen u jednu konačnu celinu. Najčešće se ta monolitizacija armature izvodi specijalnim postupkom tačkastog zavarivanja električnim otporom na mestima ukrštanja dveju šipki. Armaturni prefabrikat može biti u obliku ravne ili prostorne mreže, odnosno skeleta, što zavisi od dela u konstrukciji u kojoj će biti ugradjen.

Mrežasta armatura je čelična mreža koja služi za armiranje elemenata konstrukcije kod kojih su dve dimenzije u odnosu na treću jako izražene.

U našim propisima za upotrebu mrežaste armature se način primene mrežaste armature vrlo neprecizno ograničava na "površinske" nosače. Striktnim tumačenjem propisa moglo bi se doći do zaključka da je mrežasta armatura zabranjena za upotrebu u pločama koje nose u jednom pravcu, jer to nije "površinski nosač", što je inače teorijom konstrukcije vrlo tačno definisano. Takodje, došlo bi se do zaključka da se mrežasta armatura ne sme upotrebljavati ni u zidnim platnima

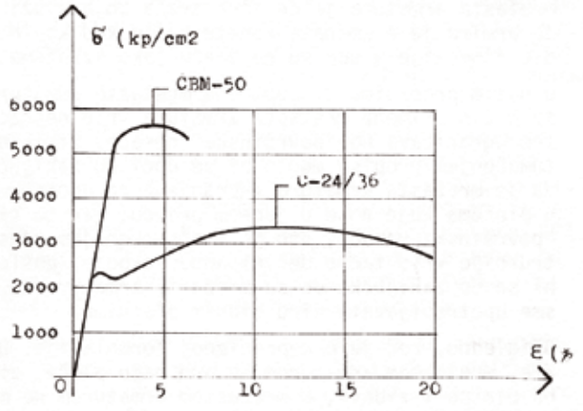
Očigledno, reč je o nepreciznoj formulaciji. Dakle, mrežastom armaturom se armiraju ploče, zidna platna i zidovi, a mrežastom armaturom se mogu armirati i gredni nosači, gde deo armature ima ulogu uzengije. Ovakva čelična armatura se proizvodi u fabrikama na mašinama koje istovremeno ostvaruju tačkaste varove na presecima šipki potpuno automatski u vrlo kratkim vremenskim razmacima, čime se sprečava prekristalizacija i pad kvaliteta materijala osnovne šipke.Po svojim tehnološkim i konstruktivnim odlikama ovakva armatura ima velike prednosti nad klasičnom armaturom, što daje mogućnosti za velike uštede u gradnji.



Sl. 1. Mogućnost upotrebe mrežaste armature

ČELIK

Čelik za proizvodnju mrežaste armature proizvodi se od standardnog mekog ugljeničnog čelika koji ima oznaku Č-24/36 ili bilo kog sličnog ugljeničnog čelika sa količinom ugljenika od o,1-o,25% posebnim postupkom hladnog razvlačenja Ovakvim postupkom čelik se ojačava i postiže se kvalitet, koji se prema propisima zove čelik ČBM-5o. Karakteristike ovog čelika su date na sledećem dijagramu



Minimalna granica loma σ = 56oo kp/cm^2
Minimalna granica razvlačenja σ_{o2} = 5ooo kp/cm^2
Minimalno relativno izduženje δ_{10} = 6%
Povećanje napona u šipkama mreže ne ugrožava vezu izmedju betona i čelika. Zbog kruto vezanih spojeva noseće i podeone armature ova veza je, čak, i bolja. Ukupni koeficijent sigurnosti, prema postojećim propisima je sličan ili veći u poredjenju sa koeficijentom sigurnosti za elemente armirane klasičnom armaturom:

	Č-24/36	ČBM-5o
Koeficijent sigurnosti prema čvrstoći	2,3o	2,2o
Koeficijent sigurnosti prema granici razvlačenja	1,5o	1,9o

Pravilnik o tehničkim merama i uslovima za upotrebu mrežaste armature u armiranobetonskim konstrukcijama objavljen u "Službenom listu SFRJ" br 32/69 u velikoj meri reguliše upotrebu mrežaste armature u armiranobetonskim konstrukcijama Prema propisima nazivni prečnik šipke mrežaste armature ne može biti manji od 4 mm, niti veći od 12 mm Minimalni procenat armiranja armiranobetonskih elemenata mrežastom armaturom zavisi od marke betona elemenata i iznosi.

1. o,1o% za MB manje od 3oo
2 o,15% za MB 3oo
3. o,2o% za MB veće od 3oo.

Ukoliko se mrežasta armatura upotrebljava za uzengije u linijskim nosačima od armiranog betona prečnik pojedine šipke ne sme biti veći od 1o mm.

Zbog povećanih mehaničkih karakteristika čelika dopušteni naponi u armaturi elemenata koji su armirani mrežastom armaturom iznose:

Marka betona	Visina betonskog preseka u cm	Dozvoljeni naponi u mrežastoj armaturi
MB<2oo	d < 12	24oo
	d ≥ 12	26oo
MB≥2oo	d < 12	26oo
	d ≥ 12	28oo

Naponi su dati u kp/cm^2

EKONOMSKI POKAZATELJI

Mrežasta armatura, u eri težnje za što većom prefabrikacijom i industrijalizacijom gradjevinarstva, danas kod nas i u svetu ima vrlo široko područje primene. Do ovoga je došlo zahvaljujući tehničkim, mehaničkim, tehnološkim i ekonomskim karakteristikama i odlikama mrežaste armature Visoki dopušteni naponi u konstrukcijama, pri tome mala težina po 1 m^2 izgradjene površine, mali transportni troškovi, lako rukovanje na gradilištu, pojednostavljena montaža, unificiranje elemenata, učinili su mrežastu armaturu superiornom nad klasičnom armaturom u svim konstruktivnim elementima pločastog odnosno površinskog tipa.

Najčešće se mrežasta armatura upotrebljava u visokogradnji za armiranje:
- jednosmernih i krstatih ploča
- armiranobetonskih zidova
- pečurkastih tavanica
- bazena, rezervoara i sličnih konstrukcija
- svih vrsta prefabrikovanih montažnih elemenata
- ljuskastih i sličnih površinskih nosača

U niskogradnji i hidrogradnji mrežasta armatura je našla takodje široko polje primene za armiranje.
- potpornih zidova
- prefabrikovanih elemenata za oblaganje vodenih tokova i kanala,
- raznih cevovoda i tunela,
- u gradnji puteva kod betonskih kolovoza, parkirališta, aerodromskih pista, itd.

Prema analizama koje su vršili proizvodjači mrežaste armature mogu se prepoznati ekonomski pokazatelji koji opravdavaju upotrebu mrežaste armature i daju joj prednost nad armaturom od mekog ugljeničnog čelika Č-24/36:
- ušteda u težini čelika i do 6o%, što je posle-

dica odnosa dopuštenih napona
- ušteda kod transporta, koja je posledica primarne uštede na količini čelika
- ušteda na vremenu obrade čelika u oblik podesan za armiranje, jer za mreže u celosti otpada razvrstavanje šipki i profila, ravnanje, sečenje, savijanje, izrada kuka i vezivanje
- ušteda u radnoj snazi, kako u fazi izrade mreža, tako i u fazi polaganja armature.

Prema dosadašnjim iskustvima proizvodjača, gore nabrojani efekti sabrano daju sledeću uštedu pri upotrebi mrežaste armature u odnosu na klasičnu armaturu:
- ploče sistema proste gradnje 3o-45%
- kontinualne ploče 15-35%
- krstato armirane ploče 2o-25%

Ovakva koncepcija upotrebe mrežaste armature, kako je prezentirano, prema poznatim autorima, proizvodjačima mrežaste armature i prema propisima, daju izvanredne prednosti nad upotrebom klasične armature. Medjutim, sav dosadašnji prikaz i podaci koji su dobijeni radjeni su na osnovu tretiranja armiranobetonskih konstrukcija na način na koji su tretirane i pri upotrebi klasičnog načina armiranja. Uštede koje se javljaju su posledica povećanih dozvoljenih napona, prefabrikacije i lakše montaže na gradilištu. Jedan bitan faktor, koji u odnosu na veće unete uštede, može da donese vrlo visoki procenat naknadnih ušteda, leži u novom prilazu statičkog tretmana elemenata konstrukcija, što je do sada potpuno zaobilaženo.

Analizom jednog konkretnog projekta biće pokazane dalje prednosti upotrebe mrežaste armature i odnos izmedju upotrebljene količine armature ako se sistem konstrukcije posmatra na klasičan način i upotrebljene količine armature ako se konstruktivnom sistemu pristupi sa stanovišta prilagodjavanja statičkog sistema karakteristikama mrežaste armature.

Za objekte Vojnih baza u Kuvajtu (radove su izvela preduzeća "Rad"-Beograd i "Granit"-Skopje) i za objekte Grupacija A-8 i A-9 u naselju Kijevo-Kneževac u Beogradu (radove izvodi "Progres" iz Pirota) upotrebljeni su sistemi gradnje uz pomoć montažne oplate montažni stolovi od nosno tunelska oplata i način armiranja ploča mrežastom armaturom na modifikovani način, o kome je ovde reč.

Sistem konstrukcije koji je predložen unekoliko se razlikuje od klasičnih pristupa ovom problemu. Stvar je u tome, da je razlika u statičkom tretmanu ploča medjuspratne konstrukcije takva, da se iskoristi puna vrednost armature.

Pri armiranju kontinualnih ploča, uz pokrivanje polja u donjoj zoni i oslonaca u gornjoj zoni ploče mrežastom armaturom, ostvaruju se izvesne uštede u poredjenju sa armiranjem iste ploče mekim klasičnim čelikom, kako je to već pokazano. Medjutim, problemi neracionalnog i nepotrebnog dvostrukog armiranja velikog dela ploče u okolini oslonaca, pravilnog postavljanja armature nad osloncem i zaštite od gaženja armature gornje zone ostaju potpuno otvoreni. Nije dovoljno samo promeniti mehaničke karakteristike materijala i sprovesti delimičnu prefabrikaciju da bi svi problemi bili odstranjeni. Osnovno je, pri upotrebi jednog novog materijala, da se njegove karakteristike iskoriste sa više aspekata i da se primena prilagodi odredjenim uslovima. Isto tako i uslovi primene novog proizvoda se moraju ispitati i prilagoditi karakteristikama samog proizvoda. Pri uvodjenju mrežaste armature u gradjevinsku operativu ovaj aspekt je bio potpuno zanemaren: sistemi konstrukcija nisu bili korigovani prema potrebama novog materijala, već su ostali potpuno isti. Mrežasta armatura je samo zamenila klasičnu po poprečnom preseku i po težini po 1 m^2 Problem prilagodjavanja konstruktivnog sistema karakteristikama mrežaste armature moguće je najlakše prikazati upotrebnom analizom jednog niza ploča medjuspratne konstrukcije koje će se jednom tretirati na klasičan način kao kontinualni nosač, a zatim na poseban način kao sistem prostornih greda.
Ovaj drugi sistem proizašao je iz bitne karakteristike mrežaste armature: mreže po celoj svojoj površini, u ogromnom broju slučajeva, imaju konstantnu površinu čelika i u nosećem i u poprečnom pravcu Pri upotrebi takvih standardnih mreža, poprečni presek noseće armature se usvaja prema maksimalnom momentu u polju (kad je reč o kontinualnim pločama i armaturi polja) i taj se presek povlači od oslonca do oslonca, bez mogućnosti redukovanja preseka kod oslonca povijanja svake druge šipke Ovde mreža u svojoj površini pokriva donju zonu i ni jedna šipka se ne može koristiti za pokrivanje momenata u gornjoj zoni. Za pokrivanje oslonačkih momenata služe nove mreže, dimenzionisane prema najvećem negativnom momentu, i koje opet celim svojim poprečnim presekom armature pokrivaju celo polje negativnih momenata izmedju nultih tačaka i još sektore za ankerovanje armature, opet bez ikakve mogućnosti za redukcijom ukupne količine armature Ovakav problem nije postojao kod kontinualnih ploča armiranih klasičnom armaturom, ali nije ni bio uočen jer su količine uštedjene armature bile tolike, da se nove uštede nisu ni tražile Medjutim, ukoliko se ploče na više oslonaca ne tretiraju kao kontinualni nosači, već kao niz prostih greda, javljaju se nove uštede ne samo u količini upotrebljene armature (jer problem redukcije količine čelika na mestima manjeg momenta savijanja ostaje u izvesnoj meri) već mnogo više u samoj tehnologiji gradnje Ako se polja armiraju samo u donjoj zoni, bez armature nad osloncima, a prema momentu savijanja proste grede, nad osloncima dolazi do izvesne plastifikacije betonskog preseka, do stvaranja eventualne prsline, koja bi bila posledica ostvarenog ugiba u polju, do pojave plastičnog zgloba Smanjenje preseka nad osloncem radi obrazovanja

zglobne veze je već poznat zahtev u statici armiranobetonskih konstrukcija, pa se u ovakvom sistemu ne javlja nikakav novi elemenat konstrukcije, a tretman medjuspratne konstrukcije na ovakav način je sasvim ispravan, jer se njime ne narušava stabilnost. Armiranjem samo donje zone izbegava se pojava velikih delova ploče koji su armirani dvostrukom armaturom. Istina, svako polje novog sistema je armirano jače nego polje koje mu odgovara u sistemu kontinualne ploče, ali će uporedna analiza ovih sistema pokazati koliko je manje armature potrebno za armiranje medjuspratne tavanice, ako se armiraju samo polja po sistemu proste grede

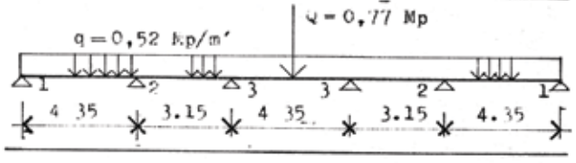
Sistemi tavanice, veličine raspona i akustički uslovi diktiraju odredjenu debljinu ploče, tako da naponi u betonu ne moraju uvek biti merodavni za usvajanje najmanje potrebne visine medjuspratne ploče Visina ploče je 12 cm., a analiza ukupnog opterećenja polja oba sistema je podjednaka. Iz jednog objekta biće izdvojena karakteristična ploča koja će biti analizirana:

I Dimenzionisanje ploča sistema kontinualnog nosača na pet polja i šest oslonaca

Analiza opterećenja.

- tapison na florbitu	5o kp/m^2
- sopstvena težina ploče 12 cm	3oo kp/m^2
- plafon	2o kp/m^2
- korisno opterećenje	15o kp/m^2
	q = 52o kp/m^2
- težina pregradnog zida u III polju, 2,4xo,2oxl6oo	q = 77o kp/m^1

STATIČKA ŠEMA



Rešenje kontinualnog nosača Kanijevim postupkom:

Krutosti štapova:

$$K_{21} = \frac{3}{4} \times \frac{1}{4,35} = o,17$$

$$K_{23} = \frac{1}{3,15} = o,317$$

$$\frac{1}{2} K_{33} = \frac{1}{2} \times \frac{1}{4,35} = o,2o$$

$$2\Sigma K_2 = 2\,(o,17o + o,317) = o,974$$

$$\mu_{21} = \frac{o,17o}{o,974} = o,17 \qquad \mu_{23} = \frac{o,317}{o,974} = o,33$$

$$2\Sigma K_3 = 2(o,317 + o,2o) = 1,o34$$

$$\mu_{23} = \frac{o,317}{1,o34} = o,31 \qquad \mu_{33} = \frac{o,2oo}{1,o34} = o,19$$

Momenti punog uklještenja štapova za gravitaciono opterećenje:

$$M_{21} = \frac{4,35^2 \times o,52}{8} = 1,23o \text{ Mpm}$$

$$M_{23} = \frac{3,15^2 \times o,52}{12} = o,43o \text{ Mpm}$$

$$M_{33} = \frac{4,35^2 \times o,52}{12} + \frac{o,77 \times 4,35}{8} = 1,24 \text{ Mpm}$$

Momenti u osloncima prema Kaniju·

$M_2 = 1,23 - 2 \times o,199 = o,83o$ Mpm

$M_3 = -1,24 + 2 \times o,227 = - o,786$ Mpm

Momenti u poljima.

$R_{12} = 1,13 - o,2o = o,93$ Mp

$R_{21} = 1,13 + o,2o = 1,53$ Mp

$$\max M_I = \frac{o,93^2}{2 \times o,52} = o,83 \text{ MPm}$$

$R_{23} = o,82 + o,ol = o,83$ Mp

$R_{32} = o,82 - o,ol = o,82$ Mp

$$\max M_{II} = \frac{o,83^2}{2 \times o,52} = o,83 = - o,17 \text{ Mpm}$$

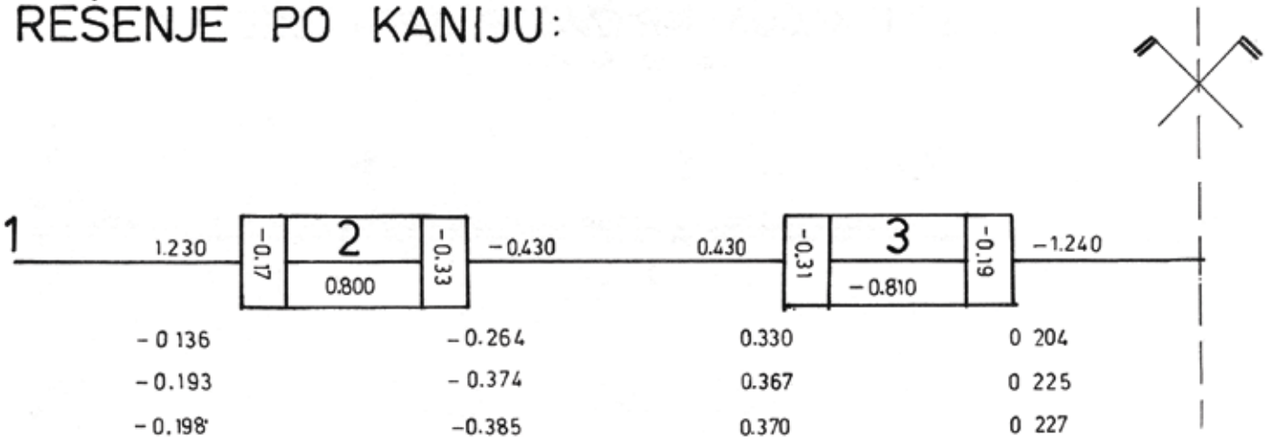
$$\text{mer } M_{II} = \frac{3,15^2 \times o,52}{24} = o,22 \text{ Mpm}$$

$R_{33} = o,385 + 1,23 = 1,615$ Mp

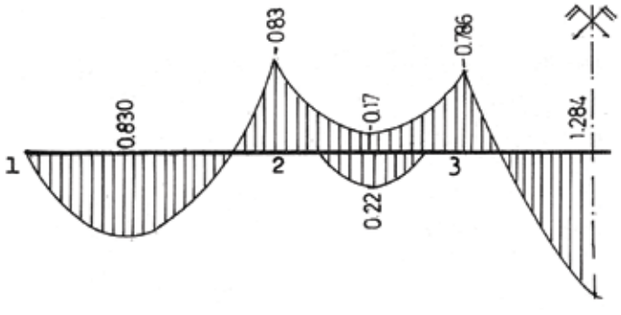
$$\max M_{III} = \frac{4,35^2 \times o,52}{8} + \frac{o,77 \times 4,35}{4} - o,786 =$$

$= 1,284$ Mpm

REŠENJE PO KANIJU:



DIJAGRAM MOMENATA KONTINUALNOG NOSAČA - PLOČE



Dimenzionisanje ploče

Usvaja se dp = 12 cm

$r = \sqrt{\frac{lo,5}{83o}} = o,364 \qquad \mu = o,315$

$fa^{I} = o,315 \times lo,5 = 3,83$ usvaja se R - 385

$r = \sqrt{\frac{lo,5}{22o}} = o,788 \qquad \mu = o,o8$

$ra^{II} = o,o8 \times lo,5 = o,84\ cm^2$ usvaja se $\pm$ R-88

U II polju se usvaja mreža i u gornjoj i u donjoj zoni

$r = \sqrt{\frac{lo,5}{1184}} = o,3o5 \qquad \mu = o,454$

$fa^{III} = o,454 \times lo,5 = 4,77\ cm^2$ usvaja se R-473

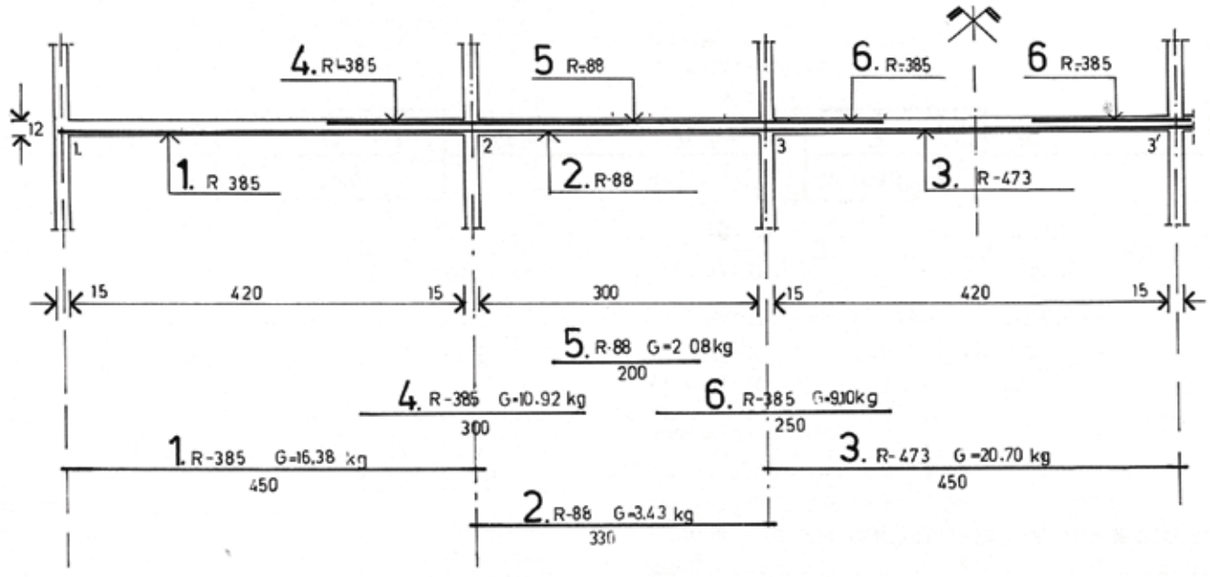
Specifikacija armature - mreža:

1. R - 385	kom. 2	2 x 16.38	=	32,76 kg
2. R - 88	kom. 2	2 x 3,43	=	6,86 kg
3. R - 473	kom. 1	1 x 2o,7o	=	2o,7o kg
4. R - 385	kom. 2	2 x lo,92	=	21,84 kg
5. R 88	kom. 2	2 x 2,o8	=	4,16 kg
6. R - 385	kom 2	2 x 9,1o	=	18,2o kg

Ukupno kg lo4,52 ili 6,ol kg/m^2 ploče.

SPECIFIKACIJA MREZASTE ARMATURE

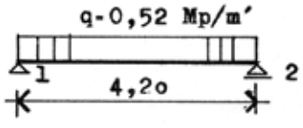
– KONTINUALNA PLOČA –



II.Dimenzionisanje ploča sistema proste grede

Analiza opterećenja za polja u svemu odgovara varijanti I

I polje



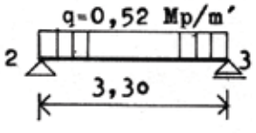
$\max M_I = \frac{4,2^2 \times 0,52}{8} = 1,15$ Mpm

$r = \sqrt{\frac{10,5}{1150}} = 0,310 \quad \mu = 0,436$

$fa^I = 10,5 \times 0,436 = 4,58\ cm^2$

usvaja se R-473

II polje



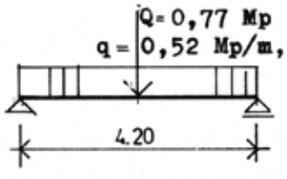
$\max M_{II} = \frac{3,0^2 \times 0,52}{8} = 0,585$ Mpm

$r = \sqrt{\frac{10,5}{585}} = 0,434 \quad \mu = 0,216$

$fa^{II} = 10,5 \times 0,216 = 2,72\ cm^2$

Usvaja se R-221

III polje



$\max M = \frac{4,2 \times 0,52}{8} - \frac{4,2 \times 0,77}{4} = 1,96$ Mpm

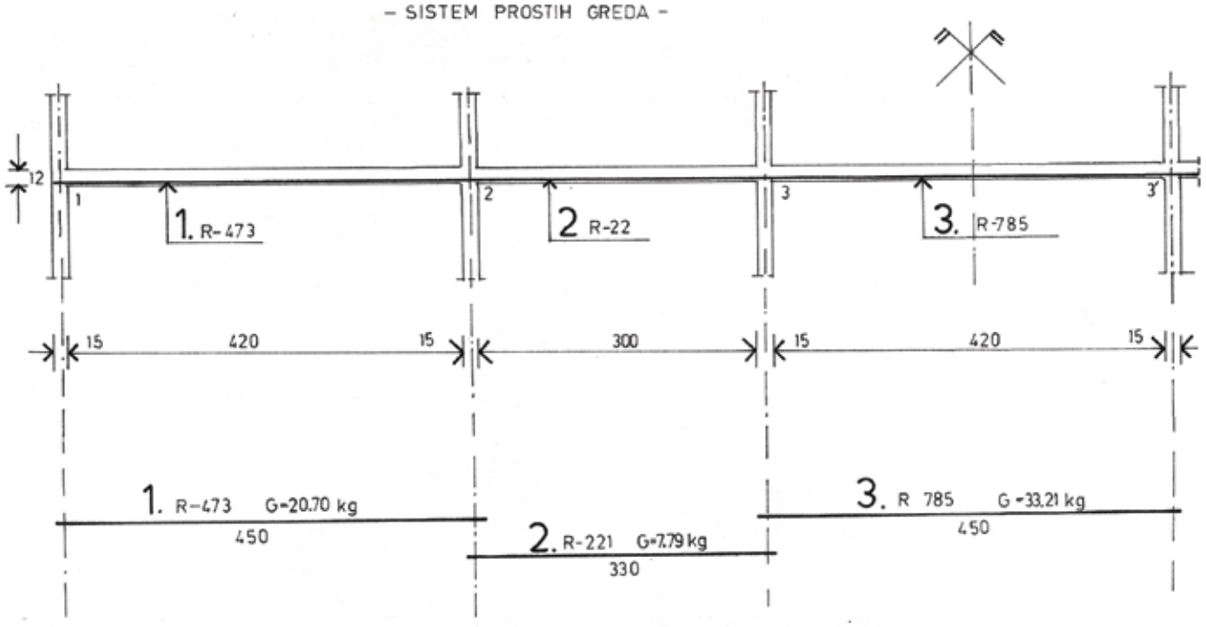
$r = \sqrt{\frac{10,5}{1960}} = 0,237 \quad \mu = 0,740$

$fa_{III} = 10,5 \times 0,740 = 7,77\ cm^2$

usvaja se R-785

SPECIFIKACIJA MREŽASTE ARMATURE

– SISTEM PROSTIH GREDA –



Specifikacija mreže:

1. R - 473	kom.	2	2 x 2o,7	41,4o kg
2. R - 221	kom.	2	2 x 7,79	15,58 kg
3. R - 785	kom.	1	1 x 33,21	33,21 kg
			Ukupno:	9o,19 kg

Prosečno po 1 m^2 ploče·

$$g = \frac{9o,19}{17,4o} = 5,18 \text{ kg/m}^2$$

Z A K L J U Č A K

Statičkim proračunom medjuspratne konstrukcije - pune ploče utvrdjeno je sledeće:

I Za kontinualnu ploču na pet polja opterećenu jednako podeljenim opterećenjima i koncentrisanom silom u trećem polju potrebne su za pokrivanje zategnutih zona u ploči sledeće mreže·

R - 385 ..... . 45o
R - 88 ..... 33o
R - 473 ..... 45o
R - 385 .... .. 3oo
R - 88 ..... 2oo
R - 385 .. .... 25o

čija je potrebna težina g = 6,ol kg/m^2 za ploču debljine dp = 12 cm.

II. Za pet ploča sistema niza prostih greda opterećenih jednako podeljenim opterećenjem i koncentrisanom silom u trećem polju potrebne su sledeće mreže za pokrivanje zategnutih zona ploča

R - 473 . .... 45o
R - 221 ..... 33o
R - 785 ..... 45o

čija je prosečna težina g = 5,18 kg/m^2 za ploče debljine dp = 12 cm.

Očigledno je da je za armiranje ploča po sistemu kontinualnog nosača potrebno $\frac{6,ol}{5,18}$ = 1,16 - 16% više armature nego za armiranje niza prostih greda - ploča opterećenih u svemu kao kontinualne ploče i istih raspona kao kontinaulne ploče U isto vreme broj različitih mreža za armiranje ploča po sistemu kontinualnih nosača je 6 komada, što je loo% više nego što je potrebno za armiranje niza prostih greda. Ovaj parametar je vrlo važan pri današnjoj situaciji ograničenog asortimana mrežaste armature na našem tržištu, a takodje i u situaciji kada želimo da maksimalno unificiramo elemente konstrukcija i smanjimo im i broj do krajnje granice.

Predloženi sistem armiranja ploča u objektima vojnih baza u Kuvajtu i objektima Grupacija A-8 i A-9 u naselju Kijevo - Kneževac u Beogradu, pored ekonomskih prednosti nad ostalim sistemima

ima i veći broj tehnoloških prednosti, što se opet svodi na značajan ekonomski faktor:

- jednostavna montaža armature bez dodatnih radova na obezbedjivanju položaja armature u gornjoj zoni ploče, kao kod kontinualnih ploča,
- lakše ugradjivanje betona, pravilno vibriranje, bez dodirivanja šipki i stvaranja segregacije usled vibracije šipki,
- prekidi betoniranja se izvode bez upotrebe specijalno izrezanih dasaka odredjenih dimenzija,
- otvori u pločama se ostvaruju na vrlo jednostavan način, sa mogućnošću da se armatura na delu otvora kasnije odseče,
- u krajnjim poljima, uz spoljne zidove, postavljanje tarolita u donjoj zoni, kao termička izolacija, ne narušava statički sistem,
- otvori u pločama za prolaz ventilacionih kanala koji se nalaze po pravilu uz zidove, nalaze se na mestu malih momenata, što takodje ne narušava statički sistem.

Očigledno je da jedan ovakav sistem zahteva potpunu prostornu krutost celog objekta. Ova se krutost mora obezbediti izvodjenjem armiranobetonskih zidova u oba ortogonalna pravca, koji će primiti horizontalne sile od vetra i seizmičkog dejstva, što za konstruktivni sistem, gde postoje bočni zidovi i poprečni - čeoni zidovi, nije nikakav problem.

Ova analiza ima za cilj da pokaže opravdanost predloženog rešenja, a iskustva, stečena gradnjom po modifikovanom sistemu, samo potvrdjuju stavove da je neophodno i konstruktivne elemente u statičkom smislu prilagoditi materijalu i da se tom prilikom dobija racionalna i sigurna konstrukcija kakvoj se uvek teži.

L i t e r a t u r a

- B.Pejatović: Priručnik o projektovanju prefabrikovane gradjevinske armature sa njenom primenom,
- Jugomont - Jugobeton, Zagreb: Zavarena mrežasta armatura
  Zbirka tehničkih propisa iz oblasti gradjevinarstva, Beograd, 1973. g.

Recenzent: Milorad Ristić







Fotografije: Objekti grupacije A-9 u naselju Kijevo-Kneževac u Beogradu izvedeni modifikovanim načinom armiranja medjuspratnih betonskih ploča

Projektanti: arh.Aleksandar Djokić i arh.Mihailo Čanak



Rezultate mojih istraživanja iz oblasti drvenih rebrastih konstrukcija sam saopštio najpre na Katedri za statiku konstrukcija na Arhitektonskom fakultetu, a zatim štampao u svesci 354 edicije DGA. Po principima projektovanja, izloženim u ovom radu, projektovao sam i izveo krovnu tavanicu nad atrijumom Biblioteke grada Beograda i međuspratnu tavanicu na Katoličkom školskom centru u Ulanbatoru u Mongoliji.

DOKUMENTACIJA ZA GRAĐEVINARSTVO I ARHITEKTURU

SVESKA 35-4

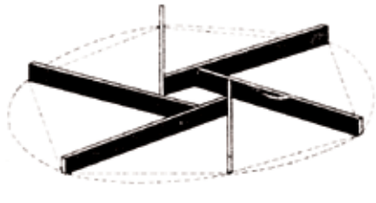
DGA–1743

Vojislav Kujundžić, dipl.inž.arh.

Ravne krovne strukture u drvetu nad poligonalnom osnovom

Problemi konstruisanja površinskih nosača i sličnih sistema konstrukcija ravnih krovnih struktura koji nose u radijalnom pravcu ili u dva ili više pravaca su, kad je u pitanju drvo kao građevinski materijal, otvoreni, jer je drvo heterogen i anizotropan materijal koji se različito ponaša ako je dvoosno aksijalno napregnut ili ako je jednovremeno opterećen u pravcu vlakanaca i upravno na pravac vlakanaca. Ovakvi se problemi u praksi rešavaju obrazovanjem višeslojnog sendviča, kod koga su vlakanca lamela orijentisana u više pravaca, a međusobno lamele su povisini mehanički spojene, ili lepljenjem furnirskih ploča s orijentacijom vlakanaca u više pravaca. Ako su pak u pitanju rebrasti sistemi u masivnom drvetu ili lepljenom lameliranom drvetu, rešenje problema dvoosnog naprezanja drvenih elemenata treba tražiti u pogodnom rasporedu osnovnih konstruktivnih elemenata i u njihovoj međusobnoj orijentaciji, odnosno u rešenju međusobnih veza, spojeva i nastavaka. Problem orijentacije štapova u sistemima krovnih struktura nad poligonalnom osnovom se značajno komplikuje ukoliko se insistira na poštovanju osnovnih geometrijskih odnosa konstrukcije i osnove, jer je međusobno prožimanje drvenih rebara fizički nemoguće, a tehnološki skopčano s mnogobrojnim problemima izvođenja veza kojima se moraju efikasno prihvatiti i preneti presečne sile. Budući da su zglobne veze elemenata konstrukcije u drvetu povoljnije od veza koje mogu prihvatiti i momenat pri međusobnom povezivanju dva drvena štapa, treba tražiti takvoj konfiguraciji štapova i takvoj zglobnoj međusobnoj vezi štapova da struktura može preneti svaku vrstu opterećenja i ostati stabilna.

Cilj ovog rada je da se prikažu mogućnosti projektovanja krovnih struktura nad poligonalnim osnovama iz uslova podjednakog rada svakog od elemenata u strukturi. Kvalitet unifikacije elemenata konstrukcije je od izvanrednog značaja za industrijalizaciju u građevinarstvu i za efikasniju primenu tipskih elemenata konstrukcije. Stara ideja izvođenja lamelastih svodova od drveta korišćena je pri izvođenju geometrijskih odnosa elemenata konstrukcije ravne krovne strukture nad pologonalnom osnovom, gde su sve međusobne veze elemenata zglobne, gde su svi elementi konstrukcije isti i gde se jednako podeljeno površinsko opterećenje prenosi na tačke po obimu konture poligona, bez ikakvog srednjeg oslonca. Predloženi sistem pruža jedinu mogućnost konstruisanja rebrastih struktura s rebrima u istoj ravni ako rebra nisu paralelna već postavljena po osama koje pod istim uslovima odstupaju od radijalnih osa kružnice opisane oko zadatog poligona. Svako rebro iz sistema se oslanja po obodu na nepokretni oslonac koji ne prihvata momente savijanja, niti momenat torzije. Na svom drugom kraju rebro tangira kružnicu koncentričnu opisanoj

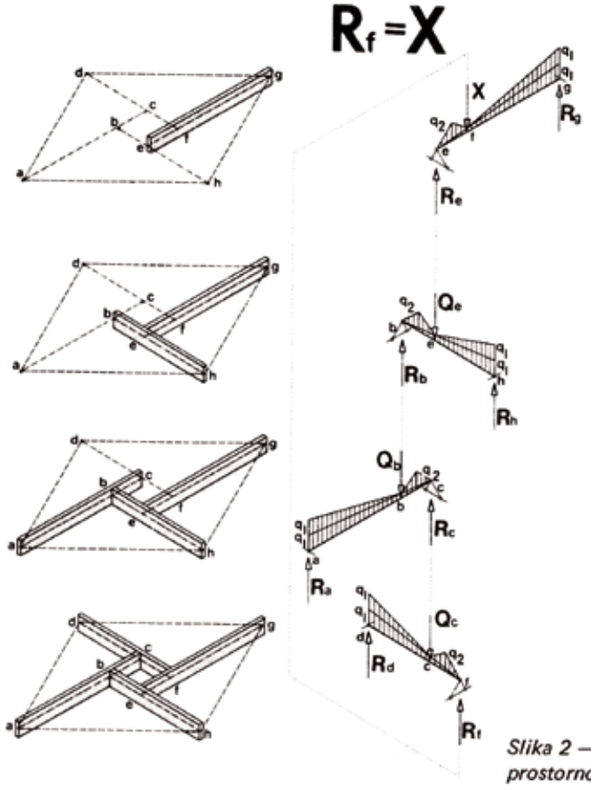


Slika 1 – Aksonometrijski prikaz sistema strukture

kružnici oko poligona, čiji je radijus uvek manji od radijusa opisane kružnice i oslanja se zglobno na susedno rebro. Tačka oslanjanja jednog rebra na drugo, susedno rebro je geometrijski jasno određena i u zavisnosti je od odnosa radijusa centralne i periferne kružnice. Na ovaj način svako rebro ima svoj spoljni oslonac na temenu poligona i svoj unutrašnji oslonac na susednom rebru, a da je opterećeno sekundarnom konstrukcijom, sopstvenom težinom i silom reakcijom susednog rebra. Svaki od štapova je autonomna prosta greda, a zajedničko za svaki štap je isti geometrijski uslovi i isto opterećenje. Rešenje statičkog sistema ovakvih ravnih rebrastih krovnih struktura zasniva se na određenim pretpostavkama:

- opterećenje rebra usled oslanjanja sekundarne konstrukcije — ispune je definisano i podjednako za svako rebro u sistemu;
- sopstvena težina rebra se mora uključiti u prosečno površinsko opterećenje cele strukture;
- opterećenje duž rebra je gravitaciono — vertikalno;
- sve međusobne veze su zglobne, s tim da se periferni oslonac može tretirati kao nepokretno, a centralni oslonac kao pokretno zglobno ležište u aksijalnom pravcu;
- zanemaruje se uticaj eventualne ekscentričnosti izvedenih međusobnih veza štapova na centralnoj kružnici.

Izrazi dati u prilogu dovoljni su za sračunavanje geometrijskih veličina i potrebnih statičkih veličina za određivanje dimenzija štapova i konstruisanje potrebnih međusobnih veza. Izvedeni su na primeru strukture nad kvadratnom osnovom, kako se vidi na aksonometrijskom prikazu. U prvom koraku proračuna osnovni element — prosta greda opterećen je trouglastim poznatim opterećenjem q_1 i q_2 i jednom nepoznatom koncentrisanom silom X u tački f. Drugi korak proračuna predstavlja rešenje proste grede b — e — h, koja je opterećena trouglastim opterećenjem q_1 i q_2 i koncentrisanom silom Q_e u tački e koja je jednaka centralnoj reakciji R_e štapa e — f — g.



Slika 2 — Aksonometrijska shema prostornog sistema

2

Pod istim uslovima u trećem i četvrtom koraku su rešene proste grede — rebra a — b — c i d — — c — f. Ako se uvede uslov da je centralna reakcija rebra d — c — f jednaka početnoj nepoznatoj sili na rebru, da je $R_f = X$ i jednačina reši po X, onda se uvođenjem u prethodne jednačine vrednosti X mogu dobiti veličine svih statičkih uticaja za rebra. Sistem je simetričan, tako da su vrednosti statičkih uticaja za sva rebra jednake, što se može sračunati i na mnogo jednostavniji način ako se posmatra samo jedno rebro opterećeno jednako podeljenim opterećenjem i koncentrisanom silom X čiji intenzitet odgovara vrednosti centralne reakcije.

Kinematička stabilnost sistema se može dokazati, jer se čvorovi zadatog sistema pomeraju samo pri istovremenoj deformaciji svih ili nekih štapova ili pri pomeranju oslonca. Ako se prikazani sistem posmatra kao prostorni sistem sastavljen iz četiri krute ploče koje su međusobno vezane zglobno, onda je kinematička stabilnost sistema (prosta ili višestruka kinematička stabilnost) data izrazom:

$$Z_o + Z_z \geqslant r \cdot Z_p ,$$

uz uslov da je determinanta sistema algebarskih jednačina pomeranja čvorova različita od nule: $D \neq 0$.

U prethodnom izrazu je:

Z_o — ukupan broj oslonačkih veza,
$Z_s = t\,(m - 1) \cdot n$ — ukupan broj sila veza u n čvorova, s tim da je $t = 3$ ako zglob ne prenosi torzioni momenat a m broj krutih ploča zglobno vezanih u jednom čvoru,
r — broj stepeni slobode krutog tela u prostoru ($r = 5$ ako kruto telo ili štap ne prima i ne prenosi torzioni momenat),
Z_p — ukupan broj krutih ploča sistema.

Prostorna kinematička stabilnost posmatranog sistema je:

$$Z_o + Z_z \geqslant r \cdot Z_p$$

$$3 \cdot 4 + 4 \cdot 3(2-1) > 5 \cdot 4$$

$$24 > 20,$$

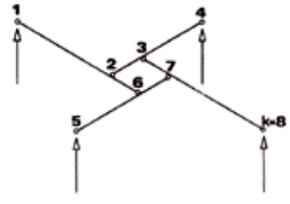
što znači da je sistem višestruko kinematički stabilan i više puta statički neodređen. Ako se problem stabilnosti pojednostavi i sistem ispituje isključivo za dejstvo vertikalnih gravitaiconih sila, onda je:

$$Z_o + Z_z \geqslant 2 \cdot Z_p$$

$$4 \cdot 1 + 4 \cdot 1(2-1) = 2 \cdot 4$$

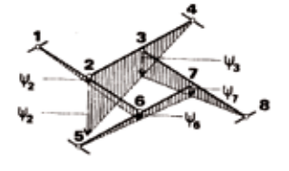
$$8 = 8,$$

što znači da je sistem prosto kinematički stabilan i statički određen.



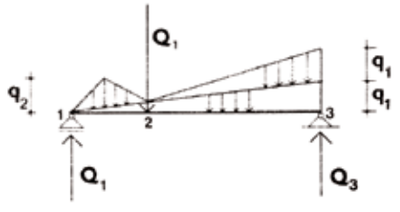
Slika 3 — Plan sistema

Da je sistem kinematički stabilan i da se čvorovi sistema pomeraju isključivo pri istovremenoj deformaciji svih ili samo nekih štapova strukture ili pri pomeranju oslonca može se dokazati ako se utvrdi da pomeranja postaju neusaglašena i nemoguća kad se jednom od štapova sistema zada neko drugo proizvoljno pomeranje ili obrtanje. Ako se pojednostavi prethodni sistem i smatra da se rebra međusobno oslanjaju u polovima svoje dužine i ako se tako koncipiranom štapu (krutoj ploči) 1 — 2 — 6 sistema sa nepomerljivim osloncima zada proizvoljno moguće pomeranje u tački 6 za veličinu $\psi_6 = 2$ u vertikalnom pravcu, onda će, po principu konstrukcije Viliotovog plana pomeranja, vertikalno pomeranja štapa 5 — 6 — 7 iznositi na kraju štapa u tački 7 $\psi_7 = 4$. Kako je čvor u tački 7 zajednički čvor za štapove 5 — 6 — 7 i 8 — 7 — 3, pomeranje čvora 7 u vertikalnom pravcu izaziva pomeranje tačke 2 na štapu 4 — — 3 — 2 za $\psi_2 = 16$. Čvor 2, koji pripada štapu 1 — 2 — 6 i čije je pomeranje u okviru zadatog pomeranja tačke 6 na kraju štapa, iznosi $\psi_2 = 1$ i ima i jednovremeno pomeranje $\psi_2 = 16$ kad pripada štapu 4 — 3 — 2. Ovako neusaglašeno pomeranje može biti moguće samo pri raspadu sistema,

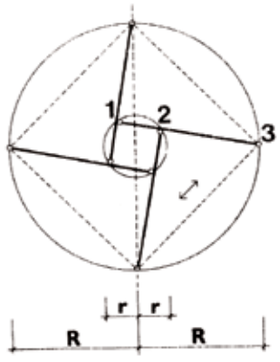


Slika 4 — Plan pomeranja tačaka sistema

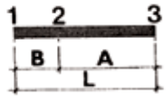
odnosno nemoguće je pri stalnim međusobnim vezama ploča koje obrazuju sistem, što dokazuje da sistem nije labilan, niti da sistem ima kritičnu konfiguraciju štapova ili konfiguraciju blisku kritičnoj već da je sistem prosto kinematički stabilan ili višestruko kinematički stabilan. Za praktičnu upotrebu u prilogu su dati geometrija, uslovi oslanjanja i pravca prenošenja opterećenja sekundarne konstrukcije i karakteristične statičke veličine za ravne rebraste krovne strukture u drvetu nad osnovama oblika pravilnih poligona sa 4, 5, 6, 8, 9 i 12 strana. Treba naglasiti da se pri velikim radijusima periferne kružnice, opisane oko pravilnog poligona, sistem može rešavati i na taj način da se u okviru centralne kružnice postavi novi sistem rebara s manjim brojem štapova. Teorijski, broj ovakvih aplikacija sistema u okviru jedne osnove ne mora biti ograničen. Iskustva stečena izvođenjem ovakvih i sličnih tipova drvenih tavanica od lepljenog lameliranog drveta (školski centar ambasade SSSR u Novom Beogradu) pokazuje da treba predvideti nadvišenje konstrukcije u centru kružnice od 2R/200 ako se međusobne veze elemenata izvode limenim okovom i zavrtnjima.



Slika 5 — Shema opterećenja osnovnog elementa strukture



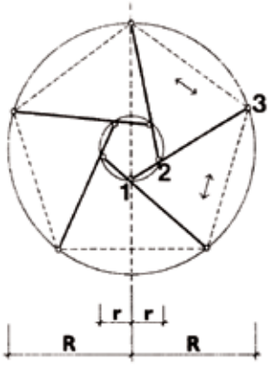
r = 0,1500 R
A = 0,8883 R
B = 0,2121 R
L = 1,1004 R



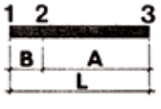
$Q_1 = 1{,}5713\ R\ q_1 + 0{,}4972\ R\ q_2$
$Q_3 = 0{,}9944\ R\ q_1 + 0{,}1016\ R\ q_2$

$M_{max} = 0{,}3319\ R^2\ q_1 + 0{,}0942\ R^2\ q_2$

Slika 6 — Shema pravilnog poligona sa četiri strane



r = 0,1500 R
A = 0,9044 R
B = 0,1763 R
L = 1,0807 R

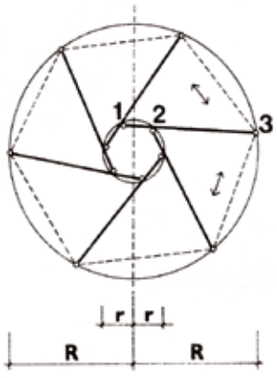


$Q_1 = 1{,}8771\ R\ q_1 + 0{,}4963\ R\ q_2$
$Q_3 = 0{,}9926\ R\ q_1 + 0{,}0882\ R\ q_2$

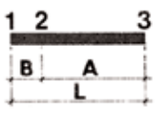
$M_{max} = 0{,}3292\ R^2\ q_1 + 0{,}0867\ R^2\ q_2$

Slika 7 — Shema pravilnog poligona sa pet strana

4



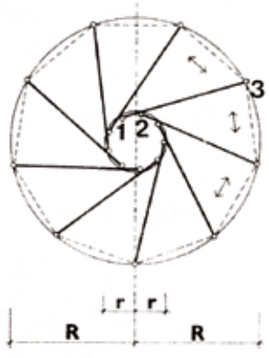
r = 0,1500 R
A = 0,9165 R
B = 0,1500 R
L = 1,0665 R



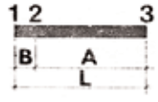
$Q_1 = 2{,}1970\ R\ q_1 + 0{,}4960\ R\ q_2$
$Q_3 = 0{,}9915\ R\ q_2 + 0{,}9900\ R\ q_2$

$M\ max = 0{,}3290\ R^2\ q_1 + 0{,}0688\ R^2\ q_2$

Slika 8 — Shema pravilnog poligona sa šest strana



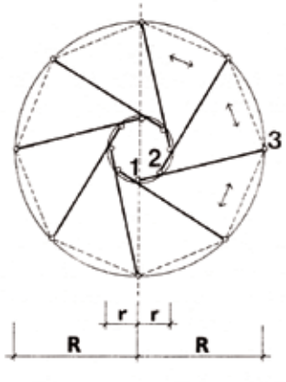
r = 0,1500 R
A = 0,9387 R
B = 0,1026 R
L = 1,0413 R



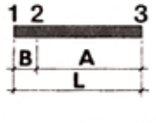
$Q_1 = 3{,}1297\ R\ q_1 + 0{,}4950\ R\ q_2$
$Q_3 = 0{,}9900\ R\ q_1 + 0{,}0513\ R\ q_2$

$M\ max = 0{,}3274\ R^2\ q_1 + 0{,}0482\ R^2\ q_2$

Slika 10 — Shema pravilnog poligona sa devet strana



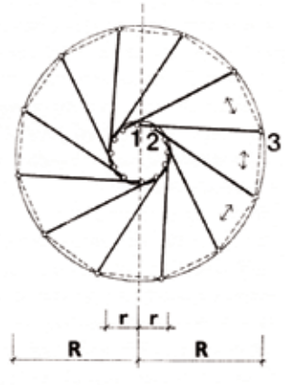
r = 0,1500 R
A = 0,8755 R
B = 0,1148 R
L = 1,0477 R



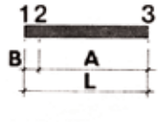
$Q_1 = 2{,}8574\ R\ q_1 + 0{,}4952\ R\ q_2$
$Q_3 = 0{,}9904\ R\ q_1 + 0{,}0574\ R\ q_2$

$M\ max = 0{,}3280\ R^2\ q_1 + 0{,}0536\ R^2\ q_2$

Slika 9 — Shema pravilnog poligona sa osam strana



r = 0,1500 R
A = 0,9506 R
B = 0,0776 R
L = 1,0282 R



$Q_1 = 4{,}2098\ R\ q_1 + 0{,}4946\ R\ q_2$
$Q_3 = 0{,}9894\ R\ q_1 + 0{,}0388\ R\ q_2$

$M\ max = 0{,}3236\ R^2\ q_1 + 0{,}0368\ R^2\ q_2$

Slika 11 — Shema pravilnog poligona sa dvanaest strana

5

PRORAČUN PRAVIH, POLIGONALNIH I ZAKRIVLJENIH ŠTAPOVA OD LEPLJENOG LAMELIRANOG DRVETA PRIMENOM KUĆNIH RAČUNARA

Moj prvi ozbiljniji rad na primeni računara u projektovanju konstrukcija od drveta je prikazan na II Jugoslovenskom simpozijumu savremene drvene konstrukcije na Bledu 1986 godine:

Doc.Vojislav KUJUNDZIC,dipl.ing.arh.

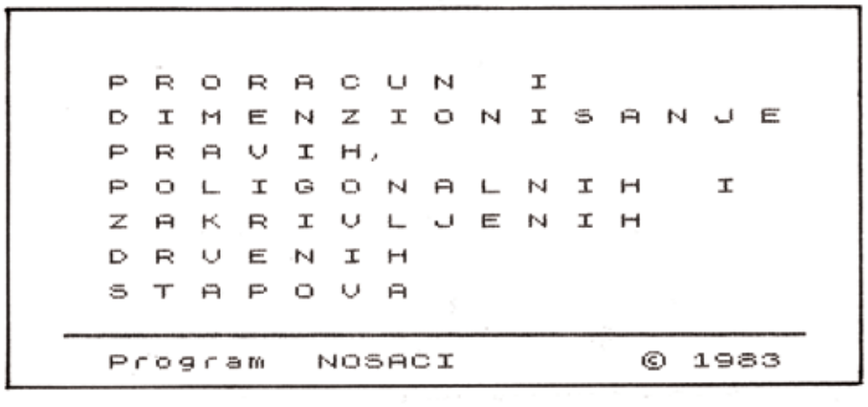
Arhitektonski fakultet
Univerzuteta u Beogradu

PRORACUN PRAVIH,POLIGONALNIH I ZAKRIVLJENIH STAPOVA OD LEPLJENOG LAMELIRANOG DRVETA PRIMENOM KUCNIH MIKRORACUNARA

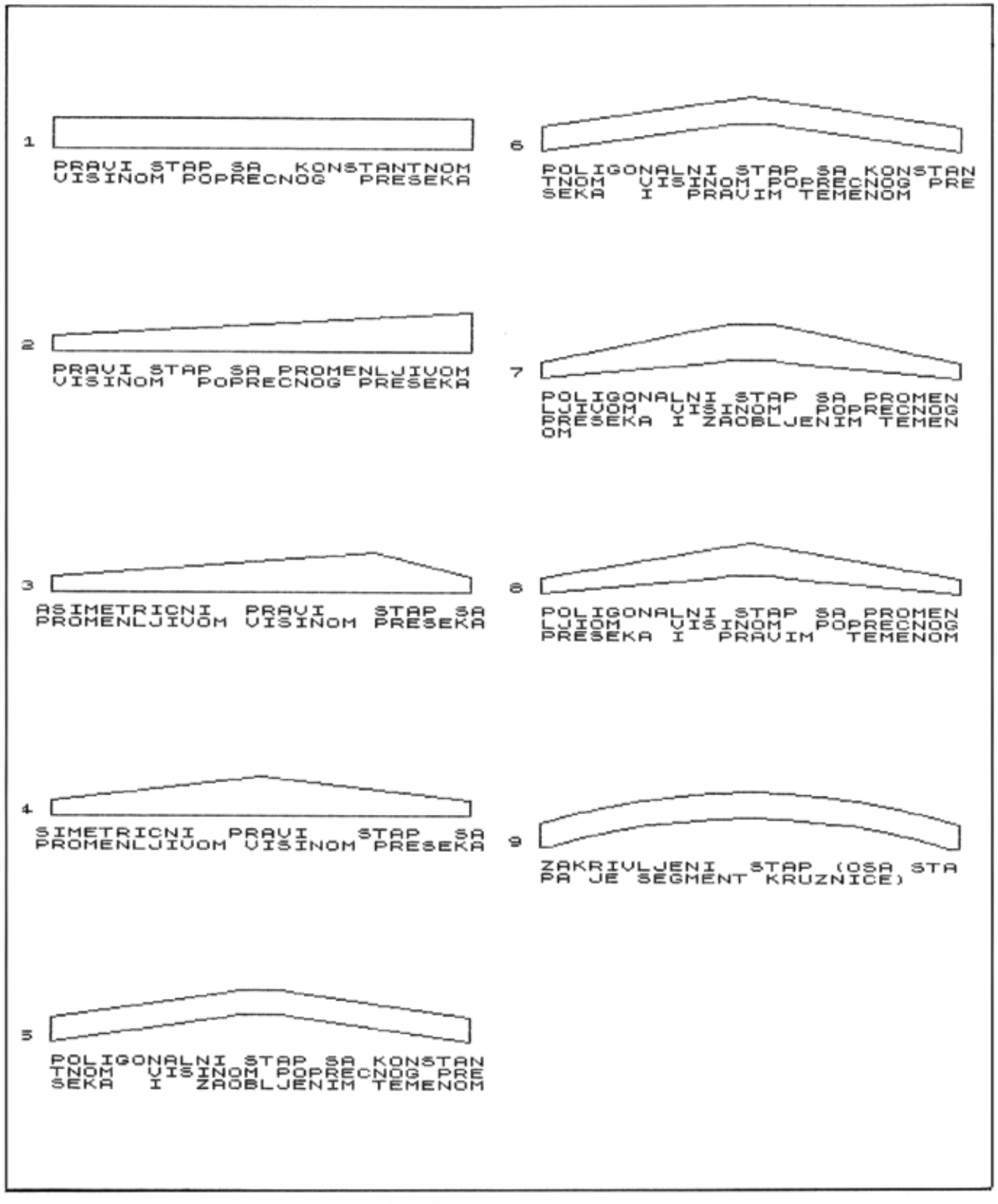
S A Z E T A K

Sacopstenjem je dat prikaz autorskog programa za racunar Sinclair ZX Spectrum 48 KB kojim se vrsi proracun geometrijskih karakteristika opterecenih pravih, poligonalnih i zakrivljenih stapova od lepljenog lameliranog drveta sistema proste grede. Geometrijske karakteristike - dimenzionisanje stapova se odredjuje iz uslova iskoriscenih napona u oslonackom, karakteristicnom i temenom poprecnom preseku i uslova dozvoljenih ugiba stapa,pri cemu se odredjuje i minimalni razmak bocnih pridrzajnih tacaka. Dat je prikaz rezultata proracuna tri karakteristicna tipa nosaca od devet mogucih tipova koji su obuhvaceni programom.

Primena kucnih mikroracunara tipa Sinclair ZX Spectrum, Commodore 64 ili Amstrad CPC 464 moze biti vrlo korisna za konstruktera u njegovoj svakodnevnoj praksi iako se performanse ovih racunara ne mogu meriti sa profesionalnim personalnim racunarima. Kapacitet RAM-a ovih racunara nije veci od 40 KB sto moze biti sasvim dovoljno za smestanje skromnijih programa cijom primenom konstrukter moze biti rasterecen zamornog postupka racunske provere naprezanja usvojenih ili pretpostavljenih dimenzija poprecnih preseka opterecenih prostih stapova od lepljenog lameliranog drveta.



Slika 1. NASLOV PROGRAMA

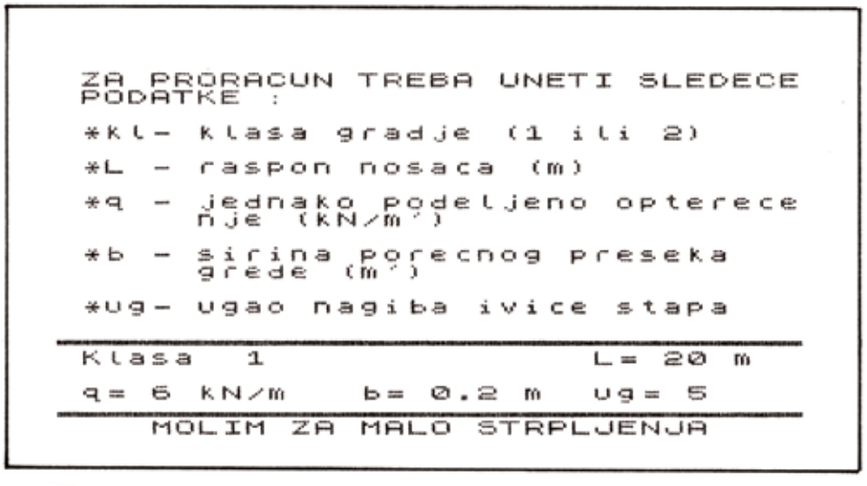


Slika 2. TABLICA TIPOVA NOSACA

Programom "PRORACUN I DIMENZIONISANJE PRAVIH, POLIGONALNIH I ZAKRIVLJENIH DRVENIH STAPOVA" se moze analizirati devet osnovnih tipova drvenih stapova - prostih greda,koji su optereceni jednako podeljenim opterecenjem.Program je napisan u Basic-u za Sinklerov racunar ZX Spektrum 48 KB.

Iz blok-dijagrama programa moze se videti osnona organizacija programa. Za odabrani tip drvenog stapa mora se uneti odredjeni broj osnovnih podataka:

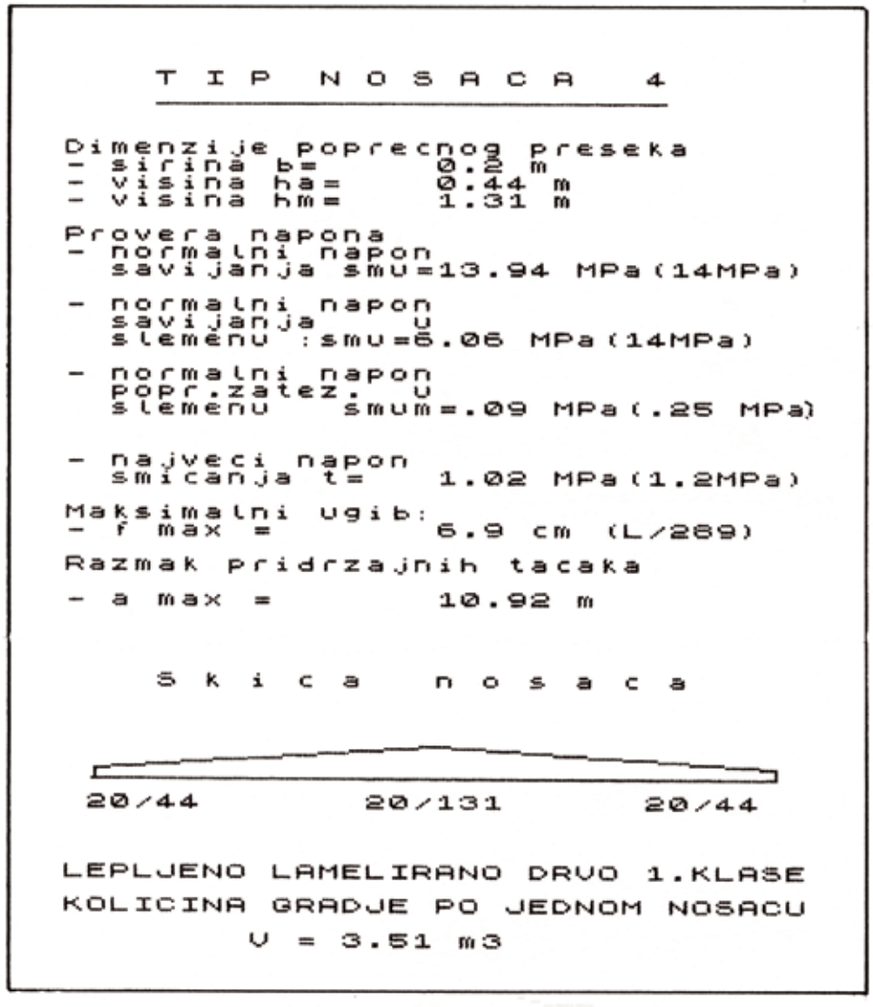
- sifra stapa iz prikaza tipova stapova,
- klasa gradje - prva ili druga klasa gradje za lepljeno lamelirano drvo cetinara, na osnovu cega se odredjuju vrednosti dozvoljenih napona,
- raspon nosaca ciji je staticki sistem prosta greda,
- polozaj temenog preseka u odnosu na levi ooslonac - samo za asimetricni stap sa promenljivom visinom poprecnoh prseka,
- intenzitet jednakopodeljenog opterecenja u kN/m'
- sirina poprecnog preseka stapa,
- radijus krivine donje zone nosaca - za poligonalne i zakrivljene stapove,
- ugao nagiba gornje povrsine nosaca prema horizontali.



Slika 3. TABLICA ZA UNOSENJE POTREBNIH PODATAKA ZA PRORACUN

Odredjivanje geometrijskih karakteristika stapa za zadati oblik ose stapa, raspon i opterecenje zapocinje definisanjem minimalne potrebne visine oslonackog poprecnog preseka iz uslova potpunog iskoriscenja dozvoljenih napona smicanja. Zadatim uglom nagiba gornje zone stapa definisana je i visina temenog poprecnog preseka,sto je dovoljno za sracunavanje polozaja karakteristicnog poprecnog preseka u kome su normalni naponi savijanja najveci. Za sracunatu vrednost momenta savijanja u karateristicnom poprecnom

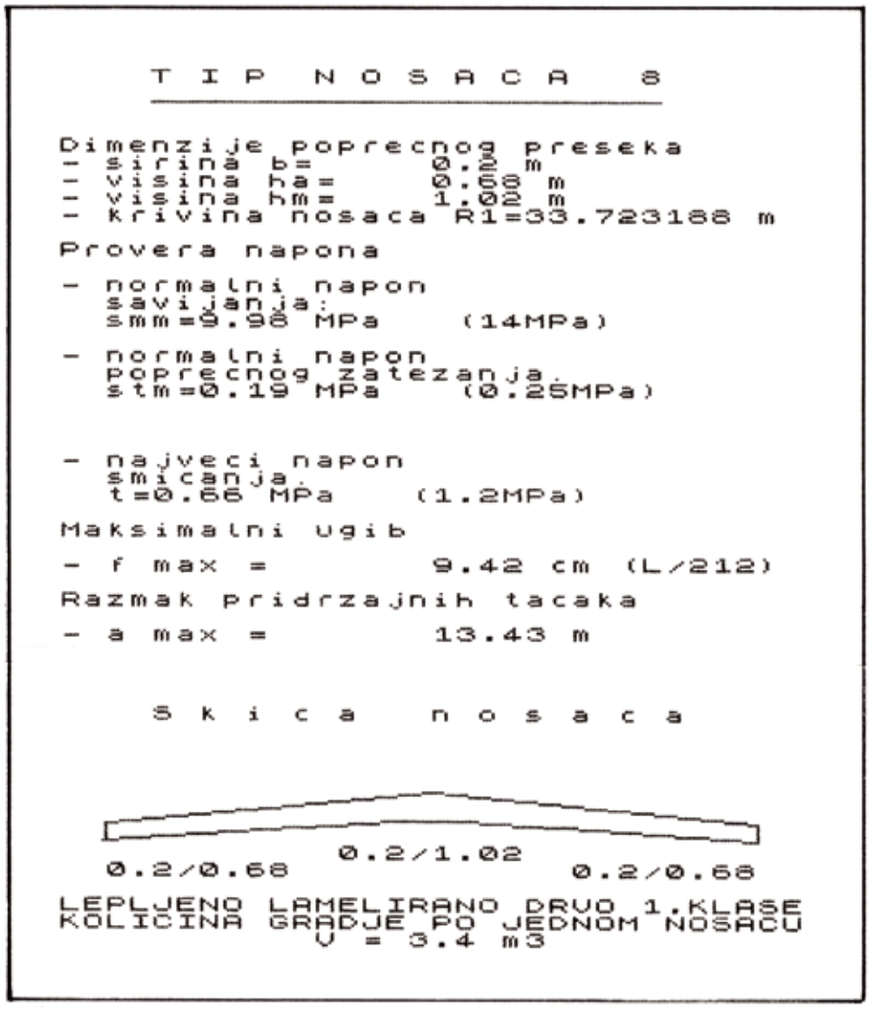
preseku odredjuje se vrednost stvarnog napona i za slucaj prekora cenja granice dozvoljenih napona racunar povecava visinu poprecnog pravougaonog prreseka nad osloncem i ponavlja ciklus. Po definisanju siluete nosaca u cijem je karakteristicnom poprecnom preseku uporedni napon manji ili jednak dozvljenom normalnom napo nu savijanja za zadatu klasu gradje kontrolisu se normalni napon



Slika 4. STAMPANI REZULTATI PRORACUNA STAPA TIPA 4.

savijanja i normalni napon poprecnog zatezanja u temenom pravougaonom preseku. Za slucaj prekoracene granice dozvoljenih napona ova dva naprezanja racunar povecava visinu oslonackog preseka u koraku od 1,00 cm i ponavlja ciklus do potpunog ispunjenja zadatog uslova. Ovaj se princip ponavlja i pri kontroli ugiba opterecenog stapa u sredini raspona.

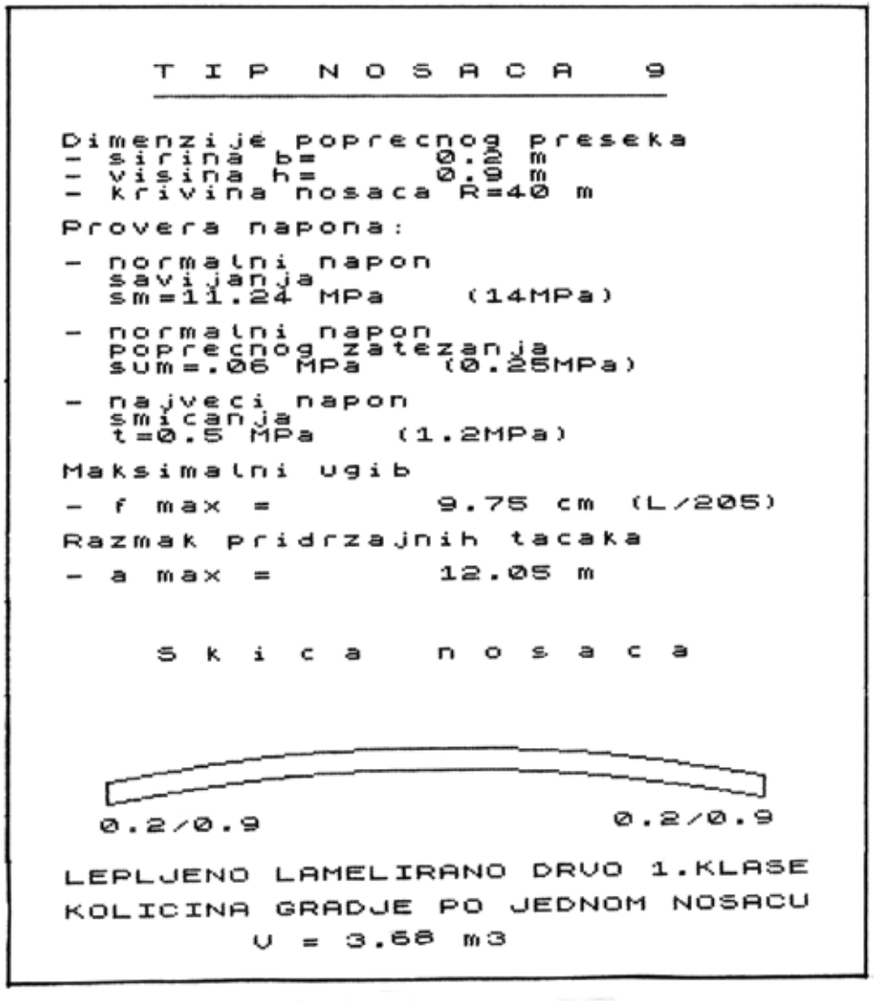
Za konacno definisane geometrijske vrednosti siluete nosaca racu nar odredjuje najmanji razmak bocnih pridrzajnih tacaka duz ose nosaca iz uslova punog iskoriscenja dozvoljenih vrednosti normal- nih napona savijanja za zadatu klasu cetinarske gradje. Buduci da su predlozeni tipovi stapova po pravili krovni nosaci i da prima- ju opterecenja od sekundarne konstrukcije,sracunati razmak pri- drzajnih tacaka prakticnoa definise polozaj vertikala u spregu za ukrucenje. Kako je moguc razmak pridrzajnih tacaka relativno mali programom nije predvidjen postupak smanjenja dozvoljenih napona za zadati razmak pridrzajnih tacaka.



Slika 5. STAMPANI REZULTATI PRORACUNA STAPA TIPA 8.

Pri proracunu stapova tipa 7. - poligonalni stap sa promenljivom visinom poprecnog preseka i sa zaobljenim temenom i tipa 8. - po ligonalnoi stap sa promenljivom visinom poprecnog preseka i sa pravim temenom, unapred je definisan ugao nagiba donje zone stapa prema hprizontali. Obimnom statickom analizom simetricnog pravog

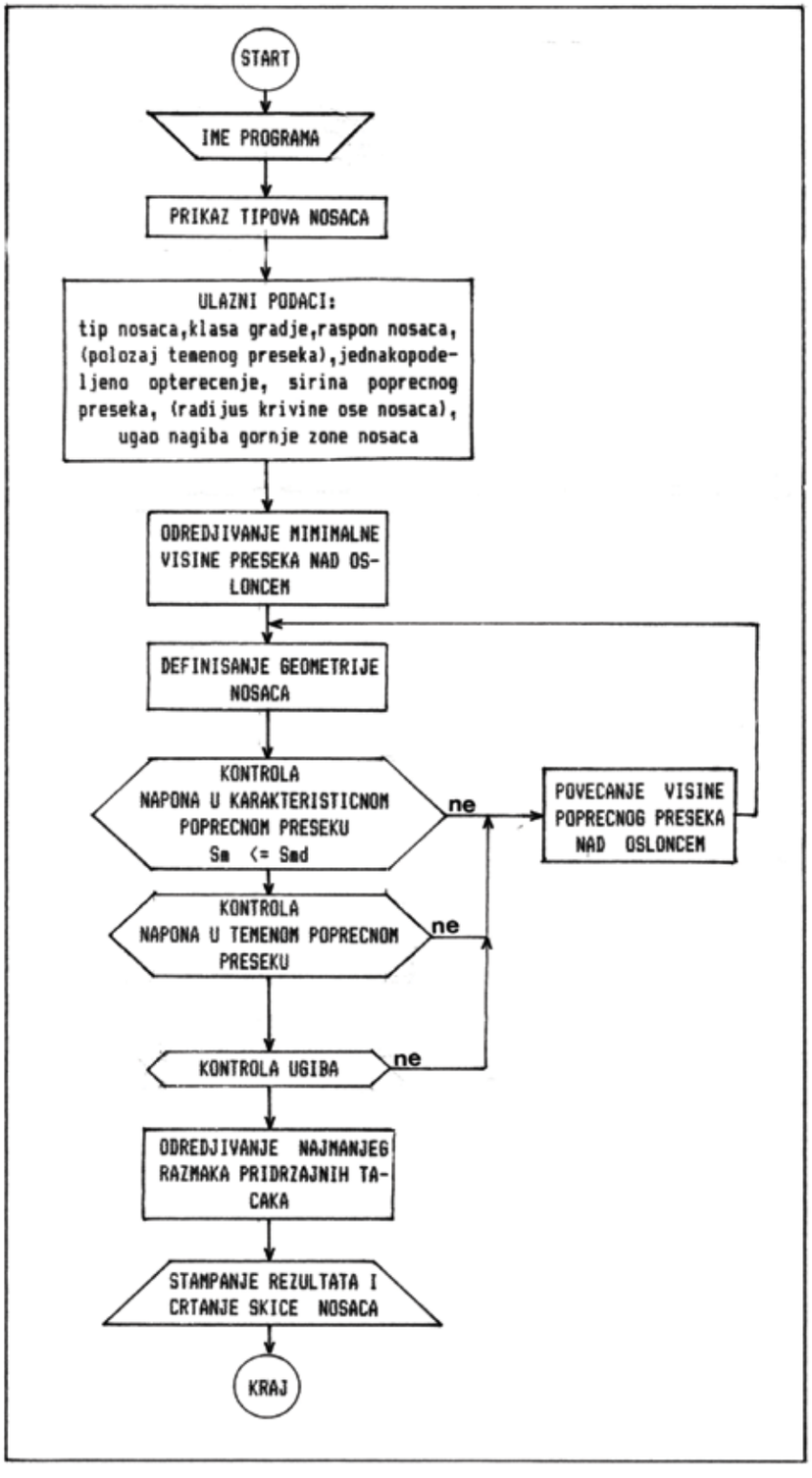
stapa sa promenljivom visinom poprecnog pravougaonog preseka doslo se do zakljucka da je najmanji utrosak gradje po jednom nosacu ako ugao nagiba gornje zone stapa ima nagib od cca 3 stepena. Ovaj zakljucak je iskoriscen pri definisanju geometrije siluete stapova tipa 7. i 8.



Slika 6. STAMPANI REZULTATI PRORACUNA STAPA TIPA 9.

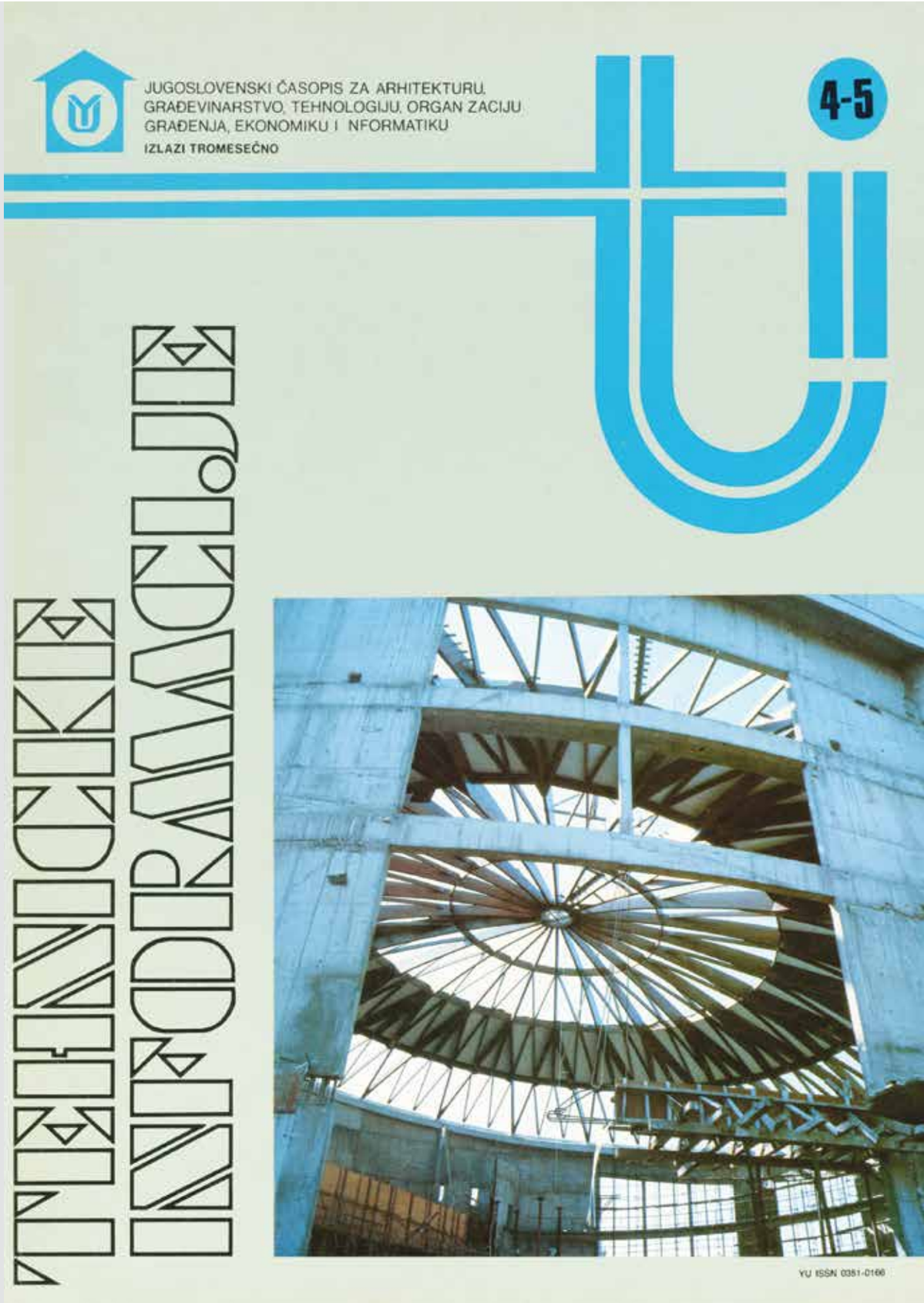
Na prilozenim slikama dati su i rezultati proracuna tri karakteristicna tipa stapova od lepljenog lameliranog drveta.

Rezultati proracuna, svi potrebni podatci za dokaz dimenzija poprecnih preseka drvenog stapa,korisniku su prezentirani na ekranu monitora ili televizora i postoji mogucnost izmene odredjenih ulaznih parametara. Konacni rezultati se naredbom "COPY" putem stampaca prenose na papir. Skica nosaca je data u promenljivoj razmeri iz uslova usvojene duzine stapa na kopiji za ma koju stvarnu duzinu stapa.



Slika 7. BLOK DIJAGRAM PROGRAMA

LEPLJENO LAMELIRANO
DRVO U ARHITEKTURI



Za potrebe učešća u radu Akcionog odbora za unapređenje gradnje drvetom spremio sam kao ilustraciju izlaganje lepu kolekciju dijapozitiva. Taj materijal uz prigodan tekst objavljen je u časopisu Tehničke informacije, dvobroj 4/5, 1980. g.



Vojislav Kujundžic dipl. inž. arh.

LEPLJENO LAMELIRANO DRVO U ARHITEKTURI

Definicija

Lepljeno lamelirano drvo je građevinski materijal dobijen od tankih drvenih elemenata, dasaka – talpi, podjednake širine, postavljenih jedan preko drugog, međusobno slepljenih određenim vrstama lepila pod određenim uslovima i najčešće predstavlja štapasti elemenat konstrukcije praktično neograničenih dimenzija poprečnog preseka i dužine. Ovako dobijeni materijal ima mehaničke karakteristike ujednačenije od mehaničkih karakteristika masivnog drveta – materijala od koga je lepljeno lamelirano drvo nastalo.

Izrada elemenata konstruktivnog sklopa ili cele konstrukcije arhitektonskih objekata je strogo kontrolisan tehnološki postupak. Odvija se u fabrikama lepljenih konstrukcija, tako da su elementi od lepljenog lameliranog drveta industrijski proizvod standardnog kvaliteta.

Estetski efekat struktura u lepljenom lameliranom drvetu je izvanredan i daje poseban ton današnjoj arhitekturi Objekti izvedeni u ovoj tehnici nameću se svojim izgledom, skladnošću forme i toplinom enterijera.

Za razliku od ostalih industrijskih proizvoda drvne industrije, pod pojmom lepljenog lameliranog drveta podrazumeva se i isključivo proizvod nastao međusobnim lepljenjem drvenih lamela sa paralelnim smerom pružanja drvenih vlakana.







2–7 Objekti u lepljenom lameliranom drvetu – izvedeni u Evropi

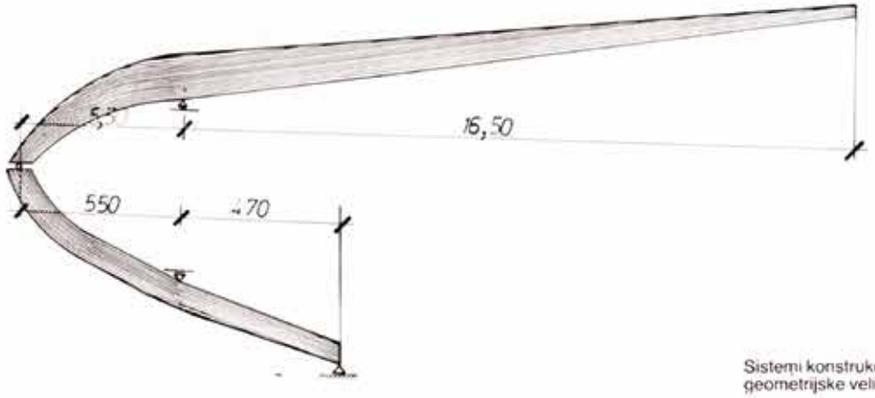
Istorijat

U XVI veku arhitekta Filiber Delorm je došao na ideju da konstruiše drvene lukove većeg raspona koristeći manje drvene elemente koje je,u međusobnim dodirnim ravnima, povezao mehaničkim spojnim sredstvima – klinovima i možđanicima, inspirišući se tehnikom izvođenja lukova u kamenu Ovakva konstrukcija izvedena je prvi put na zamku La Miet 1548. godine, a zatim na zamku Monso. Tri veka kasnije, u XIX veku, pukovnik Emi načinio je drvene lukove od tankih lamela poprečno spojenih u celinu metalnim obujmicama i zavrtnjima. Ovakav tip konstrukcije bio je primenjen na manježu u Liburnu u vidu rešetkastog luka, gde su pojasni štapovi sačinjeni od međusobno povezanih tankih lamela, a ispuna od masivnih drvenih štapova i zategnutih vertikala u čeliku

Početkom XX veka Švajcarac Oto Hecer iz Vejmara iskoristio je sistem pukovnika Emija i upotrebio tanke lamele, ali ih je međusobno slepio kazeinskim lepilom i dobio praktično homogeni drveni preseki nosač od lepljenog lameliranog drveta. U ovoj tehnici već 1912. godine izgrađena je remiza za lokomotive u Bernu, a 1913. rebrasta kupola Univerziteta u Cirihu Do punog zamaha u razvoju i primeni konstruktivnih sistema i struktura u drvetu dolazi tek šezdesetih godina ovoga veka, kada je hemijska industrija ponudila tržištu lepila od sintetičkih smola. U to doba je i u Jugoslaviji grupa entuzijasta pokrenula proizvođače da investiraju u uvođenje lepljenih konstrukcija u građevinarstvo. Prvi koraci, učinjeni u Vinkovcima, Zavidovićima i Podravskoj Slatini nisu bili laki Mnogo toga je trebalo savladati, a posebnu teškoću i danas čini orijentacija našeg građevinarstva ka materijalima kakvi su beton i čelik.







Sistemi konstrukcija i karakteristične geometrijske veličine štapova



35

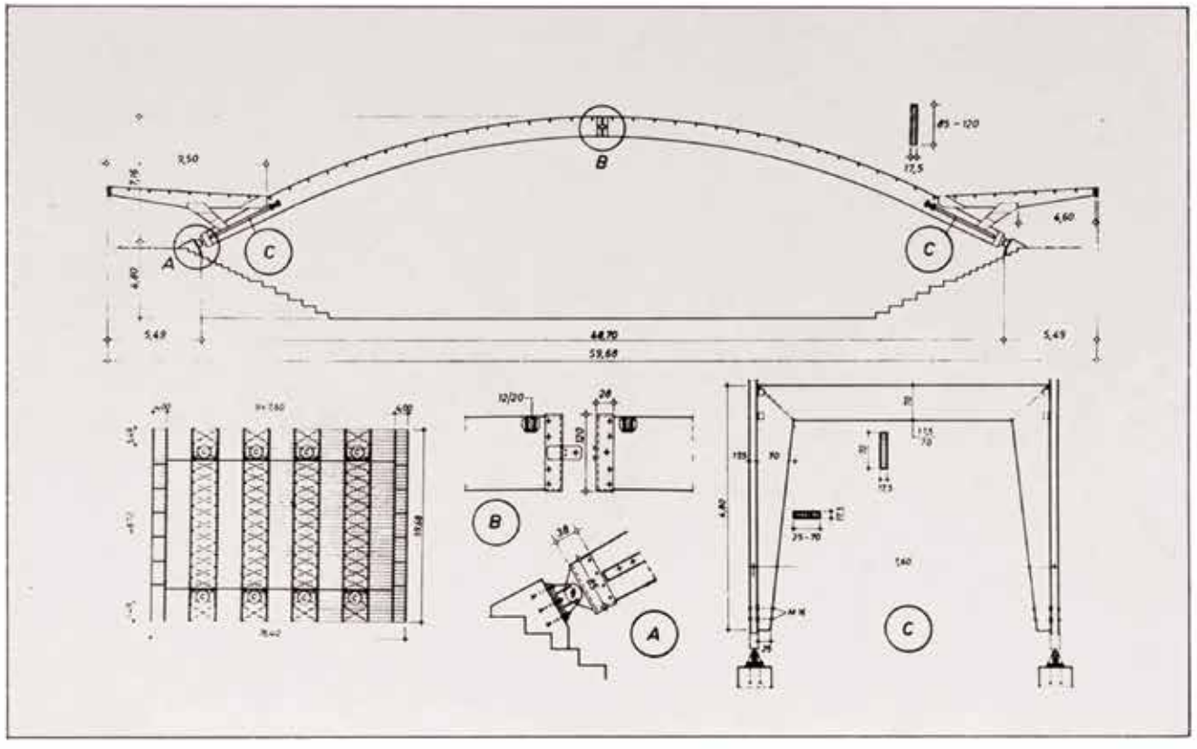




7–8. Objekti u lepljenom lameliranom drvetu izvedeni u Evropi

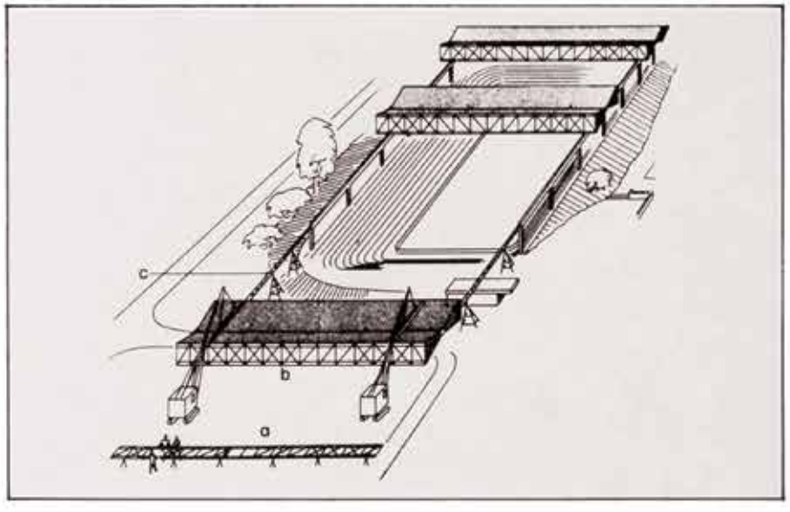
Osnovne karakteristike konstrukcija od lepljenog lameliranog drveta

Savremeno doba sa pravom nosi naziv veka betona i čelika. Čelik i posebno beton se vrlo rado koriste u savremenom građevinarstvu, zahvaljujući najviše odličnim tehničko-tehnološkim karakteristikama. Tu i leži opasnost zloupotrebe betona. Činjenica je da je naše građevinarstvo orijentisano ka masivnoj izgradnji i da betona ima toliko mnogo da preti opasnost od izolacije korisnika – čoveka od njegove prirodne i životne sredine.



9. Karakterističan konstruktivni sistem u drvetu: luk na tri zgloba
10. Mogućnosti potpune montaže pri građenju sa lepljenim drvetom

U ovakvoj situaciji, kada su takoreći iscrpljene estetske mogućnosti i vrednosti u izgradnji betonom i čelikom, povratak drvetu može da znači zaokret u otuđenju athitekture od prirodne sredine. Funkcionalne mogućnosti koje arhitekturi pružaju konstrukcije u lepljenom lameliranom drvetu su takve da se može smatrati da je drvo materijal koji najviše obećava u budućnosti Elegancija forme, harmonija oblika i istinska toplina ambijenta su atributi koji s pravom stoje uz moderna ostvarenja u drvetu Drvo nije ni skup ni luksuzan materijal, ali, posmatrajući ostvarenja









11 Remontna hala A. P. Panonija u Osijeku – ispitivanje nosivosti konstrukcije probnim opterećenjem
12. Vidikovac u Kusjaku
12a. Enterijer vidikovca u Kusjaku

koja je čovek izveo u modernoj tehnici lepljenog drveta, ono je svakako zaslužilo naziv plemenitog materijala. Fleksibilnost primene omogućava da se konstrukcije u lepljenom lameliranom drvetu sreću u objektima različite namene

- *javni i industrijski objekti:* fabričke hale, skladišta, garaže, supermarketi, montažne sajamske hale, tržnice, aerodromi, železničke stanice, prodajni saloni nameštaja
- *poljoprivredni objekti.* farme za uzgoj krava, farme za uzgoj ovaca, peradarske farme, skladišta veštačkih đubriva, hangari za poljoprivredne mašine
- *sportski objekti:* tribine na stadionima, pokriveni plivački bazeni, sportske dvorane, univerzalne dvorane, teniske dvorane i pokrivena klizališta
- *sakralni objekti.* crkve, kapele
- *razni elementi konstrukcije.* stepeništa, pešački mostovi, pasarele, nadvožnjaci

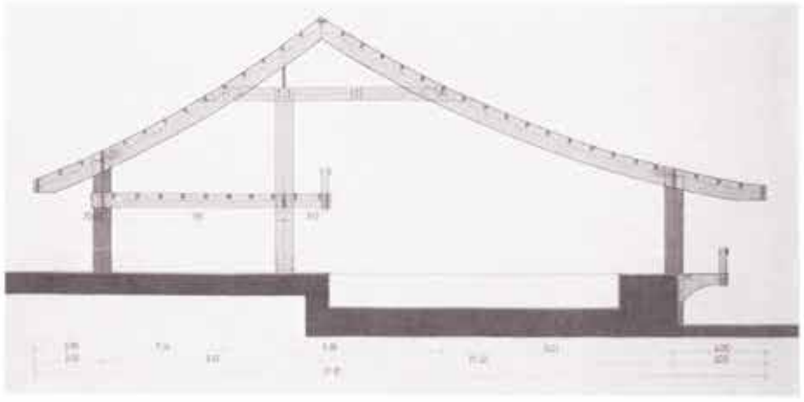
Mehaničke karakteristike drveta – osnovni preduslov za uspešnu eksploataciju materijala u konstrukcijama, odavno su poznate po svojim visokim vrednostvima. Ako se ovome doda izvanredno mala sopstvena težina drveta i činjenica da ono ne mora da bude deficitaran građevinski materijal, jer se može uzgajati i planirati proizvodnja osnovne sirovine, jasno je da uticaj drveta na naše arhitektonsko stvaralaštvo ne može da bude bez značaja. Kao potvrda ovoj tezi mora se napraviti malo poređenje između drveta i betona.

- Drvo je materijal koji može da podnese, paralelno svojim vlaknima, izvanredna naprezanja. Naponi pri kojima dolazi do loma usled pritiska u pravcu vlakana jednaki su naponima loma najviših maraka betona koje se danas upotrebljavaju u građevinarstvu. Normalni naponi loma drveta kreću se u granicama od 400 daN/cm^2 do 800 daN/cm^2, zavisno od vrste drveta (četinari ili listari) Kada je,

13. Hotel „Lepenski vir" u Gornjem Milanovcu
– I nagrada na Salonu arhitekture
1978. godine



39



14. Konstrukcija bazena hotela „Lepenski vir" u toku montaže
15. Bazen Hotela „Lepenski vir", poprečni presek





16. Sportska dvorana u Kacu



pak, u pitanju zatezna čvrstoća, onda se drvo može porediti i sa nekim metalima, jer rezultati ispitivanja pokazuju da do loma epruvete od drveta bez grešaka dolazi i pri naponu od 1 800 daN cm^2

– Zapreminska težina ugrađenog drveta je oko 600 daN m^3 Zapreminska težina armiranog betona je 2 500 daN m^3, što jasno pokazuje da je udeo iskorišćenja naprezanja poprečnog preseka usled sopstvene težine najmanje četiri puta manji kod drveta nego kod betona u štapovima istih dimenzija. Ovo može biti vrlo značajan podatak kada su u pitanju sistemi velikih raspona i malog pripadajućeg opterećenja, naročito sa ekonomskog aspekta.

Kako je već pomenuto, razvojem tehnologije lepkova problem ograničenih dimenzija elemenata konstrukcije od drveta prestaje da postoji. Tehnologija je drvnoj industriji ponudila vrlo kvalitetne lepkove, uz čiju se pomoć danas može napraviti greda od drveta dužine i preko pedesetak metara, sa poprečnim presekom čija visina prelazi meru od par metara. Takvo drvo, koje ima odlike dobrog masivnog materijala i sasvim nove dimenzije, se sa mnogo uspeha može upotrebiti pri realizaciji savremeno koncipiranih prostora različite namene.

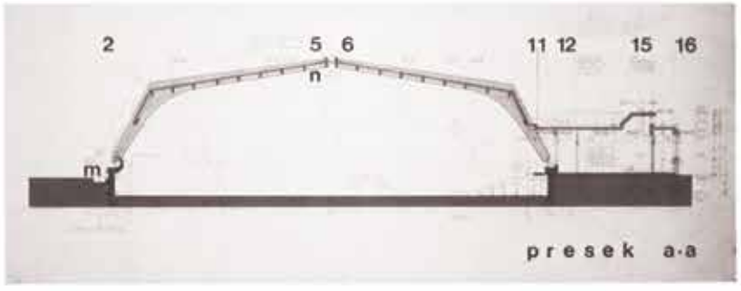
Lepila koja se danas upotrebljavaju za izradu inženjerskih drvenih sistema konstrukcija moraju da zadovolje veći broj izvanredno teških uslova, kako u vreme izrade konstruktivnih elemenata tako i u toku eksploatacije. Lepilo mora, najpre, da ima čvrstoću koja mora da bude veća od čvrstoće drveta, mora da trajno osigura vezu između dve susedne lamele, ne sme da bude podložno uticaju agresivne sredine u kojoj se nalazi elemenat konstrukcije, ne sme da bude podložno uticaju vlage, gljivica i insekata i mora da bude otporno u požaru i ne dozvoli da dođe do raslojavanja nosača pri povišenim temperaturama. Te uslove sa uspehom ispunjavaju lepila rađena na bazi fenol-formaldehida, rezorcin--formaldehida, melamin-formaldehida, urea-formaldehida, epoksi-smole i kazeinska lepila. Izbor vrste lepila mora da bude vrlo precizan, u zavisnosti od uslova u kojima ce služiti jedan konstruktivni sistem, jer, na primer, u uslovima gde drvo može imati vlažnost i veću od 15% upotreba kazeinskih i urea-formaldehidnih lepila može biti opasna.

Rezultati ispitivanja probnih uzoraka lepljenog drveta pokazuju da u izvanredno visokom procentu do smicanja kome je izložen uzorak dolazi po drvetu, a ne po lepljenom spoju.

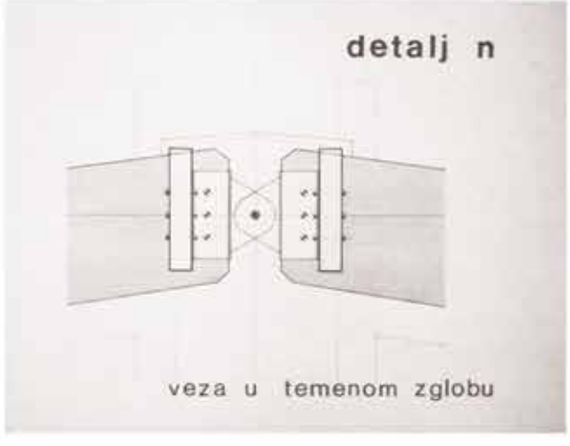
Tehnološki proces proizvodnje elemenata konstrukcija od lepljenog lameliranog drveta

Rezana četinarska građa iste širine i visine poprečnog preseka, osušena u sušarama, sa procentom vlage 10 do 14%, nastavljena podužnim zupčastim spojem u elemenat potrebne dužine naziva se lamelom. Po pravilu, lamela, dužine do pedesetak metara, širine poprečnog preseka do 22 cm i visine do 4 cm, ima u svakom poprečnom preseku ujednačene mehaničke karakteristike. Zapravo, greške u drvetu (koncentracija čvorova i ostala slaba mesta) se jednostavnim isecanjem odstranjuju i lamela nastaje od zdravih ujednačenih komada građe spojenih podužno zupčastom vezom i lepljenjem. Ovako oblikovane lamele se obostrano hoblaju kako bi se dobile

17 Sportska dvorana u Kacu, poprečni presek
18. Sportska dvorana u Kacu, detalj konstrukcije
19. Sportska dvorana u Kacu, detalj zgloba









21., 22. Prodajni salon nameštaja „Novi dom" u Cuprij

besprekorno ravne površine i ujednačila njihova debljina.Ređanjem lamela jedne preko druge, uz prethodno nanošenje sloja lepila po dodirnim ravnima, i poprečnim utezanjem po posebnom tehnološkom postupku dobija se greda čija dužina odgovara dužinama lamela, širina širini lamela, a visina poprečnog preseka je proizvod broja lamela i debljine jedne lamele. Tako se relativno jednostavnim postupkom stvara jedan novi građevinski materijal, industrijski proizvod sa svim karakteristikama, čak poboljšanim, osnovnog materijala od koga je nastao.

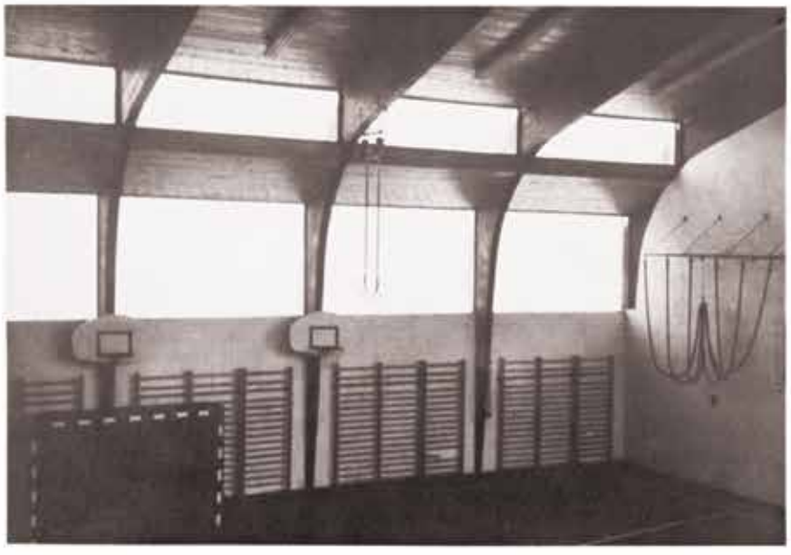
Zaštita i održavanje konstrukcija

U pripremi građe, sušenjem veštačkim putem u sušarama, kada se vlažnost drveta svodi na neophodan minimum, stvara se takva sredina u kojoj, iako su postojali bilo kakvi oblici živih parazita ili mikroorganizama, ne može doći do razvoja gljivica i mikroorganizama, ni insekata, koji su inače osnovni uzročnici propadanja drveta.

Razna impregnaciona sredstva, premazi i lakovi koji se danas upotrebljavaju kao oplemenjivači drveta, štite ga u isto vreme i od novih napada insekata i gljivica, a uspešno sprečavaju i povećanje vlažnosti drveta u sredinama gde je vlažnost nestalna ili povišena, pa je i ovaj treći uzrok propadanja drveta sveden na minimum

Naravno, treba istaći i činjenicu da, pored hemijskih zaštitnih sredstava, vrlo važnu ulogu igraju pravilno

TEHNICKE INFORMACIJE 4-5/80



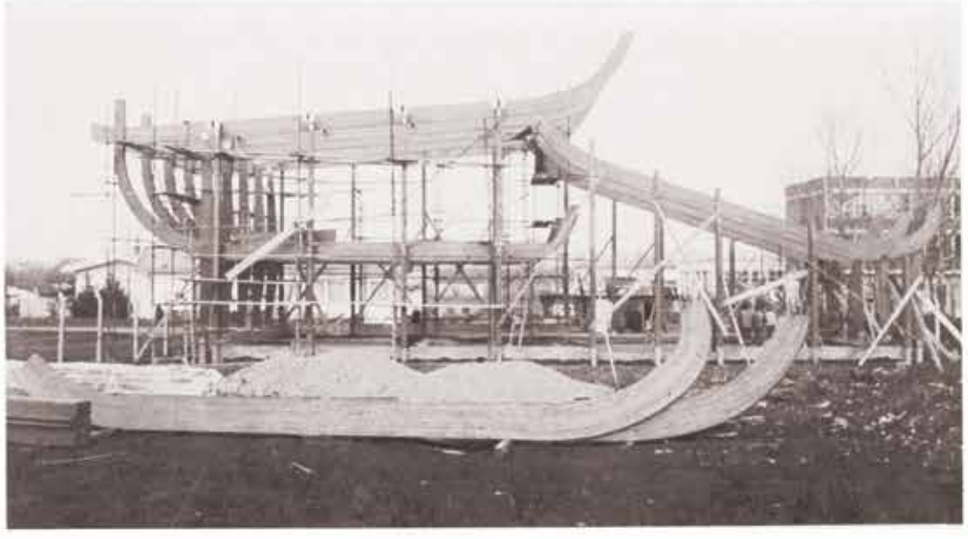
20. Fiskulturna dvorana u Ad



koncipiran konstruktivni sistem, pravilno projektovani detalji, savesno izveden objekat, bez grešaka u materijalu, bez oštećenja u samoj konstrukciji ili pokrivaču i fasadi. Ne smeju se pojaviti vlažni i nedovoljno provetreni uglovi niti mesta na kojima se može skupljati nečistoća ili industrijska prašina. Na ovakav način obezbeđen objekat biće praktično neograničenog veka, uz izvanredno male troškove održavanja i u najagresivnijim sredinama. Na primer, u plivačkim bazenima, u skladištima veštačkih đubriva, u industrijskim stajama za krave, gde je povećana vlažnost vazduha gde su amonijačna isparenja značajna, gde je, jednom rečju, sredina agresivna – drvo se pokazalo kao materijal koji uz najmanje troškove održavanja u eksploataciji ima najduži vek trajanja. Jugoslovensko iskustvo na tom planu je već vrlo veliko i pozitivno. Pored izvedenih staja za industrijski uzgoj krava u Senti, Bečeju, i Vinkovcima i pokrivenih plivačkih bazena u Ivanjici, Beogradu i Donjem Milanovcu, sve je veći zahtev projektanata i investitora za izgradnjom u ovoj tehnici, a to je izvanredna potvrda kvaliteta već izvedenih konstruktivnih sistema.

Protivpožarna otpornost i protivpožarna zaštita drveta

Slobodno se može reći da su u pojedinim slučajevima konstruktivni sistemi u drvetu neuništivi u požaru. Ova, na prvi pogled, apsurdna tvrdnja dobija svoj puni smisao ako se ponašanje ovog građevinskog materijala u požaru podrobnije sagleda. Protivpožarnu otpornost građevinskih konstrukcija karakterišu dva kriterijuma, zapaljivost materijala i njihovo ponašanje u požaru. Delovanje ekstremnih požarnih temperatura izazvanih sagorevanjem uskladištenog materijala u jednom industrijskom skladištu, sa konstruktorskog gledišta, razara sve materijale. Međutim, razlika u materijalima postoji samo u njihovom ponašanju u periodu koji prethodi pojavi kritičnih razornih temperatura, pri temperaturama koje



23. Prodajni salon nameštaja „Novi dom" u Čuprij

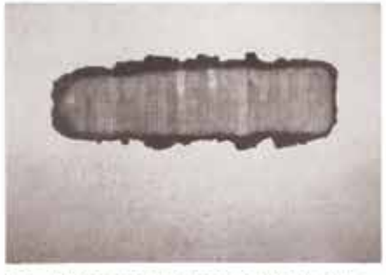


25. Farma krava u Bečeju

TEHNIČKE INFORMACIJE 4-5/80



26. Sportska dvorana u Beliścu

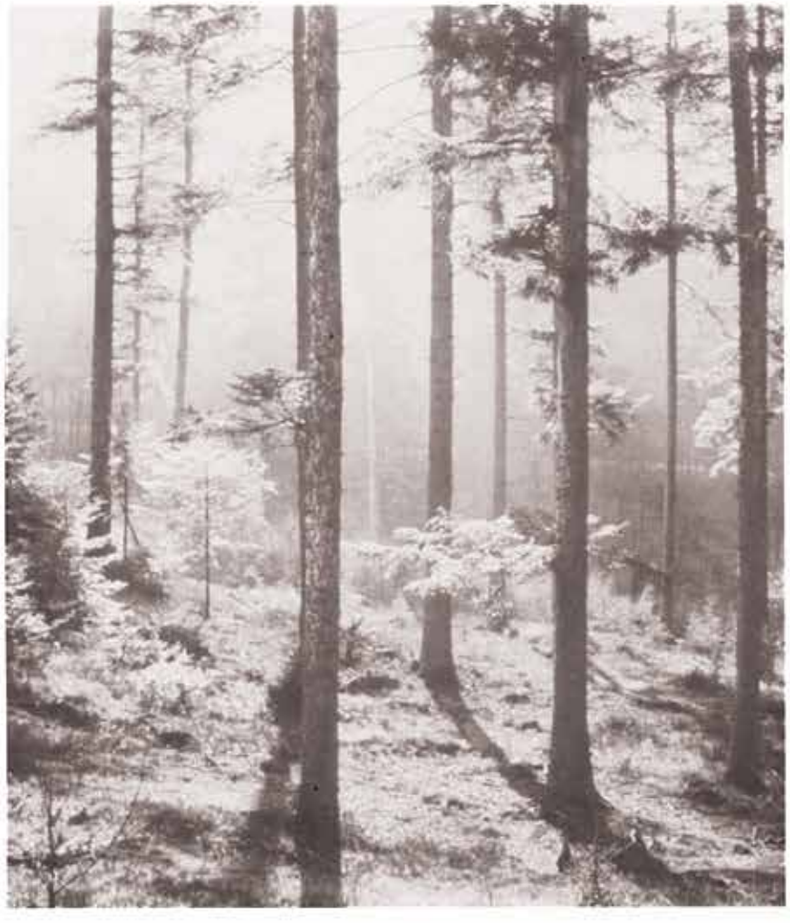


24. Poprečni presek drvene grede izložene dejstvu požara u trajanju od 1 časa



27. Detalj konstrukcije restorana FOP u Novom Bečeju





ne razaraju materijal Tako, na primer, čelik već pri temperaturi od 550 °C, koja je daleko niža od njegove tačke topljenja, znači pre potpunog razaranja agregatnog stanja, gubi sve svoje mehaničke karakteristike i prestaje da bude građevinski materijal modul elastičnosti naglo pada, pojava velikih deformacija je očigledna i usled toga dolazi do urušavanja objekta iako čelik nije zapaljiv materijal, a nije došlo ni do njegovog razaranja. Armirani beton, takođe „negoriv" materijal, pri povišenoj temperaturi počinje da puca, da se kruni usled smanjenja čvrstoće i da se jako deformiše usled gubljenja moći nošenja armature

Drvo u požaru gori Međutim, drvo pri gorenju ne menja bitno svoje mehaničke karakteristike i to je kvalitativna razlika u odnosu na beton i čelik. Pri nastajanju kritičnih požarnih temperatura, drvo je stabilan materijal i u tome je njegova prednost nad drugim građevinskim materijalima. Ovaj kvalitet drveta, kao građevinskog materijala zasniva se na njegovoj osobini da je izvanredan termički izolator Ona se još više ističe činjenicom da se pri sagorevanju na površini drveta stvara nagorela skrama koja samo povećava otpornost sprovođenju toplote. Izlaganje središta drvenog elementa visokim temperaturama je usporeno, ako ne čak i sprečeno, pa praktično masa unutar poprečnog preseka drvenog štapa nije uopšte poremećena.

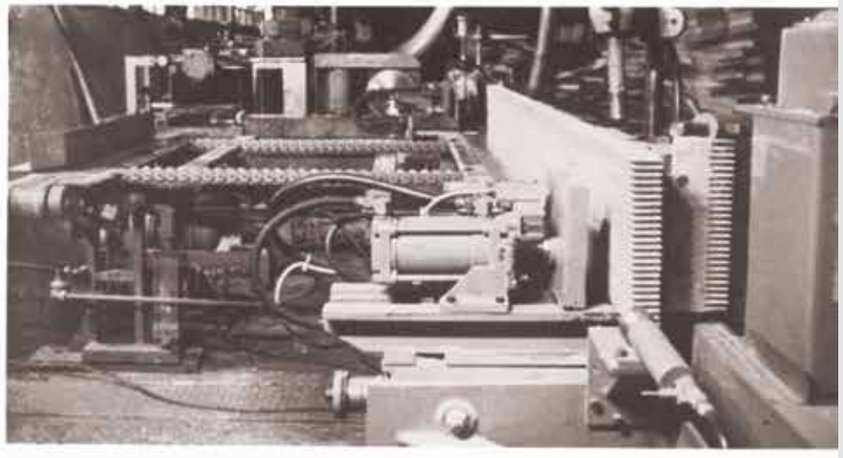
Pri temperaturama od 200 do 250 °C iz površinskih slojeva drvenog elementa izdvajaju se lako zapaljivi gasovi, koji se usled delovanja spoljnih uticaja pale. Ako je temperatura spoljnog uticaja konstantna i ne povećava se, ugljenični sloj nagorelog drveta će stvoriti izolacionu skramu, koja će štititi dublje slojeve drveta od povišene temperature. Na taj način prestaje izlučivanje lako zapaljivih gasova iz drveta i plamen se gasi – drvo prestaje da gori Pod ovakvim uslovima, pa čak i pri povećanoj temperaturi, drvo je neuništiv materijal, praktično

TEHNIČKE INFORMACIJE 4-5/80





28. Konstrukcija nad pokrivenim plivačkim bazenom Školskog centra Ambasade SSSR u Novom Beogradu
29. Šumsko bogatstvo se može povećati samo planskom eksploatacijom šuma
30. Krovna konstrukcija nad fiskulturnom dvoranom Školskog centra Ambasade SSSR u Novom Beogradu
31., 32., 33. Tehnološki postupak proizvodnje lepljenih lameliranih nosača u Tvornici lepljenih konstrukcija „GAJ" u Podravskoj Slatini



nesagoriv. Pitanje je samo koliko je površinski sloj drveta oštećen. Ovoj činjenici nikad nije pridavan poseban značaj u prilici kada nagoreli panj mora da se oslobodi površinskog ugljenisanog sloja kako se vatra na ognjištu ne bi ugasila. U ovom slučaju, u građevinarstvu, ova činjenica ima svoj puni smisao. Ukoliko je spoljni uticaj takav da temperatura raste, a tom rastu pripomaže i sagorevanje samog nosača, napadnuti elemenat će izgoreti pri nastajanju kritične požarne temperature, kao i svaki drugi materijal. Za elemenat konstrukcije od drveta je značajno da on ne gubi moć nošenja trenutno, pri izbijanju požara, i da se konstrukcija ne urušava. Pretvaranje drveta u ugljenični sloj, čime se javlja redukcija dimenzija







poprečnog preseka konstruktivnog elementa, teče vrlo lagano, 0,3 do 0,5 mm·min. To znači da se pri velikim požarnim temperaturama, za vreme od jednog časa, drveni presek smanjio za najviše po 3 cm po obimu. Kod velikih poprečnih preseka, kakvi su po pravilu preseci elemenata konstruktivnog sklopa u lepljenom lameliranom drvetu, ovo smanjenje dimenzija poprečnog preseka u roku od jednog časa ne predstavlja opasnost iscrpljenja nosivosti elemenata i njegovog rušenja, čime se omogućuje evekuacija ljudstva i materijalnih dobara iz ugroženog objekta.

Iz ovih razloga se objekat sa konstrukcijom od lepljenog lameliranog drveta može smatrati daleko sigurnijim i bezbednijim u eksploataciji od objekta od drugog materijala. Isto tako, nikakve posebne protivpožarne mere, osim ustaljenih, se ne moraju preduzimati da bi se konstrukcija zaštitila od delovanja vatre. Neophodno je da se izvedu minimalni poprečni preseci, koji garantuju sigurnost u požaru za određeni period do intervencije, što je i novim jugoslovenskim propisima predviđeno. Najzad sanacija drvenih objekata posle gašenja požara je jednostavan građevinski zahvat, što kod objekata od drugih materijala nije slučaj.

Konstruktivni sistemi od lepljenog lameliranog drveta

Mora se reći da i pored značajnog interesovanja investitora za ovu vrstu materijala ipak postoji određeni otpor prema većoj primeni drveta, pa čak i znatnog broja stručnjaka. Za ovakvu situaciju su donekle krive i naše tehničke škole i fakulteti koji stvaraju tehnički kadar orijentisan isključivo prema betonu i čeliku i kovencionalnom načinu izgradnje.

Ljudi koji se bave projektovanjem i izvođenjem objekata od lepljenog lameliranog drveta moraju danas da budu veliki entuzijasti da bi realizovali svoje ideje. Konstruktivni sistemi objekata su najčešći kamen spoticanja. Sistemi u drvetu se moraju

34. Sportska dvorana u Kosjeriću u toku izgradnje
35. Detalj krovne konstrukcije zgrade Informativnog centra na Kadinjači
36. Detalj krovne konstrukcije na Osnovnoj školi u Radincu
37. Struktura kupole u Obrenovcu
38. Rebrasta kupola Doma kulture i sportova u Obrenovcu, detalj montaže







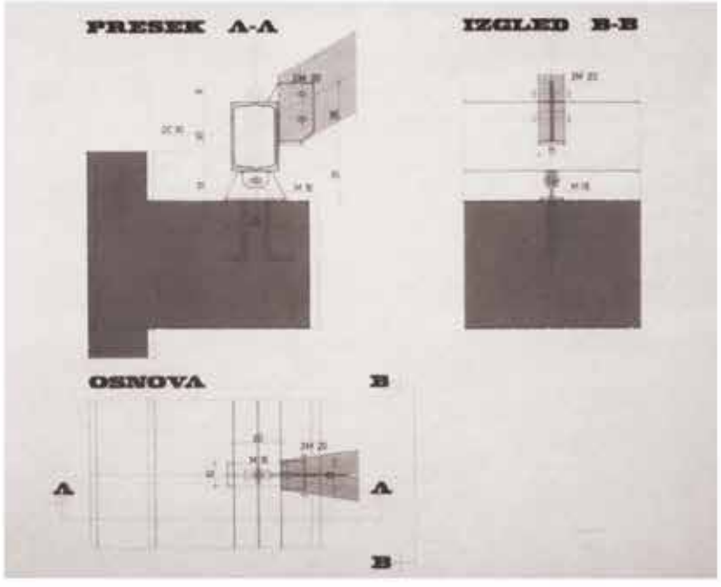
razlikovati od konstruktivnih sistema u klasičnom materijalu zbog posebnih uslova koje nameće drvo kao materijal. Teško se odlučuju na određenu prekvalifikaciju stručnjaci koji su bar pola svoga radnog veka proveli projektujući i konstruišući objekte u betonu i čeliku, zašta je svakako potreban i određeni napor

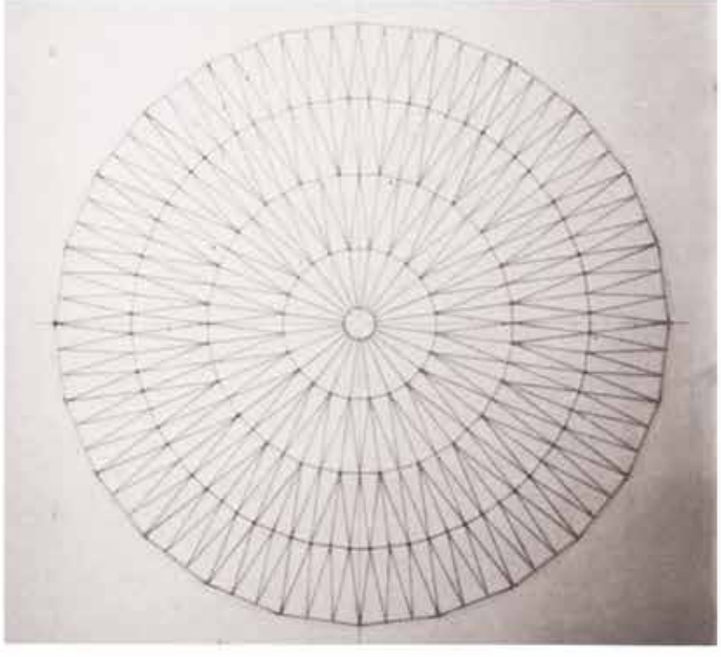
Konstruktivni sistemi koji se najčešće sreću u objektima od drveta su po pravilu linijski nosači, a potpuno su prilagođeni tehnologiji izvođenja konstrukcija i transportnim uslovima.

Transport je jedan od bitnijih uslova pri koncipiranju konstruktivnog sistema i neretko može da bude i jedan od glavnih razloga pri izboru konstruktivnog sistema. Naši putevi dozvoljavaju transport elemenata maksimalne dužine 27 m od fabrike lepljenih konstrukcija do lokacije objekta. Zbog toga se u sistemu konstrukcije moraju predvideti montažni nastavci ili se sistem mora tako koncipirati da se na određenim mestima pojavę zglobne veze štapova kako bi se izbegla montaža skupih i komplikovanih montažnih nastavaka štapova.

Iz ovog razloga čini se da Gerberov nosač, kao statički sistem, doživljava ponovni uspon. Lučni nosači, sa pravim ili zakrivljenim štapovima, sa zategom ili bez nje, su najčešći statički sistemi Činjenica da se štapovi mogu izvoditi sa jednostrukom, dvostrukom ili višestrukom krivinom, da ne moraju biti ravni, a da to ne zahteva poseban napor pri izvođenju i da je tehnika izgradnje u svemu montažna, pruža projektantima mogućnost posebnog izražavanja, a konstruktorima mogućnosti prilagođavanja sistema najprirodnijem toku sila.

Ima pokušaja, vrednih pažnje, da se ostvare i sistemi kakvi su, na primer, lančanice, rebrasti hiperbolični paraboloidi, sandučasti preseci u drvetu ili šper-ploči, pa čak i ljuske u drvetu sa postavljanjem dasaka u više redova, sa orijentacijom vlakanaca u više pravaca





39. Detalj solonačkog sklopa rebraste kupole Doma kulture i sportova u Obrenovcu
40. Shematski prikaz strukture krovne konstrukcije – rebraste kupole na Domu kulture i sportova u Obrenovcu, nad kružnom osnovom prečnika 59 m
41. Sportsko-rekreacioni centar „11. april" u Novom Beogradu
42. Motel u Han-Pijesku

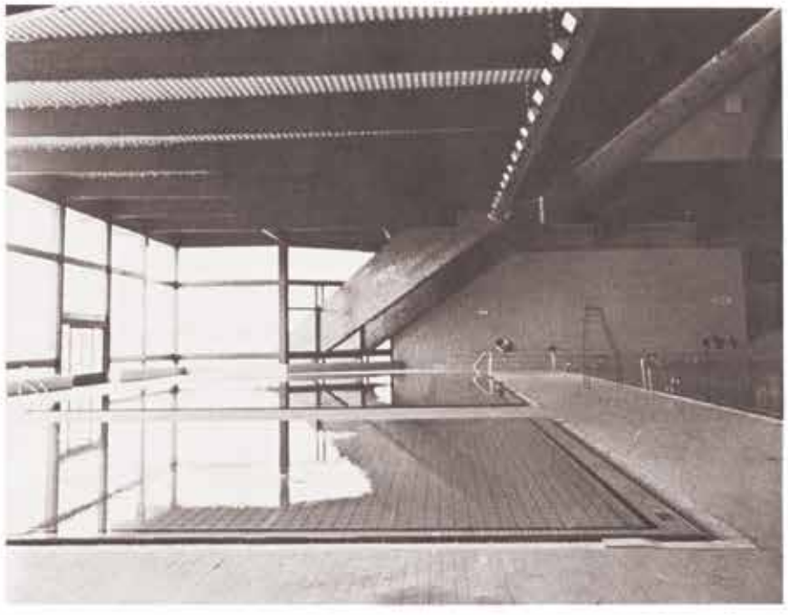
TEHNIČKE INFORMACIJE 4–5/80

Treba istaci da rasponi i preko 100 m danas ne predstavljaju nikakav tehnološko-tehnički problem, čak ni u jugoslovenskim razmerama.

Kako je lepljeno lamelirano drvo industrijski proizvod koji podleže brojnim kontrolama i testovima, nikako se ne sme sumnjati u standardnost kvaliteta, što svakako dozvoljava racionalnije korišćenje materijala i sniženje vrednosti koeficijenata sigurnosti u odnosu na masivno drvo.

Lepljene lamelirane konstrukcije u Jugoslaviji

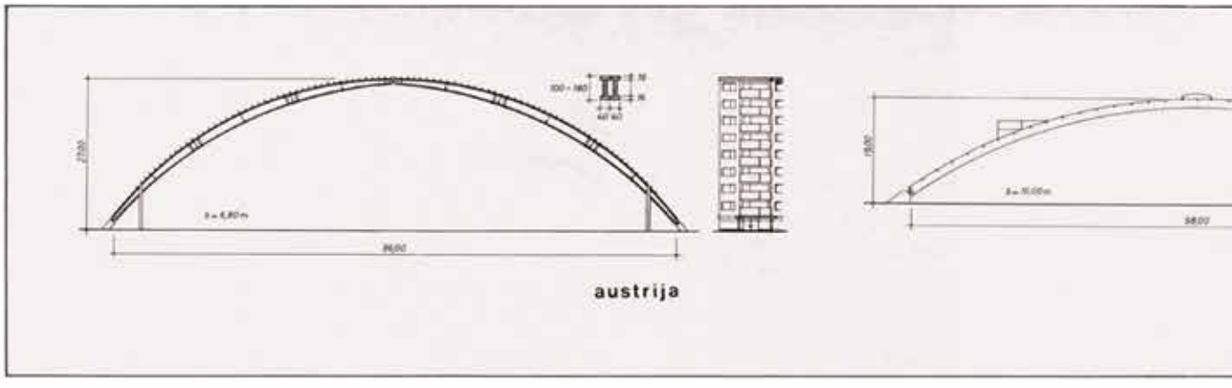
Tokom šezdesetih godina grupa entuzijasta, uz napore kakve zahteva uvođenje jedne nove misli i ideje u naše građevinarstvo, započela je pionirski rad na istraživanju mogućnosti primene lepljenog drveta u našim uslovima. Rad nije bio ni malo lak, ali činjenica da danas postoje tri moderne fabrike lepljenih konstrukcija (u Podravskoj Slatini, Zavidovićima i Ljubljani), govori da je to bio vrlo plodonosan rad





51





TEHNIČKE INFORMACIJE 4-5/80

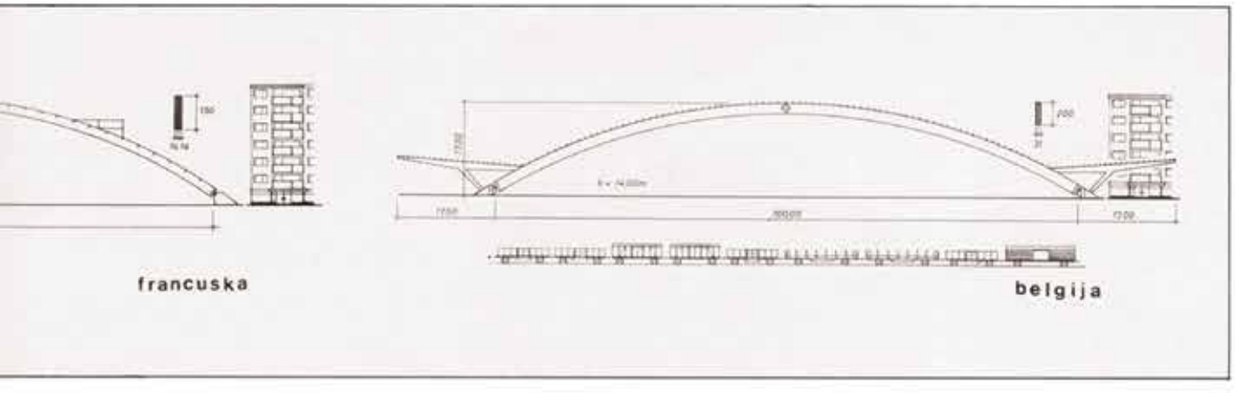


Brojni objekti koji su za ovo vreme podignuti dokaz su da danas raspolažemo svetskom tehnologijom i kadrom koji može da se uhvati u koštac i sa najvećim problemima koje konstrukcije u drvetu mogu da postave. Veliki broj objekata poljoprivredne arhitekture, sportskih objekata, hotela i javnih objekata skrenuo je pažnju stručne javnosti na velikim smotrama jugoslovenske arhitekture, kakve su, na primer, Borbina nagrada za arhitekturu i beogradski Salon arhitekture. Na mnogim jugoslovenskim sajamskim priredbama objekti u drvetu privlače pažnju svojim estetskim, funkcionalnim i ekonomskim kvalitetima.

Stručnjaci – arhitekti, inženjeri, građevinci i „drvarci" – koncentrisani oko Fabrika lepljenih konstrukcija „Gaj" u Podravskoj Slatini, „Krivaje" u Zavidovićima i „Hoje" u Ljubljani, sa n[illegible]ço ljubavi prema svome poslu i sa d[illegible]a uspeha napravili su i izgradili više od 400 objekata širom naše domovine. Ta brojka, koja nije mala, solidna je baza za dalja istraživanja u pravcu primene ove nove tehnologije u arhitekturi i građevinarstvu i garantuje da će nove estetske i oblikovne vrednosti zauzeti mesto koje im, s pravom, pripada.

43 Sportska dvorana u Mojkovcu u fazi montaže elemenata konstrukcija

44 Ostvareni rasponi u lepljenom lameliranom drvetu



PREDAVANJA NA SEMINARU
GRADNJA DRVETOM U SRBIJI

Tokom 2012. godine u Beogradu je održan seminar "Gradnja drvetom u Srbiji", u organizaciji Proholz – Austrija, na kome sam bio angažovan kao predavač sa pet predavanja. Ovde prikazujem dva najinteresantnija referata, naravno, po mom izboru.

[a] Analiza opravdane primene drvenih objekata u kriznim situacijama − prednosti i nedostaci u odnosu na druge tehnike građenja objekata

Istorijski pregled razvoja drvene gradnje stambenih objekata

Sentencija „Život je stalno krizno stanje" može da zvuči pesimistički samo na prvi pogled. Život je neprekidna borba sa okruženjem za održanje ljudskog roda i čovek toga i nije svestan do pojave višeg stepena njegove ugroženosti, koju radije nazivamo vanrednom situacijom. Prva koliba koju je pračovek izgradio po napuštanju pećine, jedinog prirodnog staništa, predstavljala je samo zaštitu od kiše, snega i vetra. Naravno, imala je krutu drvenu strukturu štapova preko koje je postavljen pokrivač od lišća, trave i životinjske kože. Prvi, dakle, stambeni objekti pružali su čoveku zaštitu, najpre samo od klimatskih uticaja, a zatim i od drugih svakodnevnih opasnosti.

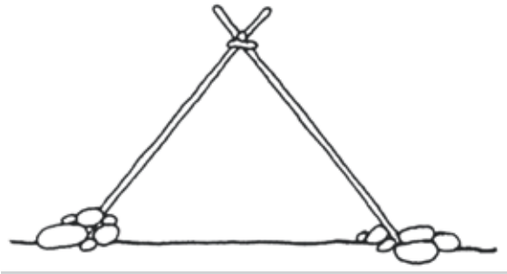
Arheološki nalazi iz oblasti materijalne kulture prvobitnog čoveka govore o raznovrsnoj i rasprostranjenoj upotrebi drveta. Razloge za to svakako treba tražiti u osobinama drveta da se lako obrađuje i najprimitivnijim oruđem, da je dovoljno lagano i da je dostupno čoveku. Drvo se upotrebljavalo za gradnju raznih oblika ljudskih staništa, a forma i primenjeni materijali su bili određeni potrebama i lokalnim uslovima u kojima je čovek živeo.

Budući da drvo nije dovoljno trajan materijal, nema mnogo autentičnih materijalnih dokaza o načinu gradnje ljudskih staništa u doba prvobitne zajednice, kada čovek napušta prirodno sklonište − pećinu. Primenom analogije i korišćenjem radova ruskog naučnika N. N. Mikluho - Maklaja[1)], koji je sedamdesetih godina XIX veka boravio na Novoj Gvineji, među Papuancima, čiji je razvojni stupanj bio u to vreme na gornjoj granici kamenog doba, može se stvoriti predstava o načinu gradnje prvih ljudskih koliba i o prvim sistemima drvenih konstrukcija kuća. Krovne pokrivače ovih i ovakvih koliba sačinjavali su snopovi trave ili grana sa lišćem, koji su postavljani u vidu tepiha u smeru oticanja vode. Kako struktura ovako izvedenih pokrivača nije kruta, to se ona naslanja, i pri tome pričvršćuje, na niz horizontalno postavljenih pravih drvenih štapova.

1) Dr G. G. Karlsen i drugi, Derevjanije konstrukciji, III izdanje, Moskva 1961. g.

Ova potkonstrukcija − nosač pokrivača − prvi je pravi element konstrukcije u ovoj nosećoj strukturi. Obrazovan je, dakle, od pravih grana, koje stoje na malom međusobnom rastojanju, i predstavlja praoblik primarne krovne strukture, sposobne da prihvati klimatska opterećenja i sopstvenu težinu pokrivača. Problem nosivosti elemenata ove strukture štapova malih dimenzija poprečnog preseka rešen je uvođenjem pravih ili zakrivljenih štapova upravno na pravac primarne konstrukcije krova.

Verovatno je prainženjer drvo koristio još uspešnije gradeći mostove od oborenih stabala preko jaruga i reka. Čovek je oduvek bio vezan za vodu − za reke, potoke i jezera na kojima je podizao svoja naselja, jer je tako mogao da ostvari viši stepen zaštite svoje porodice i svoje rodovske zajednice. Arheološka nalazišta su najbogatija baš na obalama velikih reka ili jezera, gde su se vremenom obrazovala naselja i sa 1.000 do 1.200 stanovnika. Postoje verodostojni podaci o jednom takvom naselju sojenica na obalama Bodenskog jezera u Švajcarskoj, kraj zaseoka Vengen, koje je zahvatalo površinu od 90 x 500 m.



Sl. 1. Praoblik krovne konstrukcije



Sl. 2. Papuansko naselje na Novoj Gvineji (prema crtežu N. N. Mikluho - Maklaja)



Sl. 3. Rekonstrukcija oblika sojenica prema arheološkim nalazima

Sojenice su imale jedan sasvim drugi konstruktivni sistem u odnosu na afričke ili azijske drvene kolibe. Nastale su i nešto kasnije, u vreme neolita i bronzanog doba, kada se čovek već značajnije razvio i kada se rodovska zajednica potpuno učvrstila kao društveni poredak. Arheološki nalazi iz tog doba, tri hiljade godina pre nove ere, veoma su bogati. Elementi konstrukcije sojenica koji su izvađeni iz vode, i koji su u takvoj sredini dovoljno očuvani, omogućili su da se veoma tačno rekonstruiše i oblik i sistem konstrukcije tih pragrađevina od drveta. Drvena debla koja se pobijaju u tlo su najpre nagorevanjem zaobljena na svom vrhu. Ona su služila kao vertikalni noseći elementi koji prihvataju opterećenja od horizontalo postavljenih drvenih podnih greda u kućicama i na mostovima. Krovovi ovde već dobijaju poseban nivo noseće strukture. To su slemene grede koje se oslanjaju na zabatna vertikalna debla i premošćuju sojenicu po dužini[2)]. Treba napomenuti da su na obalama Ohridskog i Dojranskog jezera takođe nađeni arheološki ostaci sojenica evropskog tipa. Drvo je bilo dovoljno dobro obrađeno, jer su već bili u upotrebi alati od fino obrađenog kamena ili od bronze, što inače karakteriše ovaj period razvoja čoveka. Bezbednost stanovnika ovakvih naselja je bila na najvišem nivou za to doba, računajući na opasnosti od uticaja svakodnevnih prirodnih pojava.

Izvori vanrednih stanja i kriznih situacija

Danas sa sigurnošću možemo tvrditi da su tako građeni objekti od drveta bili otporni na uticaje izazvane tektonskim poremećajima. Međutim, požari i poplave su bili velika potencijalna opasnost za opstanak objekata i naselja od drveta. Tako dolazimo do pojma vanrednih situacija u kojima je čovekov život veoma ugrožen u trenutku kataklizme, ali i kasnije u negostoljubivom okruženju ako je sačuvao goli život. Razvojem tehnike građenja objekata, uvođenjem drugih materijala, prirodnih, sintetičkih i hibridnih, graditeljstvo dobija na zamahu, tehnike građenja se naglo razvijaju, a komfor i standardi stanovanja dobijaju na kvalitetu do, praktično, neslućenih visina.

Nastaju megalopolisi širom sveta i broj stanovnika na kugli zemaljskoj je sve veći i veći. Međutim, i pored sveg napretka nauke i tehnike građenja, čovek i dalje živi u latentnom kriznom stanju, koje, nažalost, često prerasta normalne okvire koje čovek kontroliše. Pojave vanrednih stanja su posledica prirodnih pojava, a koje čovek nije u stanju da kontroliše ili su posledice velikih kataklizmi izazavnih ljudskom rukom, svesno ili nesvesno. U svim kriznim sitacijama na nivou vanrednog stanja danas, a to su, sa jedne strane, tektonski poremećaji, velike poplave, uragani, snežne padavine i posledice velikih etničkih sukoba, ratnih razaranja i tehnoloških, nuklearnih i sličnih katastrofa − potreba za brzim

2) N. N. Aistov i drugi, Istorija stroiteljnoj tehniki, Gosudarstvenoe izdateljstvo literaturi po stroiteljstvu, arhitekture i stroiteljnim materialam, Moskva − Lenjingrad, 1962. g.



Sl. 4. Prirodne katastrofe: a) Zemljotres na Novom Zelandu, 2011. godina; b) Vulkan na Kamčatki; c) Lavina kraj Sarajeva, 2012. godina; d) Cunami u Japanu, 2011. godina



Sl. 5. Karta novih naselja na području Skoplja, izgrađenih nakon zemljotresa 1963. godine

nužnim smeštajem i elementarnim socijalnim zbrinjavanjem ugroženog stanovništva je imperativ brige o čoveku svakog humanog društva. Državne institucije za vanredne situacije mnogih zemalja, čak i na nivou ministarstava, osposobljene su za primenu naučnih i stručnih dostignuća u rešavanju problema bezbednosti, zaštite zdravlja ljudi, materijalnih dobara, prirodom stvorenih vrednosti, kao i za razvoj sistema upravljanja vanrednim situacijama. Osposobljavanje stručnog kadra za izvršavanje ovako kompleksnih i odgovornih zadataka organizuje se na posebnim kursevima univerzitetskog nivoa za sticanje neophodnih znanja i veština za:

- Analizu rizika i upravljanja vanrednim situacijama,
- Analizu uzročno-posledičnih odnosa i rešavanja problema bezbednosti, zaštite zdravlja ljudi,
- materijalnih dobara i prirodom stvorenih vrednosti u vanrednim situacijama,
- Razvoj metodologija i metoda upravljanja vanrednim situacijama,
- Razvoj strategija, projektovanja i upravljanja sistemom bezbednosti u vanrednim situacijama,
- Inovacione aktivnosti i timski rad u upravljanju vanrednim situacijama,
- Permanentno obrazovanje i razvoj sistema znanja u oblasti upravljanja vanrednim situacijama.

Obrazovani kadrovi, između ostalog, raspolažu kompetencijama za:

- Ocenu antropogenih rizika,
- Izradu i ažuriranje operativnih i taktičkih planova za zaštitu i spasavanje,
- Optimizaciju i upravljanje raspoloživim resursima za vanredne situacije,
- Razvoj metrike i metoda za ocenu efektivnosti i efikasnosti sistema upravljanja vanrednim situacijama,
- Organizovanje i rukovođenje intervencijama, spasavanjem, evakuacijom i sanacijom,
- Obrazovanje i upravljanje znanjem za vanredne situacije,
- Razvoj metoda i metodologija za upravljanje udesima,
- Izradu strategija upravljanja vanrednim situacijama.

Vanredne situacije – Krizna stanja izazvana prirodnim pojavama

Tragične situacije u životu ljudi izazavne prirodnim pojavama nastaju kao posledica velikih tektonskih poremećaja u zemljinoj kori ili su posledica naglih i velikih klimatskih promena. Prate ih velika razaranja urbanog tkiva bez bilo kakve najave, tako da je broj stradalog stanovništva veliki. Povređeni i preživeli stanovnici krajeva zahvaćenih kataklizmičnim pojavama sukobljavaju se sa nebrojenim nedaćama, uključujući i osnovni socijalni problem njihovog zbrinjavanja, daljeg smeštaja i povratka u normalne životne tokove.

Balkansko poluostrvo je poznato kao seizmički aktivni region i većina kriznih sutuacija, u bliskoj prošlosti, uzrokovana je pomeranjima tla – zemljotresima. Srbija se nalazi u seizmički aktivnom području, u rubnom delu tzv. Sredozemno-transazijske seizmičke zone, preciznije u Mediteranskom pojasu. Srećna okolnost je da je ta oblast na samoj ivici ploče, pa zemljotresi u Srbiji, po kazivanju seizmologa, ne mogu biti jači od 6,2 ili 6,3 po Rihteru i VIII-IX po MCS. Trusne oblasti u Srbiji su: Kopaonička, Rudnička, Krupanjska, Maljenska, Lazarevačka, Svilajnačka, Golubačka, Urosevačko-Gnjilanska, Vranjanska i Kraljevačka.

Najjačih pet zemljotresa u XX veku u Srbiji su:

- *Uroševac*, 1921 − 5,7 po Rihteru
- *Lazarevac*, 1922 − 6.1 po Rihteru
- *Rudnik*, 1927 − 6.0 po Rihteru
- *Kopaonik*, 1980 − 5.8 po Rihteru. (Najviše su stradala sela u opštinama Raška i Brus.)
- *Mionica*, 1998 − 5.7 po Rihteru. (Više od 3.500 objekata nije bilo upotrebljivo i bili su za rušenje, 3.500 objekata je pretrpelo teža konstrukciona oštećenja i oko 5500 objekata je bilo za sanaciju. Najviše štete je bilo u opštini Mionica.)

U bliskom okruženju Srbije, takođe u XX veku, seizmički potresi intenziteta VIII-IX po MKS nisu retkost. Dana 26. 7. 1963. godine, izjutra, Skoplje je pogodio zemljotres magnitude 6.2 i intenziteta IX. Bilo je preko 1.000 ljudskih žrtava. Zemljotres se osetio i u većem delu Srbije. U Beogradu je intenzitet bio III stepena. Dvadeset sedmog oktobra 1969. godine u zemljotresu je nastradala Banjaluka. U zavisnosti od izvora, magnituda mu je bila 6.0−6.4, intenzitet VIII-IX. Ovaj zemljotres je bio karakterističan po jakom predudaru 26. 10. 1969, intenziteta VII-VIII. Petnaestog aprila 1979. godine zemljotres u Crnoj Gori. Najteže je stradalo primorje. Po katalogu, magnituda mu je bila 6.9, intenzitet IX. Početkom novog milenijuma, 3. 11. 2010. godine, snažan zemljotres potresao je centralnu Srbiju. Jačina udara je bila 5,4 stepeni Rihterove skale, a epicentar je bio u selu Vitanovac kod Kraljeva. U selu je stra-

dalo oko 70% objekata od ukupno 850 domaćinstava. Svaki put posle nesreća koje prouzrokuju prirodne sile, organizovano društvo angažuje sve svoje snage da pritekne u pomoć nastradalima u takvim kataklizmičnim situacijama. Pored prevashodne medicinske pomoći povređenima, pristupa se zbrinjavanju ljudi, žena i dece koji su ostali bez krova nad glavom. Obezbeđuje se smeštaj oštećenih porodica u kolektivnim centrima, a jednovremeno se, organizovano, razmatraju mogućnosti i izrađuju planovi za dugoročno rešenje nastalih problema zbrinjavanja. Tehnike građenja naselja su raznolike. One zavise od lokalnih uslova, od spremnosti društva da samostalno ili u saradnji sa stranim humanitarnim institucijama i donatorima, sa jedne strane i, sa druge strane, od spremnosti projektanata i opremljenosti građevinske operative da se u što kraćem roku realizuju postavljeni zadaci. Najčešće građena naselja su realizovana u tehnici montažne industrijski prefabrikovane gradnje, ali ima i slučajeva da su naselja rađena u tehnici zidanih masivnih objekata.

Posle razornog zemljotresa u Skoplju, dobijena je veoma velika pomoć inostranih donatora i nova prigradska naselja su građena u industrijski prefabrikovanim sistemima zasnovanim na betonu i drvetu. Dopremljena je fabrika stanova iz ondašnjeg SSSR-a, koja je realizovala izgradnju velikih stambenih blokova u sistemu betonske prefabrikacije. Na drugoj strani, domaća operativa, predvođena Industrijskim kombinatom Treska iz Skoplja, izgradila je veliki broj porodičnih kuća u montažnom sistemu, zasnovanom na drvetu i proizvodima od drveta.

Obnova graditeljskog fundusa na zemljotresom pogođenim područjima Srbije

Na primerima saniranja posledica zemljotresa koji su zadesili područja Mionice i Kraljeva, biće izvedena komparativna analiza primenjenih sistema graditeljske obnove devastiranih gradskih područja.Već je iznet podatak da posle zemljotresa u Mionici više od 3.500 objekata nije bilo upotrebljivo i bili su za rušenje, 3.500 objekata je pretrpelo teža konstrukciona oštećenja i oko 5.500 objekata je bilo za sanaciju. Najviše štete je bilo u opštini Mionica. Za sanaciju stanja predviđena je primena sistema DC 90, kojim je trebalo sanirati postojeće oštećene objekte i graditi nove u tehnici masivne gradnje. Prema izjavi za štampu direktora Direkcije za obnovu Kolubarskog okruga pogođenog zemljotresom, primenjeni sistem DC 90 nije pokazao očekivane rezultate.

U Mioničkom kraju će u ovoj godini biti izvedeni radovi na 35 kuća koje su sanirane pre 10 godina sistemom DC 90. Primenjena masivna gradnja novih kuća je bila preskupa za izgradnju potrebnog broja uništenih objekata. Tempo kojim se gradilo, uz dosadašnji priliv društvenih sredstava, zahteva još najmanje 30 godina da se planirana obnova privede kraju. Naravno da je neophodno promeniti sistem obnove, izabrati racionalni način gradnje kojim bi se do 2014. godine izgradilo 1.000 kuća u Kolubarskom regionu, kako se sada planira.

Na dan zemljotresa grad Kraljevo formira Gradski štab za vanredne situacije, 8. novembra Vlada Republike Srbije donosi odluku o postavljenju Koordinatora Vlade Srbije za pomoć Kraljevu, što znači da se u ovom slučaju reagovalo veoma organizovano. Formirana je stručna komisija koja je sve oštećene i uništene objekte podelila u dve osnovne kategorije za sanaciju: na javne objekte i objekte za stanovanje. Za obnovu i izgradnju objekata za stanovanje građana – stambenih zgrada i porodičnih kuća – zaduženi su Gradski štab za vanredne situacije i Koordinator Vlade Srbije za pomoć gradu Kraljevu, koji su doneli odluku da se organizuje projektovanje i gradnja montažnih kuća, koje su podeljene u tri tipa prema veličini: TE-37, TE-57, TE-77, a koje će biti proizvedene u Republici Srbiji. U objavljenom Pregledu sprovedenih aktivnosti, od 3. novembra 2010, i planu završetka sanacije posledica zemljotresa u Kraljevu Vlade Republike Srbije nalaze se sledeći podaci vezani za razorni zemljotres koji je pogodio region grada Valjeva.

Graditelji montažnih objekata iz Ivanjice, koji su sticali znanja i iskustva radeći svojevremeno u proizvodnji montažnih objekata u čuvenom ŠPIK-u Ivanjica, a koji su, po gašenju ovog giganta u drvnoj industriji Srbije, otvorili sopstvene privatne projektne biroe i proizvodne pogone, preuzeli su obavezu da realizuju zahteve Vlade Srbije i pomognu obnovu Kraljeva. Već dobro prostudiran i dovoljno usavršen sistem gradnje u „malom panelu“ pokazao je odlične rezultate, jer je proveren tokom gradnje objekata za smeštaj stradalih u zemljotresu u Skoplju 1963. godine, u zajednici sa fabrikom montažnih objekata “Grad” iz Kosijerića.Osnovni elemeniti, paneli modularne širine 120 cm i 60 cm, omogućili su brzu i jednostavnu montažu bez angažovanja bilo kakve mehanizacije u svim vremenskim uslovima tokom cele godine. Projektom je previđena izgradnja koja



Sl. 6. Posledice zemljotresa u Kraljevu



Sl. 7. Objekat u toku sanacije sistemom DC 90



Sl. 9. Zatečeno stanje stambenog objekta







Sl. 8. Posledice razornog zemljotresa u Kraljevu

ZEMLJOTRES – OPŠTI PODACI:

U 01:56 sati, 3. novembra 2010. Kraljevo pogađa zemljotres jačine 5.4 Rihterove skale

Žrtve: poginulo dvoje građana, a 180 je povređeno

Veliki obim materijalne štete na objektima, infrastrukturi i imovini

16.000 oštećenih objekata prijavljeno

Komisije za procenu bezbednosti objekata pregledale su do 24. decembra 2010:

11.385 objekata.
Od toga je procenjeno da je:
9.831 objekat za sanaciju
1.554 objekta nisu za upotrebu
219 objekata za rušenje

Komisije za procenu štete pregledale su do danas 9.229 objekata.



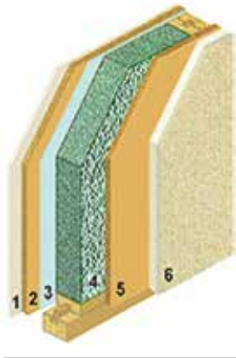
Sl. 10. Montažni objekat tipa TE–37 bruto površine 37.00 m2



Sl. 11. Montažni objekat tipa TE-57 bruto površine 57.00 m2



Sl. 12. Montažni objekat tipa TE–77 bruto površine 77.00 m2



1. Gips-kartonska ploča 9,5 mm
2. Iverica .....10 mm
3. PVC folija ..... 0,15 mm
4. Mineralna vuna ..... 80 mm
5. Iverica..... 10 mm
6. Izoterm obloga..... 40 mm

Ukupna debljina zida 149,65mm

Sl. 13. Elementi strukture fasadnog panela



Sl. 14. Montaža zidnih panela objekta

je zasnovana prevashodno na proizvodima drvne industrije. Osnovni element je panel, koji može biti fasadni i pregradni. Fasadni paneli, pored nosive funkcije, jer se na njih oslanja krovna drvena konstrukcija, imaju i ulogu potpune zaštite unutrašnjeg prostora prema svim zahtevima građevinske fizike, kako se vidi na Slici 12.

Izvod iz Tehničkog opisa za montažu konstrukcija kuće ukazuje na karakteristike primenjenog sistema gradnje i formiranog stambenog prostora: *„MONTAŽERSKI RADOVI − zidni elementi dimenzija 120cm x 260cm i 60cm x 260cm rade se u radionici. Konstrukcija elemenata je drveni ram d = 80mm koji se obostrano oblaže ivericom 10mm. U spoljašnje elemente se postavlja parna brana od PVC folije i mineralna vuna od 80mm, a u pregradne elemente mineralna vuna od 30mm. Zidni elementi se povezuju spojnicama, temeljačom i venčanicom. U radionici se postavljaju gibljiva creva za razvod struje, telefona i antene po projektu. Posle montaže objekta vrši se oblaganje fasadnih zidova "izoterm" oblogom − stiropor 40mm, malteriše se preko PVC mrežice i nabacuje se fasada. Zidovi sa unutrašnje strane oblažu se gips-karton pločom 9.5mm, a elementi za sanitarne prostorije i deo kuhinje sa vodootpornom gips-karton pločom 12,5mm. Spojevi na unutrašnjim zidovima se obrađuju trakom i ispunjačem i vrši se kompletno malanje disperzivnom bojom u dva premaza. Fasadna stolarija je sa drvenim kapcima zastakljena "IZO" termoizolacionim staklom 4+12+4 mm debljine. Ulazna vrata su od masiva, a unutrašnja duplo šperovana. Krov je kompletno daščan, preko koga se stavlja ter-papir, vertikalna letva, pa preko nje horizontalna, što omogućava strujanje vazduha. Preko letve se postavlja falcovan crep prikazan u projektu. Strehe se opšivaju izabranim materijalom, a venci krova daskom d = 20mm preko koje se postavljaju horizontalni oluci."*

Podatak da je za godinu dana proizvedeno, montirano i useljeno 460 ovih montažnih kuća, opravdava odluku organizatora pružanja brze i kvalitetne pomoći postradalim u zemljotresu u Kraljevu, da ukažu poverenje sistemu montažne gradnje zasnovane na primeni drveta i proizvoda drvne industrije, i da isključi svaku drugu tehniku gradnje u ovom kriznom stanju. Ovako dobri rezultati u pružanju brze i kvalitetne pomoći nastradalim porodicama pamte se i iz izgradnje prigradskog naselja u Skoplju, posle katastrofalnog zemljotresa 1963. godine. Objekti za ove potrebe, građeni u fabrikama stanova u masivnoj tehnici, nisu pokazali očekivane rezultate ni po brzini građenja, ni po kvalitetu, niti po funkciji.

Krizna stanja izazvana etničkim sukobima i ratnim razaranjima

Po proglašenju nezavisnosti Hrvatske od Jugoslavije, 1991. godine, i kada su božićnim ustavom iz 1990. godine Srbi u Hrvatskoj postali nacionalna manjina, dolazi do velikih etničkih neslaganja i sukoba Hrvata i Srba. Sukobi kulminiraju 1995. godine, kada je tokom dvodnevne operacije "Bljesak", koja





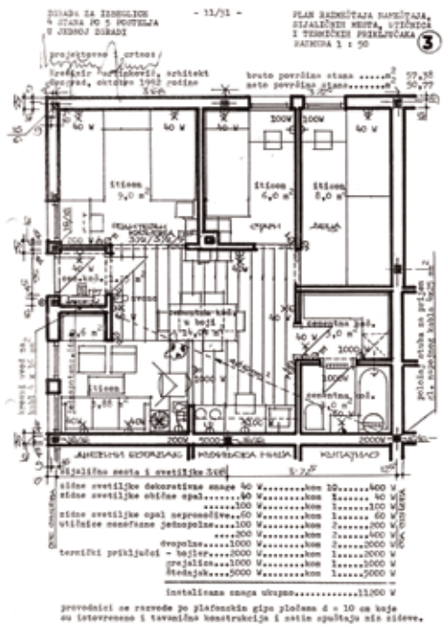
Sl. 15. Nadgradnja objekata sa ravnim krovom na stambena potkrovlja u Brčkom i Zvorniku

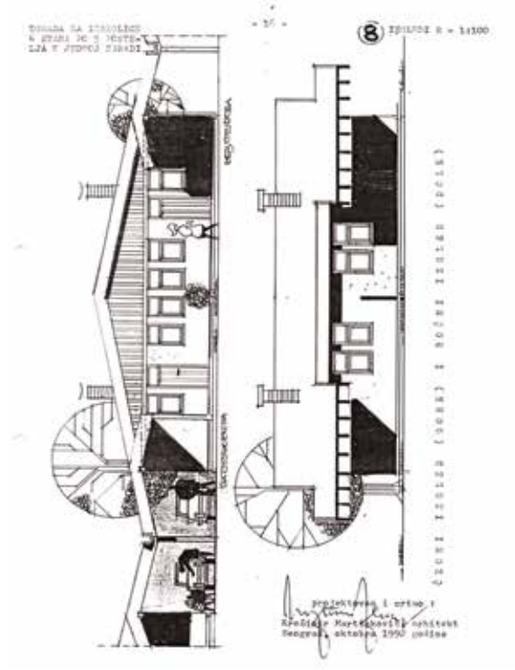


Sl. 16. Nadgradnja stambenog bloka u Nišu



Sl. 17. Rekonstrukcija i nadgradnja objekata Studentskog grada na Novom Beogradu





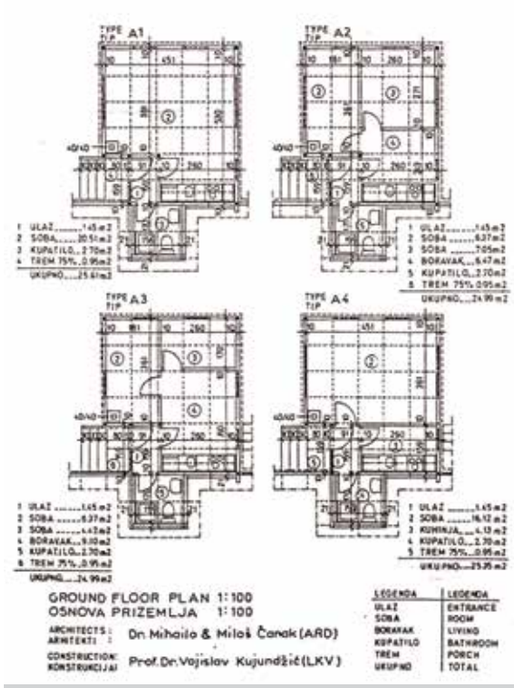
Sl. 18. Predlog projekta zgrade za izbeglice prof. dr Krešimira Martinkovića

je počela 1. maja, hrvatska vojska preuzela kontrolu nad zapadnom Slavonijom. Tom prilikom je veliki broj srpskih civila, oko 30.000 njih, napustio to područje. Do još većeg iseljenja Srba dolazi za vreme akcije hrvatske vojske pod nazivom "Oluja", kada 250.000 srpskih civila napušta Hrvatsku i prelazi u Republiku Srpsku i Republiku Srbiju.

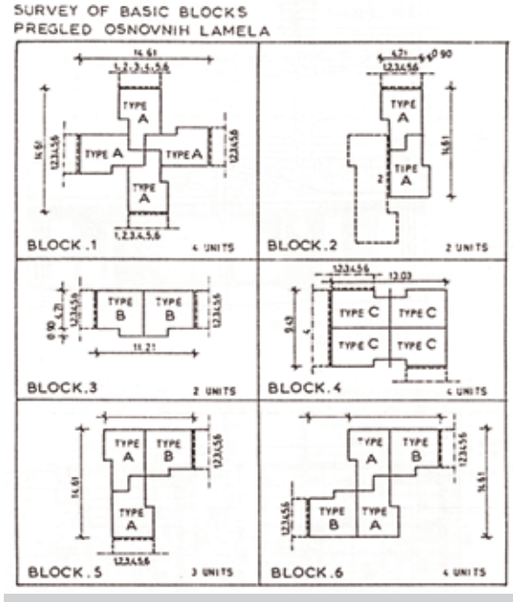
Zbrinjavanje izbeglica u Srbiji postaje prioritetni zadatak i države i društva. Angažovane su sve raspoložive snage i svi raspoloživi resursi da se ta velika masa ljudi zbrine na human način. Već u januaru 1996. godine, Ministarstvo za urbanizam, stambeno-komunalnu delatnost i građevinarstvo Srbije, Arhitektonski fakultet Univerziteta u Beogradu i Udrženje urbanista Srbije organizovali su naučno–stručni skup "Programi i projekti razmeštaja i izgradnje naselja i objekata za izbeglice", sa ciljem da se definišu osnovni problemi naseljavanja izbeglica na teritoriju Republike Srbije. U radu savetovanja učestvovali su eminentni sociolozi, planeri, urbanisti, arhitekte i građevinci. Svojim radovima ukazali su na puteve formiranja i razrade strategije rešavanja problema raseljenih lica i definisali kriterijume za ocenu kvaliteta predloga i projekata za razmeštaj i izgradnju objekata za njihov smeštaj. Dati su precizni odgovori na pitanje kako integrisati doseljena lica koja odluče da trajno ostanu na teritoriji Republike Srbije, kako definisati strategiju zbrinjavanja tih ljudi i kako je uklopiti u opštu strategiju razvoja Srbije, kako to povezati sa konceptom ravnomernog razvoja Republike promovisanim u Prostornom planu Srbije. Takođe su ponuđeni i odgovori na pitanja da li dati prioritet izgradnji posebnih naselja ili ovaj problem rešiti kao oblik socijalnog stanovanja u više nivoa: kao nužni smeštaj, a zatim te objekte pretvarati u objekte za dugoročni smeštaj doseljenih lica. Tokom razmatranja i definisanja problemskih nivoa i tematskih celina u iznalaženju puteva do rešenja ovako kompleksnog problema, pažnju je privukao predlog kojim se rešava više problema: problem restauracije graditeljskog fundusa u naseljima i problem zbrinjavanja raseljenih lica na teritoriji Republike Srbije.

Period restauracije Srbije, koji evidento predstoji, pored političkog, ekonomskog, socijalnog i obrazovnog aspekta, mora ozbiljno da obuhvati i segment obnove i revitalizacije sveukupnog graditeljskog fundusa zemlje. Ekonomski potencijal izgrađenih objekata je veoma veliki i štete koje nastaju zbog nebrige ili neadekvatnog održavanja objekata mogu imati poguban uticaj na ekonomiju zemlje. Definisanje organizovane strategije rehabilitacije postojećih arhitektonskih objekata je imperativ koji ne sme da ostane u drugom planu angažovanja institucija čija je osnovna delatnost arhitektura i građevinarstvo.

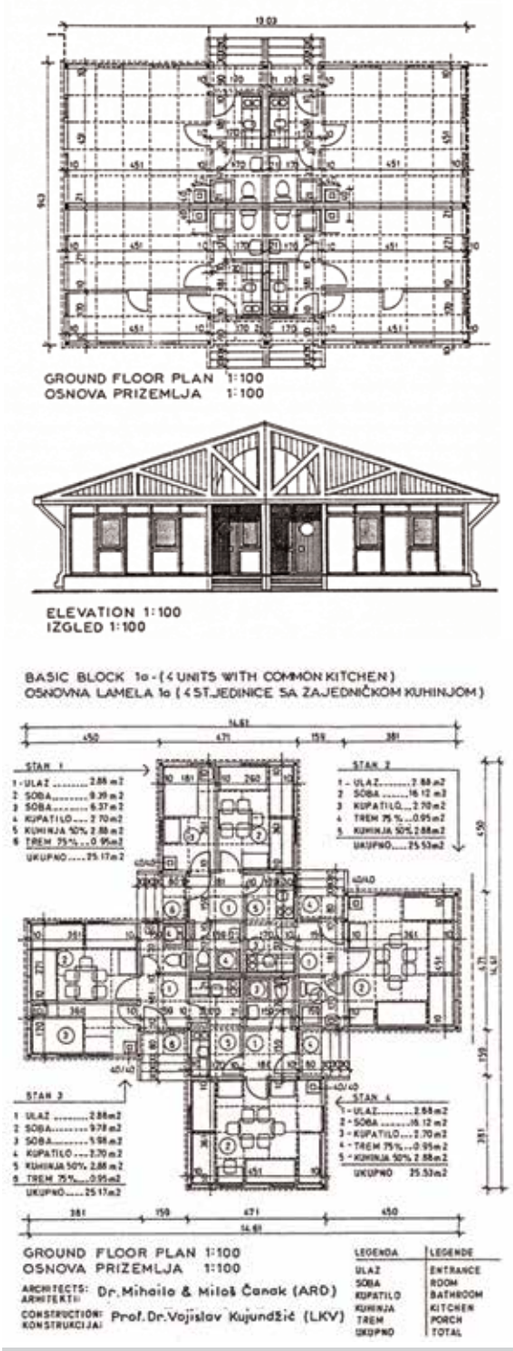
Uz uslov pedantno organizovane strategije rehabilitacije postojećeg građevinskog fundusa u gradskim celinama, može se veoma uspešno produžiti eksploatacioni vek izgrađenih objekata i podići nivo standarda korišćenja objekata na viši stepen. Izgradnjom novog stambenog prostora nad objektima sa ravnim krovovima, kod kojih je problem termičke izloacije i hiodroizolacije takoreći nerešiv problem u našim klimatskim uslovima, može se obezbediti zbrinjavanje izbeglica uz građevinsku rekonstrukciju objekta kojom se, pored ostalog, izvodi dopunska termoizolacija na fasadnim zidovima postojećih objekata, što je od posebnog značaja za uravnoteženje energetskog bilansa zemlje kroz velike uštede u električnoj energiji i potrebi za fosilnim gorivima. Ovo su već svuda u svetu definisani pravci održivog razvoja.



Sl. 19. Sistem ARD–LKV – četiri varijante jedinice tipa A



Sl. 20. Pregled mogućih grupisanja stambene / stambenih jedinica u osnovne lamele



Sl. 21. Grupacija stambenih jedinica A i C.

Rekonstrukcijom objekata kroz dogradnju na ovaj ili sličan način, sredstvima obezbeđenim za rešenje smeštaja raseljenih lica i bez dodatnog opterećenja državnog budžeta, svakako će se probuditi iz prinudne letargije mnoge privredne grane, od planiranja i projektovanja, preko proizvodnje građevinskog materijala, građevinarstva u najširem smislu reči, do industrije nameštaja i opremanja stanova. To će, pored otvaranja mnogih novih radnih mesta, pored obezbeđenja posla za veliki broj stručnog kadra, stvoriti i prostor za aktivno uključivanje izbeglica u privredu zemlje i takođe imati povratnog uticaja na organizaciju tržišta stanova i na ekonomiju građenja. Iskustva domaće operative u pretvaranju ravnih krovova u stambena potkrovlja su veoma velika i u svemu pozitivna. Pokazalo se takvom rekonstrukcijom i nadgradnjom objekata u Beogradu, Nišu, Kragujevcu, Novom Sadu, Somboru, Subotici, Banjaluci, Brčkom, Nikšiću i mnogim drugim gradovima, da je primenom sistema građenja u drvetu, na primer, LKV sistema i materijala proizvedenih od drveta, moguće veoma elegantno, jednostavno i ekonomično rešiti oba definisana problema: obezbeđenje novog smeštajnog stambenog prostora i revitalizaciju postojećeg stambenog fundusa. Za izgradnju novih naselja predložena su fleksibilna rešenja, najčešće u montažnoj gradnji u sistemima na bazi drveta, kao konstrukcijskog i građevinskog materijala u više varijanti i više predlagača. Veoma ozbiljne predloge i planove za rešavanje problema smeštaja raseljenih porodica ponudila je asocijacija građevinske operative u koordinaciji sa Arhitektonskim fakultetom u Beogradu, a koju su činili: Projektni biro "ARD", LKV CENTAR, "Kumodraž inžinjering", "Estetika interprojekt", "Genex" i "Fasau" iz Beograda, zatim "PAN šume" iz Sremske Mitrovice, GIP "Integral" iz Niša, IGM "Toza Marković" iz Kikinde, "Besko" iz Vlasotinca, "Eknos" iz Novog Sada, "Prvi maj" iz Čačka i ICN "Galenika" iz Zemuna. Angažovanjem ove asocijacije izgrađen je i pilot-objekat na Novom Beogradu, koji je dokazao sve prethodno definisane kvalitete funkcije, izgradnje i ekonomičnosti.

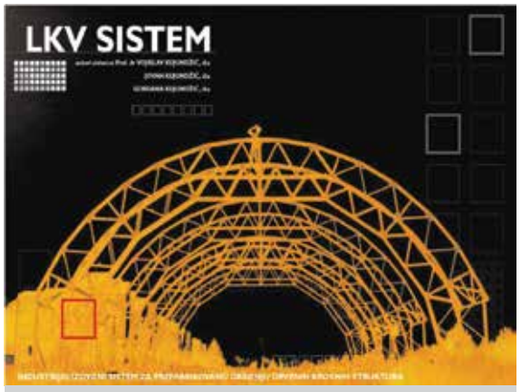
Koristeći rezultate dugogodišnje saradnje više firmi iz Srbije na unapređenju montažnih sistema gradnje od drvnih prefabrikata, Biro za arhitektonsko projektovanje i istraživanje "ARD" iz Beograda formirao je sistem LKV–ARD, koji se odlikuje karakteristikama u skladu sa svim zahtevima za stanovanje privremenog karaktera, na primer, za stanovanje raseljenih i izbeglih lica i porodica. Kvaliteti sistema se odnose na:

- brzinu proizvodnje i montaže,
- malu težinu elemenata koja omogućuje jednostavnu montažu bez angažovanja građevinske mehanizacije,
- malu zavisnost od veličine proizvodne serije,
- mogućnost transporta do udaljenih i nepristupačnih lokacija,
- ekonomičnost izgradnje,
- mogućnost kasnije transformacije u trajne objekte i
- postojanje proizvodnih kapaciteta u zemlji.

Arhitektonska rešenja se baziraju na tri osnovne stambene jedinice sa više varijanti prostorne organizacije. Stanovi se, dalje, grupišu u tzv. stambene lamele koje mogu imati do 4 stana.

Projektom su definisane i neke od mogućnosti formiranja urbanističkih dispozicija u okviru prostora naselja sa gustinom stanovanja od 350 – 400 st/ha, pod uslovom da se u jedinicama nalaze 4 postelje. Očigledno je da sistem pruža mogućnosti za formiranje osnova objekata veoma raznovrsnih, jednostavnih ili razuđenih, čime se efekat monotonije veoma ublažava.

Uslovi koje je Komesarijat za izbeglice, u saradnji sa odgovarajućim institucijama Ujedinjenih nacija, postavio za izgradnju 20.000 stambenih niskobudžetskih jedinica površine 25–27 m2 na teritoriji Republike Srbije, u potpunosti su ispunjeni ovim projektom. Za proizvodnju ovih stambenih jedinica zainteresovan je veći broj radnih organizacija iz Srbije, koje su već stekle izvanredno iskustvo u gradnji montažnih kuća u sistemima koji se oslanjaju na drvo i proizvode drvne industrije.



Sl. 22. Sistem LKV je osnova za realizaciju projekta ARD-LKV



Sl. 1. Iz kataloga „Grad“, Kosijerić

Zaključak

Opravdanu primenu sistema građenja u drvetu, kada su u pitanju hitne intervencije u organizaciji humanog prihvatanja žrtava prirodnih katastrofa ili posledica etničkih sukoba i ratnih dejstava, bilo je veoma lako definisati i uporediti sa alternativnim metodama zidanih tehnika i masivnih tehnika u betonu ili tehnika sa primenom čelika. Nažalost, krizna stanja u našoj zemlji su pojava koja nas obavezuje na punu spremnost da odgovorimo svim složenim zahtevima za brzom, funkcionalnom i ekonomičnom intervencijom u slučajevima tih vanrednih situacija. Drvo i proizvodi na bazi drveta, koji čine osnov za efikasnu gradnju objekata za brzo zbrinjavanje stradalih u takvim kriznim i tragičnim situacijama, nezamenjivi su i postaju imperativ za sve eventualne slične situacije u zemlji ili van naših granica, gde treba pružiti bezrezervnu pomoć postradalima u katastrofama različitog porekla. Sistemi koji su razvijeni u Srbiji i koji se dalje razvijaju i unapređuju postaju i baza za individualnu i kolektivnu stambenu gradnju u mirnodopskim uslovima, u uslovima normalnog odvijanja životnih funkcija, kada se zahteva viši nivo komfora, ekonomičnosti i ispunjenja svih ekoloških zahteva i zahteva očuvanja prirode u okruženju.

[b] Analiza organizacije projektovanja i izgradnje objekata od drveta niske spratnosti u Srbiji

Razvoj gradnje montažnih objekata u Srbiji

Izgradnja montažnih objekata u Srbiji ima višedecenijsku tradiciju. Razvoju ove tehnike građenja doprinela je potreba za brzom izgradnjom objekata za smeštaj postradalih porodica u zemljotresu koji je zadesio Skoplje 1963. godine. U kooperaciji preduzeća “Grad” iz Kosjerića i “ŠPIK” iz Ivanjice, sagrađeno je više desetina kuća u ovom razorenom gradu. Iskustvo stečeno u organizaciji projektovanja, tehnologije izrade osnovnih elemenata i montaže objekata na terenu, postaje baza razvoja ove grane drvne industrije u Srbiji. Za drugu polovinu XX veka vezuje se pojava preduzeća “Besko” iz Vlasotinca i preduzeća “Komgrap-Kijevo” kraj Beograda. Preduzeća “Grad”, “ŠPIK” i “Besko” razvijaju i grade u sistemu dvoslojnog sitnog sendvič panela, sa ispunom od mineralne vune, dok “Komgrap” razvija tip montažne gradnje u sistemu Durisol. Baza za razvoj tehnologija proizvodnje i izgradnje objekata kod ovih preduzeća je drvo i proizvodi drvne industrije, primenjeni na različite načine. Poziv za učešće u izgradnji Jugoslovenskog paviljona na EXPO 67 u Montrealu, u Kanadi, koji je upućen “Gradu” iz Kosijerića i “ŠPIK”-u iz Ivanjice, bio je priznanje za dostignut kvalitet u razvoju tehnologije bazirane na drvetu, kao građevinskom materijalu i proizvodima na bazi drveta. Vrlo brzo “ŠPIK” iz Ivanjice postaje lider u gradnji montažnih objekata u Srbiji, iako njemu i drugim srpskim fabrikama u to doba konkurišu “Krivaja” iz Zavidovića i “Marles” iz Maribora. Uistinu, u drugim republikama ondašnje Jugoslavije radilo je još nekoliko fabrika montažnih objekata i svaka od njih, sa manje ili više uspeha, zauzimala je odgovarajuće mesto u jugoslovenskom građevinarstvu.

Godine 1969, tokom nastavka gradnje pruge Beograd–Bar, pojavila se potreba za izgradnjom više radničkih naselja duž trase pruge. “ŠPIK” iz Ivanjice gradi naselja Lisište kod Požege, Šljivovica na Zlatiboru, kod Prijepolja i u blizini Biogradskog jezera. Vrlo brzo, radnička naselja se grade i u inostranstvu, u onim krajevima gde jugoslovenska građevinska operativa otvara velika gradilišta. Tako se gradi više radničkih naselja u Poljskoj, Rusiji, Iraku, čak i u Gvineji, u Africi. Brza i ekonomična gradnja, skromnog standarda, primerenog poslednjim decenijama dvadesetog veka, veoma je dobar razlog za nagli razvoj gradnje montažnih objekata. Grade se poslovni objekti, ambulante, škole, dečja obdaništa i vrtići.

Na mogućnostima primene već definisane tehnologije gradnje u okvirima zahtevne stambene arhitekture nisu mogla da se koriste stečena iskustva u izgradnji radničkih naselja. Prelazno područje čine kuće za odmor, vikend-kuće, na kojima se, bez većih posledica, ispituju mogućnosti ovladavanja funkcijom porodičnog stanovanja. Izgrađene su mnoge individualne vikendice, manje ili više udobne, pa čak i veća vikend-naselja u turističkim regionima. Zabeleženo je da je prva kuća za odmor u produkciji “ŠPIK” iz Ivanjice izgrađena 1971. godine na Beloj zemlji iznad Užica. Osnovni kvalitet gradnje kuća za odmor se ogledao u minimalističkoj funkciji stanovanja, u brzoj i posve ekonomičnoj gradnji. Ideja na kojoj se insistiralo bila je graditi kuću po sistemu „uradi sam“. To je značilo da investitor treba da izgradi temeljnu konstrukciju i izlije podnu ploču, nad kojom će isporučilac kuće montirati zidove, stolariju, krovnu konstrukciju i krovni



Sl. 2. Poslovna zgrada “ITI”, Ivanjica



Sl. 3. Poslovne zgrade “Energoprojekta”, Beograd



Sl. 4. Vikend-naselje Zaovine na Tari



Sl. 5. Vikend-naselje Peručac

pokrivač. Sve ostale građevinske i građevinsko-zanatske radove izvodio je investitor u sopstvenoj režiji. Tako se vrednost radova na kući odnosila samo na montažu „sive faze“ i, na prvi pogled, ova gradnja je bila izuzetno jeftina. Sve ono što bi novi vlasnik vikend-kuće doradio na svom objektu bilo je odraz njegovog ukusa, potreba i želja. Takva kuća bi bila delo vlasnika na šta bi polagao puno pravo i bio veoma ponosan na svoje umeće.

Ako bi se detaljnije analizirao tehnički kvalitet ovog sistema gradnje, moglo bi se sa lakoćom utvrditi da su objekti građeni veoma skromno, čak siromašno, da nisu bili ispunjeni ni delimično uslovi građevinske fizike iz oblasti termo i zvučne zaštite, da je fasadna obloga, izvedena preko ploča od iverice ili od azbest-cementnih ravnih ploča, nekvalitetna i da brzo propada, da je unutrašnja obrada



Sl. 6. Izvod iz kataloga kuća “Špik”, Ivanjica



Sl. 7. Projekti objekata složenih funkcija u sistemu “Grad”, Kosjerić

zidova, podova i plafona na veoma niskom tehničkom i estetskom nivou. Svejedno, kuće ovog tipa su se masovno gradile i u potpunosti zadovoljavale zahteve njihovih korisnika.

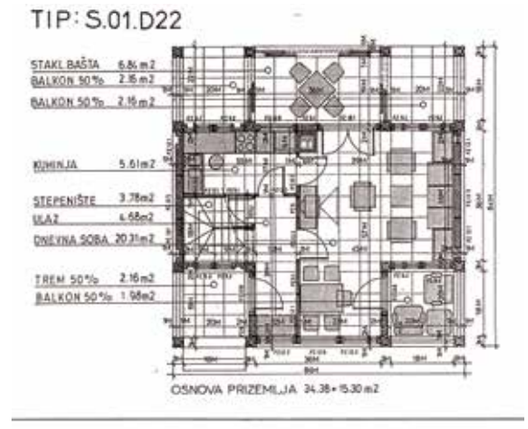
Terminu „montažni objekat“ se mora pristupiti sa puno rezerve i sa pitanjem: šta etimološki znači reč „montažni“? Mogućim odgovorom se moramo pozabaviti na više nivoa istražujući poreklo ove reči. Najpre, prema Ivanu Klajnu i Milanu Šipki, autoritetima iz oblasti lingvistike, reč “montaža” je francuskog porekla i između ostalog znači i „ … postavljanje na mesto“. Da li se, dakle, i za zidanje zida od opeke, kada se opeke u malteru postavljaju na mesto, može reći da je montažni poduhvat? Svakako da može, i da koren reči montažni, u slučaju gradnje kuća, o kojima je ovde reč, ne treba tražiti u tom pravcu. Verodostojnije je poverovati da je praotac ovog termina izveo ime ovih kuća iz potencijalne mogućnosti njihove demontaže, rastavljanja i prenošenja na drugo mesto. Termin „montažno-demontažna kuća“ je veoma rogobatan i veoma obavezujući. Kvalitet ovih kuća nije dozvoljavao demontažu, niti je ona bila ostvariva bez velikih razaranja obložnih materijala i elemenata konstrukcije. Projektanti i proizvođači, svakako, nisu ni pomišljali na mogućnost uspešne ponovne montaže demontiranih kuća, tako da ostaje otvoreno pitanje opravdanosti primene atributa „montažni“ uz imenicu “kuća” kada se definiše jedna tehnologija građenja. Po svoj prilici, pod ovim terminom će dugo biti definisana proizvodnja, transport i montaža zanatski, poluindustrijski ili industrijski proizvedenih kuća na bazi drveta, jer su mogući termini, etimološki ispravni, dovoljno rogobatni i teško prihvatljivi, poput „prefabrikovane kuće“ ili „gotove kuće“.

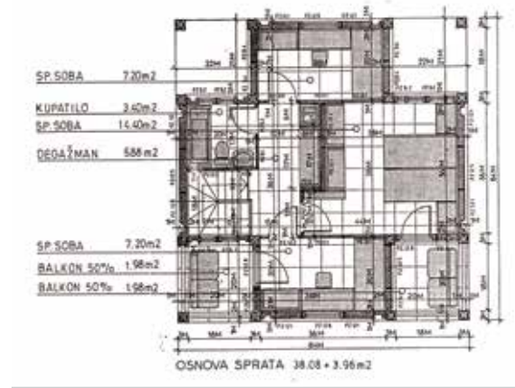
Projektovanje montažnih stambenih objekata

Produkcija montažnih objekata, tokom razvojnog perioda, po investicionoj vrednosti radova zaostajala je za gradnjom velikih stambenih blokova u novim prigradskim naseljima u industrijskim centrima, pogotovu za gradnjom velikih hotelskih kompleksa u potencijalno turističkim regionima. Inženjeri i arhitekte okupljeni oko fabrika montažnih objekata razvijali su sisteme prema tehnološkim mogućnostima lokalne proizvodnje, i nisu se bavili eksploatisanjem sistema koji su već pokazali mnogo dobrih rezultata u inostranstvu, na primer:

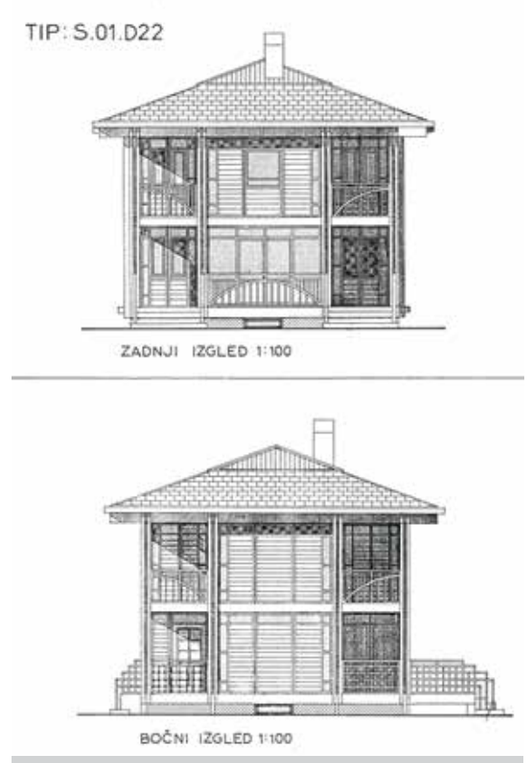
- bondruk sistem (SAD, Kanada, Japan, N. Zeland, Australija, V. Britanija),
- panelni sistem (Francuska, SSSR, Japan, Nemačka, zemlje Skandinavije),
- segmentni − “kontejner” sistem (SR Nemačka, SSSR, Finska).

U okvirima jednostavnih sistema, najčešće na nivou zanatske proizvodnje, projektanti nisu imali mogućnosti da dovoljno razviju funkciju niti oblikovni izraz objekata. Imperativ da objekat bude maksimalno ekonomičan nije dozvoljavao složeniju funkciju, veće raspone, kvalitetnije materijale zaobradu eksterijera





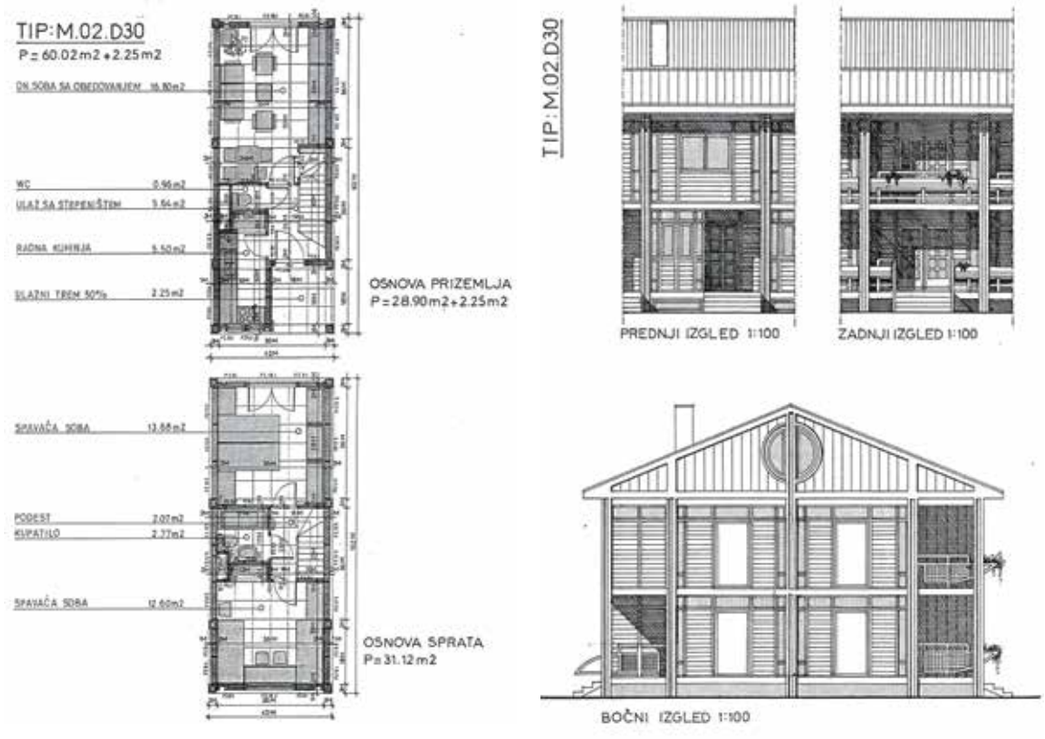
Sl. 8. Ecodomus – Osnove, objekat tipa S – standardne serije



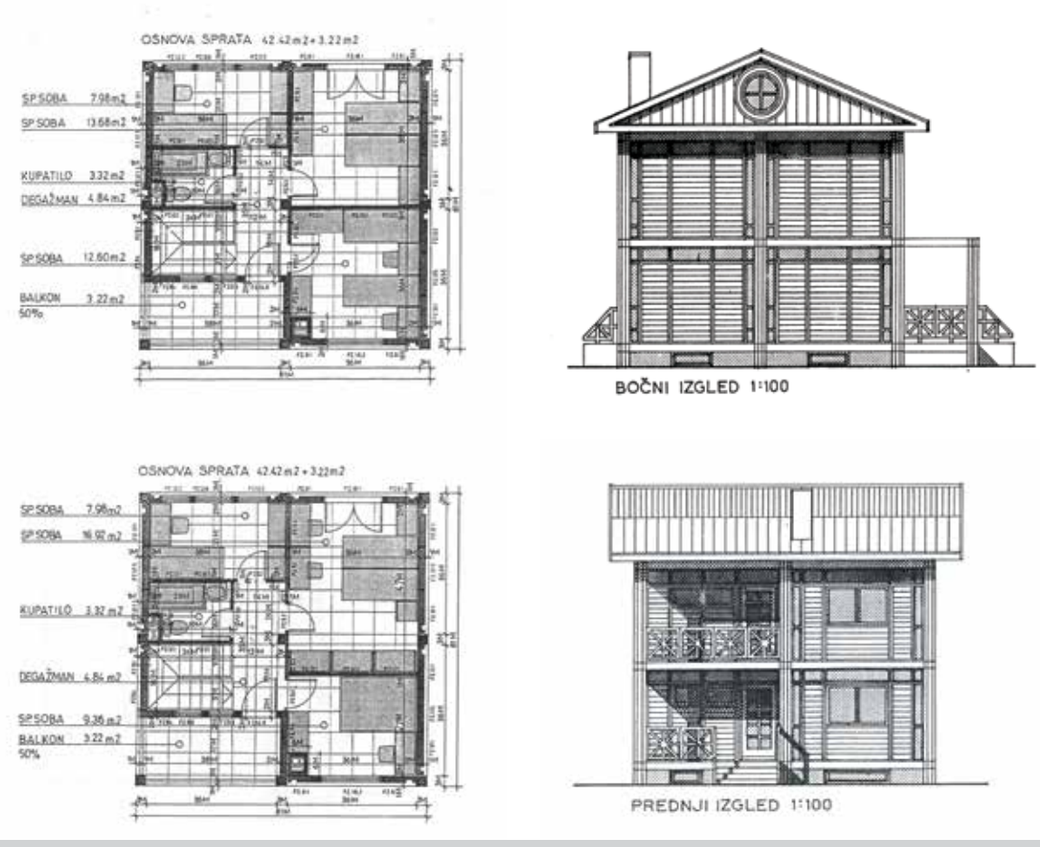
Sl. 9. Ecodomus – Fasade, objekat tipa S – standardne serije

i enterijera objekata. Odsustvo propisa i normi za ovaj segment graditeljstva takođe je doprinelo da se dugi niz godina ova tehnika razvija bez potpune arhitektonske podrške. Pri izgradnji objekata zahtevne funkcije, kakvi su objekti zdravstvene zaštite ili školske kuhinje, projektanti su bili primorani da odgovore postavljenim projektnim uslovima. Produkcija svih pomenutih fabrika zasnivala se na gradnji prizemnih objekata veoma jednostavne konstrukcije. Vredi pomenuti redak pokušaj iz 1991. godine da se osvoji novi sistem industrijski organizovane proizvodnje porodičnih kuća na više nivoa, spratnih kuća, koji je inciralo GIP „Integral" iz Bele Palanke. Angažovan je Biro za arhitektonsko projektovanje i istraživanje "Ard" iz Beograda, da sačini Studiju funkcionalnih i oblikovnih mogućnosti sistema „Ecodomus". Nosilac zadatka na ovom projektu bio je dr Mihailo Čanak, dipl. inž. arh. koji je uz pomoć svojih saradnika posvetio veoma mnogo pažnje definisanju programa istraživanja koji je obuhvatio sledeća područja:

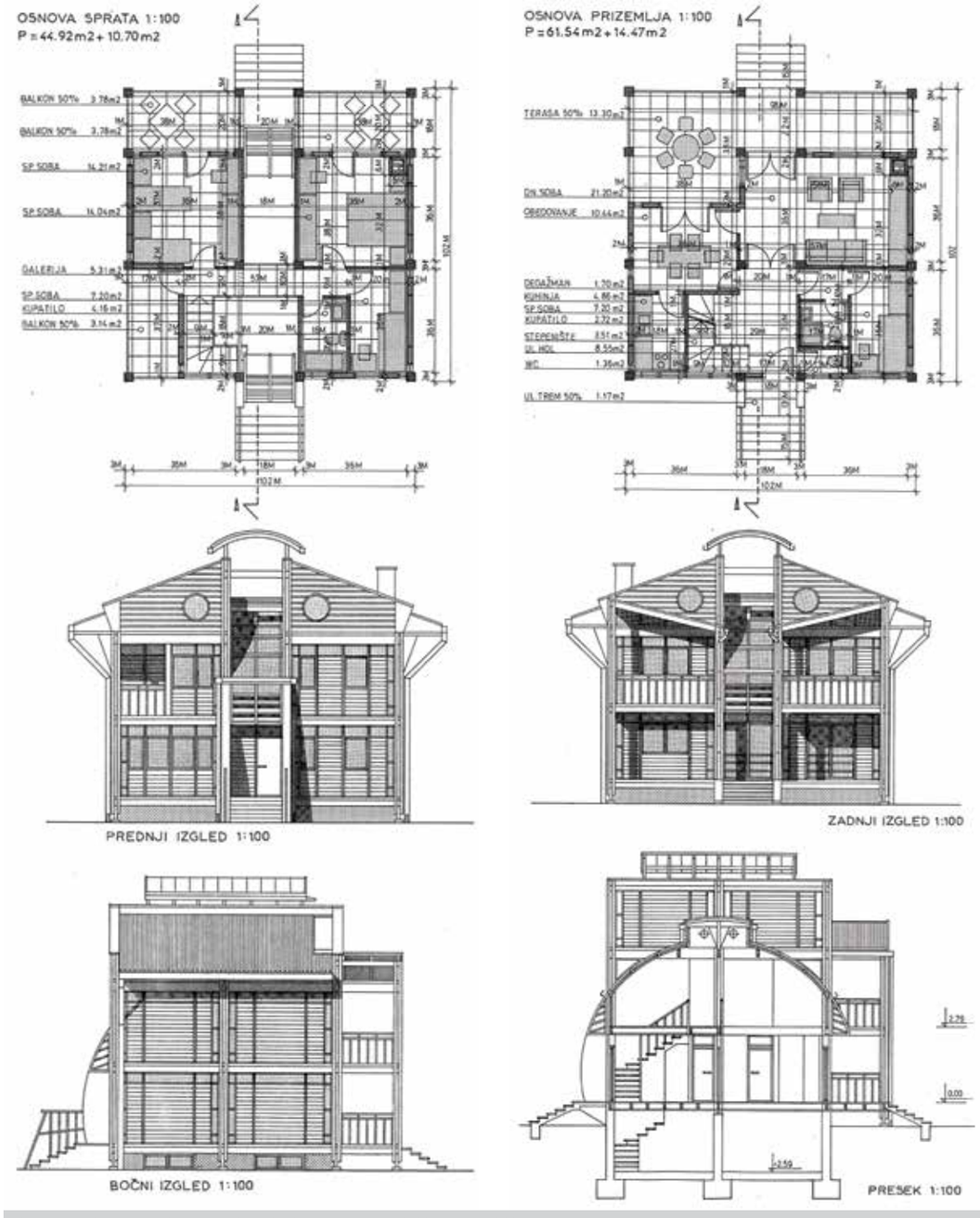
1. Izbor modularnog sistema, koga čine osnovni, projektantski i konstrukcijski modul, kontinualne i diskontinualne modularne mreže, modularne mere raspona, prostorija i građevinskih elemenata.
2. Definicija delova zgrade koji se prefabrikuju i delova koji se izvode na klasičan način.
3. Uporedna analiza otvorenih i zatvorenih sistema građenja.
4. Uporedna analiza funkcionalnih mogućnosti skeletne konstrukcije i konstrukcije sa nosivim panelima.
5. Geometrija objekta u sistemu:
   - spratnost objekta i vertikalna raščlanjenost,
   - horizontalna raščlanjenost objekta (mogućnost razuđivanja gabarita).
6. Prostorni sadržaj objekta u sistemu:
   - dimenzionalni parametri: spratne visine, dubine i širine traktova, preferencijalne dimenzije prostorija i stanova,
   - preferencijalne organizacione šeme stanovanja,
   - mogućnost fleksibilnosti unutrašnjeg prostora i izmene sobnosti,
   - nivoi opremljenosti stambenog prostora i mogućnosti participacije budućeg korisnika u formiranju i opremanju stambenog prostora
7. Oblikovne mogućnosti objekata u sistemu:
   - mogućnost intervencija na primarnoj plastici,
   - mogućnost formiranja sekundarne plastike,
   - preferencijalni materijali za spoljnu oblogu i pokrivanje objekata
   - mogućnost kombinovanja prefabrikacije i klasične gradnje u spoljnom oblikovanju objekata,
   - mogućnost raznovrsnog stilskog izražavanja u spoljnom oblikovanju.
8. Izrada idejnih rešenja individualnih objekata u sistemu "Ecodomus", pri čemi je potrebno:
   - predvideti mogućnost da se pojedini tipovi moguređati i formirati dvojne objekte i nizove,
   - predvideti mogućnost kombinovanja raznih tipova u nizovima zgrada,
   - projektovati stanove veličine 2½ - sobnih do 4½ - sobnih,



Sl. 10. Ecodomus – Objekat tipa M – serije minimalnih površina



Sl. 11. Ecodomus – Idejni projekat objekta tipa F – serije fleksibilnih stambenih jedinica



Sl. 12. "Ecodomus" – Idejni projekat objekta tipa E – sa ekskluzivnim oblikovanjem

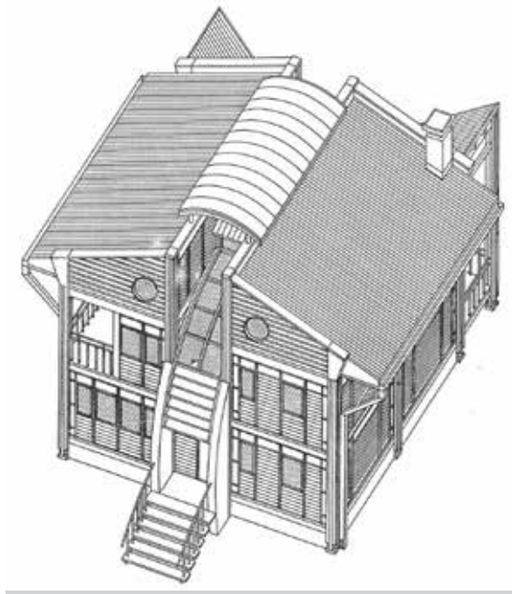
- obezbediti delimičnu fleksibilnost, kao i mogućnost da izmena dispozicije ne zahteva veće građevinske ni zanatske intervencije.

9. S obzirom na to da je jedan od osnovnih ciljeva sistema "Ecodomus" realizacija EKOloških i EKOnomičnih kuća koje odgovaraju svim postavljenim zahtevima, neophodno je izbegavati sve materijale i konstrukcije koji na bilo koji način mogu da ugroze zdravlje i ugodan život ukućana.

Posebno poglavlje ove studije posvećeno je analizi nastupa na tržištu i plasmanu finalnih proizvoda. Sistem se pokazao veoma fleksibilnim i pokrivao je četiri kategorije stanovanja u kućama spratnosti Po+ P+1:

1. Serija **S** nudi STANDARDNA rešenja stanova i zgrada, usklađena sa katalozima tipskih prefabrikovanih elemenata. Gabariti su jednostavni, rešenja racionalna, a arhitektonsko oblikovanje jednostavno, mada pažljivo osmišljeno. Ukupna površina stanova i pojedinačna površina prostorija su usklađene sa odredbama važećih beogradskih normativa. Izvođenje radova je jednostavno, uz mogućnost delimične participacije budućih korisnika.
2. Serija **M** prikazuje rešenja sa MINIMALNIM površinama i/ili linearnim dimenzijama (širina fasadnog fronta, na pr.). Unutrašnja i spoljna obrada su standardne, usklađene sa katalozima tipskih prefabrikovanih elemenata. Prikazani tipovi su prilagođeni potrebama raseljavanja, smeštaja mladih bračnih parova, malih domaćinstava, privremenog smeštaja i sl.
3. Serija **F** nudi rešenja sa FLEKSIBILNIM stambenim jedinicama. U veoma pojednostavljenim gabaritima formira se manji ili veći broj alternativnih shema unutrašnje organizacije, prilagođenih raznim porodičnim strukturama. Postoje dve mogućnosti korišćenja ovih tipova i to:
   - da se korisnik pre useljenja opredeli za alternativu koja mu odgovara,
   - da korisnik tokom eksploatacije, uz minimalne intervencije, može da promeni unutrašnju dispoziciju i organizaciju prostora.

   Spoljna obrada je standardna i usklađena je sa katalozima tipskih fasadnih elemenata. Ova serija nudi visoki stepen tipizacije uz veliki asortiman funkcionalnih rešenja.
4. Serija **E** prikazuje moguća rešenja sa EKSKLUZIVNIM spoljnim oblikovanjem, koje samo delimično prati kataloge tipskih fasadnih elemenata. Ekskluzivnost oblikovanja se postiže bogatom primarnom i sekundarnom plastikom, razigranim krovnim površinama i kombinovanjem materijala (drveta, metala i stakla). Težilo se dobijanju integralnog stambenog prostora, kako po horizontali tako i po vertikali. Površine stanova odgovaraju standarnim merama. Serija E svedoči o širokim mogućnostima individualnog arhitektonskog izraza u sistemu i njegovoj projektantskoj otvorenosti.



Sl. 13. "Ecodomus" – Aksonometrijski prikaz objekta tipa E

U svim slučajevima temelji i podrumska etaža, ako je ima, izvode se na klasičan način. Montaža u sistemu "Ecodomus" počinje od kote prizemlja. Objekti su po pravilu spratnosti P + 1, što se smatra veoma racionalnim rešenjem. Ovde se u prvom planu ističe individualnost stambenih jedinica, koje mogu biti samostojeće, dvojne ili u nizovima, ili u drugim prostornim kombinacijama. Krovovi su uvek kosi sa mogućnošću primene različitih krovnih pokrivača.

Proizvodnja kuća

Prvi montažni objekti, proizvedeni za smeštaj radnika na velikim gradilištima ili kao socijalni stanovi za zbrinjavanje stradalih porodica u vanrednim situacijama, proizvedeni su u skromnim proizvodnim uslovima, na zanatski način, na stolarskim mašinama za obradu drveta. Tehnike spajanja i formiranja veza su bile takođe zanatske: kovanje ekserima bilo je prevashodna tehnika u proizvodnji krovnih rešetkastih nosača i zidnih panoa. Zidni nosivi pano je imao osnovni nosivi drveni ram, na koji se prikivala zidna obloga: obostrana iverica debljine 10 mm za pregradne zidove, odnosno kod fasadnih zidova sa unutrašnje strane iverica a sa spoljne strane azbest-cementna ploča. Prostor u debljini drvenog rama je bio ispunjen mineralnom vunom i parnom branom. Najčešće, ukupna debljina spoljnih zidnih panoa iznosila je 10-12 cm. Zaptivanje spoja između dva panela izvodilo se ugradnjom drvene lajsne u prethodno obostrano formirani žljeb. Spojevi na fasadnoj ravni pokrivani aluminijumskom lajsnom, a sa unutrašnje strane drvenom lajsnom.

Paneli sa fasadnim otvorima za prozore i vrata i pregradni paneli sa otvorom za vrata su unapred formirani dopunskim elementima u nosivom ramu po gabaritu otvora. Ovakva tehnologija proizvodnje panela, davala je i skromne rezultate u izvoženju objekata, ali su iz ugla svoje privremene namene (podizani su na gradilištima ili u prigradskim naseljima socijalnog stanovanja) bili veoma ekonomični i brzo izgrađeni.Svi pokušaji da se kvalitet izgradnje objekata podigne na viši nivo, da se ispoštuju principi toplotne zaštite i zaštite od zvuka nisu urodili plodom, jer bi to poskupelo proizvodnju, a investitorima, kojih je bilo dovoljno, bio je potreban jeftin objekat jeftinog kvaliteta. U proizvodnji kuća za odmor i objekata društvenog standarda, kvalitet i konstrukcija panela je ostajala ista, ali je bilo moguće popraviti termiku zidova dodavanjem spoljne obloge od opeke ili drveta i formirati provetrenu fasadu ili fasadni zid sa dopunskom termoizolacijom.

Lider u plasmanu montažnih objekata do raspada Jugoslavije bio je ŠPIK – Šumsko poljoprivredni industrijski kombinat iz Ivanjice. Ovaj industrijski gigant raspolagao je šumskim resursima na planini Goliji i u svom sastavu je imao fabriku iverice. To je bio dovoljan razlog da Ivanjica postane centar razvoja tehnologije građenja montažnih objekata. Pojavom novih proizvoda hemijske industrije, koja je stavila na raspolaganje graditeljima nova lepila, nove materijale, nove mogućnosti za obradu osnovnog modela panela, tehnika građenja montažnih objekata je značajno dobila na kvalitetu.

Razlog za značajno unapređenje tehnološkog procesa proizvodnje komponenata za izgradnju montažnih objekata je pojava privatnih investitora koji žele dobar proizvod i viši stepen korisničkog standarda. Proizvodni rezultati postaju sve bolji, zbog čega se i krug korisnika proizvoda ove grane industrijske gradnje širi. Proizvođači montažnih kuća osvajaju i nova područja, van teritorije Jugoslavije. Grade se objekti u turističkim naseljima u Nemačkoj, porodične kuće u Francuskoj, Rusiji, na Bliskom istoku, a postoje podaci o plasmanu porodičnih montažnih kuća čak na Novi Zeland.

Industrija montažnih kuća na pragu novog milenijuma

Raspadom Jugoslavije, ulaskom Srbije u recesiju, građevinarstvo na našem području zapalo je u velike teškoće. To je imalo značajnog uticaja i na drvnu industriju, posebno na onu granu koja se bavila industrijskom proizvodnjom montažnih kuća. Gubi se svaki trag "Besku" iz Vlasotinca, "Gradu" iz Kosjerića i "ŠPIK"-u iz Ivanjice. Međutim, stručni kadar, odškolovan i osposobljen radom u ugašenim industrijskim gigantima, organizuje se i nastavlja sa radom na proizvodnji i montaži kuća u sopstvenoj privatnoj režiji, nažalost, najčešće potpuno neorganizovano. Proizvodnja montažnih kuća se odvija na dva veoma različita nivoa: u mnogobrojnim malim divljim, neorganizovanim privatnim pogonima i u malobrojnim organizovanim i registrovanim privatnim preduzećima.

Prva kategorija majstora i priučenih majstora oragnizuje, u žargonu, garažnu proizvodnju. Bez ikakve projektne dokumentacije, prema stečenom iskustvu, proizvodnja komponenata se izvodi u neopremljenim radionicama, u garažnom prostoru, pa čak i pod vedrim nebom. Postignuti kvaliteti u gradnji kuća se urušavaju preko noći i ova tehnika građenja se vraća na svoje prapočetke, istina sada maskirana novim oblogama i novim bojama. Takva nekontrolisana zanatska proizvodnja ima svoje tržište u onom sloju budućih korisnika koji je tokom permanentne ekonomske krize osiromašio i koji je našao načine da se sa malim sredstvima domogne skromnog krova nad glavom. Tako nastaju zdanja koja ponajmanje liče na kuće dostojne čoveka.



Sl. 14. Osnovni oblik zidnog panela



Sl. 15. Porodična kuća novije generacije ŠPIK-a iz Ivanjice





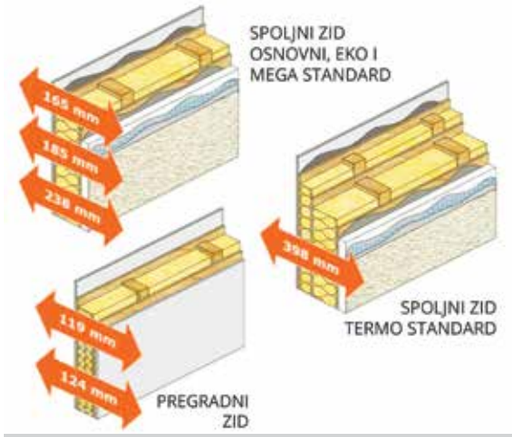
Sl. 17. Kuće u produkciji novih proizvođača kuća iz Ivanjice



Sl. 16. Zdanja u Ribaru i Dragocvetu koja neko naziva kućama



Sl. 18. Poslednja reč „srpske tehnike"
gradnje krovova sa potkrovljem



Sl. 19. Iz ponude montažnih kuća različitog nivoa kvaliteta



Sl. 20. Spratna montažna kuća za grčko tržište u produkciji "LKV centra" iz Beograda



Sl. 19. Iz ponude montažnih kuća različitog nivoa kvaliteta

Primitivna, potpuno nekontrolisana proizvodnja od strane državnih institucija zaduženih za komunalne i građevinske poslove na teritoriji Srbije, osvaja tržište porodičnih kuća, bez poštovanja osnovnih normi građevinske i urbanističke regulative. Svi ti neuki majstori postaju projektanti-arhitekte i građevinci, koji svojoj, takođe neukoj, klijenteli grade primitivna staništa. Na nesreću po planiranje, urbanizam i arhitekturu, nastaju nove naseobine primitivnih zdanja koja imaju krov i zidove sa po nekim otvorom, zbog čega ih nazivaju „kućama". Jedina uteha je da tako sazdani objekti nemaju dugi vek.

Drugu grupu graditelja čine dve podgrupe: registrovana privatna preduzeća čiji su vlasnici stručnjaci iz ove oblasti graditeljstva, koji su svoja iskustva stekli radeći na projektovanju ili proizvodnji i plasmanu kuća proizvedenih u sada ugašenim društvenim kombinatima i preduzećima, i nova preduzeća koja su se pojavila na tržištu kao zastupnici inostranih firmi iz industrije montažnih kuća.Više preduzeća formiranih u Ivanjici organizovano nastavljaju tradiciju proizvodnje i plasmana kuća standardnog kvaliteta po projektima koji su, najčešće, preuzeti iz kataloga starog ŠPIK-a. Ako se na internetu pretraže ponude ove grupacije proizvođača, lako se može utvrditi da isti tip prizemnih kuća, klasifikovan prema površini, nudi više firmi. Isti su čak i tekstovi tehničkih opisa, isti su crteži idejnih rešenja i slike modela kuća. Manji broj firmi se trudi da ponudi nove, savremenije projekte kuća, a veoma mali se bavi projektovanjem i proizvodnjom komponenata za izgradnju spratnih kuća. Dobro organizovana proizvodnja elemenata, koji odgovaraju postavljenim uslovima iz oblasti građevinske fizike, sve bolje oblikovanje i primerena funkcija stanovanja ohrabruju i nude perspektive razvoja i uključivanja našeg graditeljstva u međunarodne standarde. Činjenica je da se mnogi investitori radije odlučuju za montažnu porodičnu kuću, jer za to sada imaju mnogo razloga: od kvaliteta do cene.

U konkurenciji sa zastupnicima stranih firmi i kompanija, koje imaju bogato iskustvo u gradnji kvalitetnih objekata, naši proizvođači kuća podižu svoj nivo kvaliteta i sopstvene kriterijume, što je znak oporavka i brzog napredovanja industrijske proizvodnje elemenata i izgradnje objekata od drveta. Prateća industrija građevinskih materijala, stolarije i opreme hvata korak sa vremenom i uslovima privređivanja. U međusobnoj konkurenciji svakako dobija tržište – opstaju samo kvalitetni i ekonomični proizvodi. Stručni proizvodni kadar se sve više organizuje na najbolji način, čemu svakako doprinosi nametnuta tržišna radna disciplina i odgovornost prema radu. Približavanje Srbije Evropskoj uniji ima svakako mnogo kvaliteta, jer će, između ostalog, naše graditeljstvo biti prinuđeno da se odrekne improvizacija i da se okrene kvalitetnom radu i kvalitetnom proizvodu. Urbanistički i komunalni haos koji nas okružuje se mora savladati, jer sada naše državne institucije nemaju ni moći ni želje da sprovedu u delo odredbe normativnih akata i zakona. Trenutno stanje nekontrolisane gradnje imaće veoma mnogo negativnog uticaja na buduće odluke da se zavede komunalni red u gradskim sredinama. Siva ekonomija, koja cveta u domenu ovog segmenta graditeljstva, svojom nelojalnom konkurencijom nanosi veliku štetu celokupnom društvu i destimuliše napore onih koji žele kvalitetnu i uspešnu budućnost graditeljstva u celini.

Živimo u nadi da će se, ali samo uz pomoć (ili pritisak) spolja, naše graditeljstvo vratiti bar u okvire u kakvima je bilo poznato i veoma cenjeno u svetu. Takođe moramo da živimo u nadi da će i naš projektantski kadar smoći snage da zavede red u svojim redovima, da se detaljno iskristališu stručne pozicije u procesu projektovanja i da se odgovornost projektantskog kadra za njegov rad podigne na najviši nivo.

VERIFIKACIJA STRUČNO-UMETNIČKIH OSTVARENJA

Početkom osamdesetih godina prošlog veka, na Arhitektonskom fakultetu je bilo moguće ostvariti verifikaciju stručno-umetničkih dela. Sa tim priznanjem se moglo konkurisati za nastavnička zvanja i bez doktorata nauka. Ja sam ispunio oba uslova: 1981. godine sam stekao Uverenje o verifikaciji stručno-umetničkih dela i doktorirao 1987. godine. Projekat prodajnog salona "Novi dom" u Zrenjaninu, sa kojim sam konkurisao za verifikaciju stručno-umetničkih ostvarenja je zajedničko autorsko delo dvojice arhitekata: Petra Markovića i Vojislava Kujundžića. Tekstom koji sledi prezentovao sam moje stvaralačke ideje, vizije i iskustvo koje sam stekao gradeći objekte u tehnici lepljenog lameliranog drveta uz izložbu stručno - umetničkih ostvarenja na Arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Beogradu:

I Z J A V A

Izjavljujem da se slažem da arh.Vojislav KUJUNDŽIĆ, asistent Arhitektonskog fakulteta u Beogradu,može konkurisati sa objektom

PRODAJNI SALON NAMEŠTAJA "NOVI DOM" U ZRENJANINU

pri sprovodjenju postupka verifikacije stručno-umetničkih ostvarenja na Arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Beogradu,i da smo projekat za ovaj objekat izradili kao ravnopravni koautori.

15.IX.1981 godine
Beograd

Arh.Petar Marković,iz
Beograda

Sl. 1. Izjava o koautorstvu na projektu prodajnog salona "Novi dom" u Zrenjaninu



SOCIJALISTIČKA REPUBLIKA SRBIJA
ARHITEKTONSKI FAKULTET
UNIVERZITETA U BEOGRADU

UVERENJE
O VERIFIKACIJI STRUČNO UMETNIČKIH OSTVARENJA IZ OBLASTI ARHITEKTURE I URBANIZMA

DEKAN ARHITEKTONSKOG FAKULTETA U BEOGRADU SVOJIM POTPISOM I PEČATOM FAKULTETA POTVRDJUJE DA JE RAD

PRODAJNI SALON NAMEŠTAJA "NOVI DOM" U ZRENJANINU

KUJUNDŽIĆ VOJISLAVA, DIPL. ING. ARH.

(rodjenog 13.III.1941. godine u Beloj Palanci, koji je diplomirao na Arhitektonskom fakultetu u Beogradu, 23.XII.1964. godine)

NA OSNOVU ČLANOVA 260. I 269. STATUTA I ČLANA 13. PRAVILNIKA O VERIFIKACIJI, ODLUKOM NAUČNO NASTAVNOG VEĆA ARHITEKTONSKOG FAKULTETA U BEOGRADU OD 23.X.1981. GODINE, VERIFIKOVAN KAO ZNAČAJNO STRUČNO UMETNIČKO OSTVARENJE.

U BEOGRADU, 2.XII.1981. GODINE
BROJ.

BORKO NOVAKOVIĆ
DEKAN
ARHITEKTONSKOG FAKULTETA

Sl. 2. Uverenje o verifikaciji stručno-umetničkih ostvarenja

Prikaz stečenih iskustava u projektovanju i izvođenju objekata lepljenom lameliranom drvetu

Intenzivnim radom na studijskim istraživanjima, projektovanju i realizaciji objekata sa nosećom konstruktivnom strukturom u drvetu i lepljenom lameliranom drvetu, radom na unapređenju tehnologije izrade elemenata konstrukcije od lepljenog lameliranog drveta i radom na teorijskom i nastavnom planu na polju savremenih drvenih konstrukcija, kandidat je stekao određeno iskustvo tokom poslednjih pet godina. Rad na preko 90 konkretnih projektnih zadataka od kojih je 42 realizovano i izrađeno, ili su trenutno u montaži, nosio je sa sobom određeni napor da se savladaju brojni problemi, počev od propagande među investitorima i projektantima, pa do zauzimanja stavova u odnosu na određena teorijska ili praktična pitanja vezana za propise i smernice za projektovanje u drvetu i lepljenom lameliranom drvetu. Brojni kontakti sa potencijalnim projektantima, sa investitorima i korisnicima izgrađenih objekata pokazuju da je perspektiva razvoja savremenih drvenih konstrukcija u Jugoslaviji vrlo svetla. Određena propaganda, čiji su nosioci proizvođači konstrukcija u drvetu, imala je odjeka u stručnoj javnosti i među investitorima. U prilog tezi da su objekti sa strukturom u drvetu prihvaćeni bez posebnih rezervi, koje su na početku proboja ove tehnike bile značajne, je i činjenica da se jedan investitor više puta obraća sa novim projektnim programima istoj grupi projektanata i istom izvođaču radova i isporučiocu konstrukcije. Objekti su, po pravilu, atraktivni na jedan poseban način, ne liče na objekte u klasičnim materijalima, pa privlače pažnju i stručne i manje stručne javnosti. Drvo je vrlo plemeniti materijal i ako se pri projektovanju istaknu sve njegove lepe osobine, ako se objekat uskladi funkcionalno i oblikovno sa određenim zahtevima koje postavlja tehnologija izvođenja elemenata od lepljenog lameliranog drveta, onda takav objekat ima puni svoj smisao i biva prihvaćen i od investitora i od korisnika sa određenim simpatijama. Priznanja koja dobija proizvođač konstrukcije, koja dobija projektant pokazuju da je arhitektura u drvetu bliska čoveku i da vrlo lako stiče „pravo građanstva".

Na drugoj strani, ambiciozni planovi proizvođača lepljenih lameliranih konstrukcija, nedovoljno obrazovan stručni kadar, izvanredno mali broj poznavalaca problematike projektovanja, proizvodnje i realizacije savremenih sistema konstrukcije u drvetu, opteretili su pravolinijski uspon razvoja ove tehnike.

U krugovima poznavalaca problematike vezane za razvoj ove grane drvne industrije, odnosno građevinarstva iskristalisalo se mišljenje da nauka i školstvo zaostaju za privredom u uvođenju drveta u praksu. Činjenica je da su svi pokušaji okupljanja oko Akcionog odbora za unapređenje gradnje drvetom, da su akcije nastavnika drvenih konstrukcija na nivou jugoslovenskih univerziteta bili kratkog daha. Nastava na našim fakultetima se dosta teško osavremenjuje, ako je uopšte i organizovana i ako uopšte postoje predmeti iz oblasti drvenih konstrukcija. Nastava je opterećena problematikom koju današnja praksa i privreda ne prihvataju, tako da je odgoju stručnog kadra na našim školama posvećeno vrlo malo ili nedovoljno pažnje. Stručna i teorijska misao se razvija najčešće individualno i najčešće je podstaknuta od strane proizvođača, koji ne mogu da čekaju na naše reforme na Univerzitetu. Nedostatak stručne literature, stručnih skupova, simpozijuma i kongresa stavlja drvene konstrukcije u drugi plan u odnosu na akcije oko plasmana i propagande novih dostignuća u drugim materijalima, betonu, čeliku i opekarskim proizvodima. Početni pokušaji dobronamernih projektanata i konstruktera se iz tih razloga najčešće završavaju na manjim ili većim promašajima. Osnovni problem u prihvatanju drveta kao materijala za konstruktivni sistem objekata je u nepoznavanju tehnološkog procesa proizvodnje, tehnološko-tehničkih i mehaničkih osobina drveta, poznavanje samo osnovnih principa i proračuna već arhaičnih tipova konstrukcija u masivnom drvetu, odnosno pokušaj da se u objektu koji je koncipiran na klasični način izvrši čista zamena materijala konstruktivnog sistema: da se mesto betona ili čelika uvede drvo. Takva zamena materijala u objektu koji je potpuno prilagođen tehnologiji gradnje u betonu, jednoj masivnoj gradnji – puni je promašaj u pristupu projektovanju. Međutim, ovakva stanovišta su najčešća, čak i kod vrsnijih poznavalaca lepljenih lameliranih konstrukcija. Takav stav sputava puni razvoj projektovanja i konstruisanja savremenih objekata u drvetu, a i to je posledica nedovoljnog obrazovanja stručnjaka kroz školovanje. Iz želje da se što pre plasira proizvod i povrate uložena sredstva u novu tehnologiju, drvna industrija čini pokušaje da proizvede i elemente konstrukcije koji najčešće ne odgovaraju svojoj nameni. Problemi počinju na nivou proizvodnje elemenata konstrukcije, pa se preko obrade, ugradnje okova nastavljaju sve do montaže. Nije redak slučaj da zbog nedovoljne pažnje pri proizvodnji, elementi konstrukcija budu nedovoljno dobro slepljeni, kako u čeonom zupčastom spoju, tako i između lamela. Neprijatne posledice ovako proizvedenog nosača, koji sada postaje nestandardan proizvod jedne strogo kontrolisane tehnologije, je pojava prslina duž ose nosača obavezna. Ako se takav nosač samoinicijativno ne vrati proizvodnji ili ga ne odstrani nadležna služba, skoro su izvesne havarije na objektu. Ekonomski promašaj, povećani troškovi ili čak i nerentabilnost konstrukcije mogu da budu i posledica netačne geometrije nosača ili geometrije izvedenih elemenata konstrukcije u betonu i postavljanja ankernih i veznih elemenata konstrukcije. Iskustvo je pokazalo, da je i pored svih uputstava, napomena i zahteva izvođačima da se poštuje projektovana geometrija objekata, neophodno izvesti drvne nosače sa izvesnim rezervama u dužini nosača i da je potrebno nosač naknadno obraditi na licu mesta pre ugrađivanja. To jako poskupljuje montažu objekata, povećava i produžuje vreme skupog rada na gradilištu i nameru da se nosač snabde svim potrebnim okovom još u samoj fabrici svodi na iluziju. I sama montaža u velikoj meri povećava nepotrebno troškove izgradnje drvenih objekata. Koliko se pažnje poklanja montaži objekata u čeliku, prave posebni planovi montaže, kod drvenih objekata se toliko ide u drugu krajnost: plan montaže služi samo kao pokriće pred inspekcijskim organima. Vrlo neprijatna iskustva, velike havarije i znatne materijalne štete nisu na ovom planu mogle ništa bitno da izmene. Činjenica da se elementi konstrukcija lako obrađuju na licu mesta, da se rupe za spojna sredstva jednostavno izvode, svodi montažu na čistu improvizaciju. U lancu učešća različitih profila stručnjaka u realizaciji jednog drvenog objekta, montaža je po pravilu najslabija karika kojoj se poklanja najmanje pažnje. Transportni uslovi su vrlo bitna komponenta pri realizaciji objekta. Veliki problemi u izvođenju konstrukcije mogu da nastanu ukoliko se taj parametar, a iskustvo kaže da se našim putevima sa lakoćom kreću elementi dužine do 27,00 m, ispusti pri projektovanju konstruktivnog sistema ili mu se ne pokloni dužna pažnja. Određeni pokušaji da se na licu mesta izvedu lepljeni spojevi i lepljeni montažni nastavci pretrpeli su kod nas puni neuspeh. Izvođenje montažnih nastavaka mehaničkim sredstvima veze kojima se pokriva i momenat savijanja u nastavku je, za naše prilike, vrlo težak i nesiguran zahvat. Nastavci i veze se moraju ukomponovati u konstruktivni sistem. Njima se mogu pokriti transverzalne i normalna sila, a sredstva veze dostupna našim potrebama su isključivo ekseri, zavrtnji i trnovi, što predstavlja asortiman na najnižoj lestvici savremenih mogućnosti. Kandidat je, kao autor projekta, doživeo havariju na nadstreš-

nici nad zapadnom tribinom stadiona Vojvodine u Novom Sadu. Ovo neprijatno iskustvo je pokazalo da ni najsavremeniji propisi ne mogu da obuhvate celokupnu problematiku vezanu za projektovanje i izvođenje objekata u arhitekturi i građevinarstvu. Pojava poprečnih zatezanja u nosećim elementima konstrukcije, što je jedan od mogućih uzroka havarije, a što ekspertiza nije dokazala, nije ni danas pažljivije obrađena u prednacrtu naših novih propisa za drvene konstrukcije. Projekat i proračun su bili sprovedeni po svim pravilima i u skladu sa postojećim svetskim i domaćim propisima. Projekat je detaljno revidovan, a izvedeni objekat je superrevidovan od strane eminentnih stručnjaka i poznavalaca problematike vezane za drvene konstrukcije. Nikakvih primedbi nije bilo ni od strane stručnjaka − inženjera posetilaca i nepristrasnih kritičara koji su tokom eksploatacije posećivali objekat, a objekat je u jednom enormnom nevremenu ipak pretrpeo havariju. I pored najveće pažnje i pored sve pomoći koju projektant može da dobije, pored svih preduzetih mera obezbeđenja, neprijatna iznenađenja su uvek moguća. Ako rđava iskustva budu iskorišćena da se preduzmu mere za podizanje nivoa konstruisanja, proizvodnje i izvođenja objekata u drvetu i lepljenom lameliranom drvetu, i time spreče dalje materijalne žrtve, onda izvesne materijalne žrtve i ne moraju biti uzaludne.

ANALIZA STANJA PEŠAČKIH MOSTOVA NA KALEMEGDANU U BEOGRADU

Jedan dugi niz godina radio sam kao spoljni saradnik Zavoda za zaštitu spomenika kulture grada Beograda. Bilo je jako lepih zaštitarskih projekata na starim zgradama u Beogradu i Zemunu, sa krovnim ili međuspratnim drvenim konstrukcijama, sa svodovima od opeke, sa pruskim svodovima, koji su ili popustili ili dotrajali u dugom eksploatacionom veku objekata, na kojima sam radio. Dva značajnina projekta na rekonstrukciji objekata koji su pod zakonskom zaštitom su Biblioteka grada Beograda u Knez Mihailovoj ulici i drveni pešački mostovi na Kalemegdanu. Drvene pešačke mostove sam analizirao i proučavao njihovo stanje tri puta, i to na svakih 17 godina: 1970, 1987. i 2004. godine. Ti prekrasni objekti su mi veoma dragi i u ovom poglavlju prilažem originalne izveštaje koje sam uputio Zavodu za svaki most pojedinačno.

Pešački most kod Despotove kapije − izveštaj

Konstrukcija ovog mosta sanirana je prema projektnoj dokumentaciji koja je izrađena 1987. godine u Zavodu za zaštitu spomenika kulture grada Beograda. Projektnim zadatkom je zahtevana analiza stanja konstrukcije mosta. Statičkom ekspertizom utvrđena je nosivost mosta od 10.0 t. Radovi na sanaciji su izvedeni u svemu prema projektnoj dokumentaciji i ovaj pešački most je u punoj funkciji od dana rekonstrukcije do danas. Patosnice kolovozne konstrukcije su od hrastove građe dimenzija 14/18 cm, složene na međusobnom rastojanju od 1.0 cm. Mosnice – podužni nosači su izvedeni od valjanih čeličnih I-24 profila, raspona 4.40 m, koji stoje na međusobnom rastojanju od 85 cm. Ovi nosači se oslanjaju na popreko postavljene podvalke od udvojenih valjanih profila 2 I-20 . Podvlake se oslanjanju na tri para kamenih zidanih stubova prečnika 1.50 m.

Prema stanju konstrukcije mosta može se izvesti zaključak da je u proteklom periodu most intenzivno korišćen i da nije adekvatno održavan. Ovo stoga što je podna konstrukcija, koju čine hrastove patosnice, rastresena i veoma oštećena truljenjem. Na više mesta su uočeni bočni razmaci mosnica veći od projektovanih. Sektori površina mosnica su značajno oštećeni truljenjem, koje se progresivno razvija. Ograda mosta, koja je takođe izgrađena od drveta, je oštećena, tako da ne predstavlja dovoljnu fizičku zaštitu za pešake, posetioce parka. Čelična nosiva konstrukcija takođe nije održavana tokom eksploatacionog perioda, ali se na njoj ne uočavaju značajna oštećenja korozijom. Kružni zidani kameni stubovi su u gornjoj trećini visine rastreseni, na više njih je značajno oštećeno lice stuba. Uočena oštećenja na kolovoznoj konstrukciji od drveta nisu neočekivana, jer je drvo podložno propadanju pri cikličnom uticaju kiše i sunca tokom eksploatacije. Opasnost od rušenja pojedinih elemenata podne strukture, što predstavlja opasnost po bezbednost korisnika mosta, mogla je biti izbegnuta manjim intervencijama, na nivou zamene natrulih ili oštećenih elemenata u podu mosta i ozbiljnijim popravkama polomljenih i oštećenih delova ograde. Iz svega navednog, a na osnovu detaljnog pregleda konstrukcije i na osnovu priložene foto-dokumentacije

P R E D L A Ž E M da se pristupi sanaciji i rekonstrukciji konstrukcije mosta na svim nivoima prihvatanja i prenošenja saobraćajnog opterećenja:

- Podnu konstrukciju, zajedno sa ogradom, u potpunosti zameniti novom, u svemu prema postojećoj dokumentaciji.
- Čelične mosnice i čelične podvalke pedantno očistiti od korozije i ostataka boje peskarenjem ili sličnim efikasnim metodama, a zatim izvesti antikorozivnu zaštitu čelika osnovnim i završnim premazima uljanom bojom.
- Zameniti podnu rešetku na prilazu mostu, kojom se sprečava prodor vode sa staze na podnu ravan mosta.
- Sanirati prezidivanjem i zamenom pojedinih blokova završetke svih kružnih kamenih stubova − nosača mosta.

Ukupnu intervenciju izvesti u skladu sa postojećom projektnom dokumentacijom uz mogućnost



Sl. 1. Most ispred Despotove kapije



Sl. 2. Oštećenja patosnica mosta uz ogradu





Sl. 3. i 4. Značajna oštećenja podne strukture

Pešački most kod Despotove kapije: Foto-dokumentacija stanja konstrukcije mosta na dan 6. juna 2004. godine



Sl. 5. i 6. Detalji ograde uz kapiju





Sl. 7. Oštećenja na vencu ivičnog stuba



Sl. 8. Oštećenja na srednjem stubu



Sl. 9. Stanje čelične konstrukcije pešačkog mosta



Sl. 10. Konstrukcija pešačkog mosta



Sl. 11. Detalj krajnjih oslonaca konstrukcije



Sl. 12. Detalj veze drvenih patosnica sa mosnicom

Pešački most kod Despotove kapije: Foto-dokumentacija stanja konstrukcije mosta na dan 6. juna 2004. godine

zamene hrastove građe bagremovom građom. Zaštitu drvene konstrukcije izvesti višestrukim premazima zaštitnim transparentnim bojama za zaštitu drveta u spoljnim uslovima.

Ukoliko je potrebno, nagib mosta se može povećati rotacijom konstrukcije oko ose na nižem oslonačkom zidu, kako bi se ravan mosta dovela u ravan nagiba staze unutar kapije. Ovakva intervencija zahteva doziđivanje kružnih kamenih zidova ili povećanje njihove visine betoniranjem jastuka potrebnih visina. Podizanjem mosta, budući da je njegova nosivost limitirana na 10.0 t, ostavlja se mogućnost nesavesnim vozačima teških vozila da koriste ovaj most za pristup objektima Tvrđave, jer više nema stepenika – fizičke zaštite od prekoračenja nosivosti mosta. Samo iz tih razloga dovođenje ravni mosta u pređašnje stanje nije za preporuku.

Most kod Karađorđeve kapije – izveštaj

Konstrukcija ovog mosta je bila predviđena za sanaciju prema projektnoj dokumentaciji koja je izrađena 1987. godine u Zavodu za zaštitu spomenika kulture grada Beograda. Projektnim zadatkom je zahtevana analiza stanja konstrukcije mosta. Statičkom ekspertizom utvrđena je nosivost mosta od 7.00 kN/m2, što most svrstava u kategoriju pešačkih mostova. Patosnice kolovozne konstrukcije su od hrastove građe, od gredica visine 4.00 cm, složenih na međusobnom rastojanju od 1.0 cm. Mosnice – pet podužnih nosača su drvene grede preseka 20/24 cm, raspona preko 5.0 m, koje stoje na međusobnom rastojanju od 80 cm. Ovi nosači se preko drvenih jastuka preseka 20/15 cm, dužine 1.00 m oslanjaju na zidove rova i na tri jarma od rezane građe. Potpore mosta – jarmovi − izvedeni su od rezane hrastove građe. Sastoje se od pet vertikalno postavljenih stubova preseka 15/17 cm i dva kosa stuba preseka 15/15 cm u krajnjim poljima. Preko svih stubova, ispod drvenih jastuka, postavljena je horizontalna greda 18/18 cm. Stubovi se oslanjaju na drvenu gredu dimenzija 20/20 cm, koja, kao jedna snažna venčanica, leži na betonskom temeljnom jastuku. Kleštima i kosnicima svi ovi elementi jarma povezani su u celinu. Prema stanju konstrukcije mosta može se izvesti zaključak da je u proteklom periodu most intenzivno korišćen, ali da nije adekvatno održavan. Ovo stoga što je podna konstrukcija, koju čine hrastove patosnice, rastresena i ošetećena truljenjem. Ograda mosta, koja je takođe izgrađena od drveta, delimično je oštećena, tako da ne predstavlja dovoljnu fizičku zaštitu za pešake, posetioce parka. Jarmovi − nosiva konstrukcija mosta − takođe nisu održavani tokom eksploatacionog perioda, i na njma se uočavaju značajna oštećenja izazvana delovanjem vlage, posebno u visini oslonca u kontaktu sa venčanicama. Šutom i peskom večanice jarmova su i danas pokrivene u velikoj meri. Ovakav nasip zadržava vlagu, koja izaziva trulež u drvetu i značajnu koroziju metalnih ankernih delova veza. Značajna korozija čelika je uočena i na vijcima kojima su spojeni



Sl. 1. Most pred Karađorđevom kapijom





Sl. 9. Srednji drveni jaram



Sl. 2. Pogled na most iz kapije



Sl. 5. i 6. Oštećenja podne konstrukcije mosta



Sl. 10. Detalj srednjeg jarma



Sl. 3. Stanje prilaznog sektora mostu



Sl. 7. Niži jaram



Sl. 11. Najviši jaram



Sl. 4. Detalj ograde mosta



Sl. 8. Detalj veze elemenata jarma



Sl. 12. Detalj podnožja jarma

Most kod Karađorđeve kapije: Foto-dokumentacija stanja konstrukcije mosta na dan 16. juna 2004. godine



Sl. 13. Detalj destrukcije ankernog okova



Sl. 14. Oštećenja okova usled korozije





Sl. 15. i 16. Detalji razorenih veza, element konstrukcije mosta

Most kod Karađorđeve kapije: Foto-dokumentacija stanja konstrukcije mosta na dan 16. juna 2004. godine

jastuci sa mosnicama. Veze su potpuno razlabavljene, a na nekim vijcima nedostaju podloške i matice. Uočena oštećenja na kolovoznoj konstrukciji od drveta nisu neočekivana, jer je drvo podložno propadanju pri cikličnom uticaju vlage tokom eksploatacije. Opasnost od rušenja pojedinih elemenata podne strukture, što predstavlja opasnost po bezbednost korisnika mosta, mogla je biti izbegnuta manjim intervencijama, na nivou zamene natrulih ili oštećenih elemenata u podu mosta i ozbiljnijim popravkama oštećenih delova ograde. Iz svega navedenog, a na osnovu detaljnog pregleda konstrukcije i na osnovu priložene foto-dokumentacije

P R E D L A Ž E M da se pristupi sanaciji i rekonstrukciji konstrukcije mosta na svim nivoima prihvatanja i prenošenja pešačkog saobraćajnog opterećenja:

- Podnu konstrukciju, zajedno sa ogradom, u potpunosti zameniti novom, u svemu prema postojećoj dokumentaciji,
- Drvene mosnice pedantno očistiti i zameniti one mosnice koje je napala trulež. Očekuje se zamena 40% ovih greda.
- Zameniti kompletnu strukturu jarmova, uključujući i metalni okov i spojna sredstva.
- Očistiti betonska podnožja jarmova, ukloniti sav šut i isplanirati teren oko betonskih jastuka, tako da oni vire iz okolnog terena najmanje 10 cm.
- Sanirati preziđivanjem prilazne stepenike mostu i popraviti podnu rešetku na prelazu sa staza na pod mosta.





Sl. 1. i 2. Pešački most isped Kraljeve kapije

Ukupnu intervenciju izvesti u skladu sa postojećom projektnom dokumentacijom. Zaštitu drvene konstrukcije izvesti višestrukim premazima zaštitnim transparentnim bojama za zaštitu drveta u spoljnim uslovima. Sav okov i mehanička spojna sredstva moraju biti zaštićeni od korozije toplim cinčanjem.

Most kod Kraljeve kapije – izveštaj

Konstrukcija ovog pešačkog mosta je od armiranog betona. Nju čini betonska ploča koja leži na četiri armiranobetonske mosnice. I ploča i mosnice su sistema kontinualnog nosača. Dimenzije poprečnog preseka mosnica su 25/50 cm i one se oslanjaju na kamene zidove rova na svojim krajevima i na dva masivna zida u trećinama dužine mosta. Armiranobetonska podna ploča nosi podnu oblogu od drvenih kocki. Srednji oslonci mosnica su zidane konstrukcije od kamena i opeke koju čini zid debljine 1.20 m i širine 4.55 m. U sredini svoje širine zidovi su perforirani lučnim otvorom, tako da u podnožju prerastaju u moćne stubove dimenzija 1.80x1.20 m. Detaljnim vizuelnim pregledom i snimanjem konstrukcije mosta, utvrđeno je da je podna obloga od drvenih kocki veoma oštećena i da skoro na 50% površine mosta ona više ne postoji. Tamo gde je još uvek ima, potpuno je propala. Gornje površine zidova, koje nose stupce gvozdene ograde, od opeke su. Malter između opeka je davno propao i ove spojnice su zapunjene zemljom





Sl. 3. i 4. Stanje podne površine mosta

Most kod Kraljeve kapije: Foto-dokumentacija stanja konstrukcije mosta na dan 16. juna 2004. godine





Sl. 5. i 6. Oštećenja na drvenoj kocki
kojom je popločana površina mosta





Sl. 9. i 10. Značajna oštećenja betonske konstrukcije





Sl. 13. i 14. Nosivi zid sa lučnim otvorom



Sl. 7. Drvena kocka uz stubac ograde







Sl. 8. Rastreseni kapitel zidanog nosača



Sl. 11. i 12. Korozija armature



Sl. 15. i 16. Oštećenja u slogu zidova

Most kod Kraljeve kapije: Foto-dokumentacija stanja konstrukcije mosta na dan 16. juna 2004. godine

iz koje raste korov. Korenje ovih biljaka veoma destruktivno deluje na integritet zidane konstrukcije, pogotovu tokom zime, kada se zamrzne prikupljena vlaga. Takođe je utvrđeno da su dve spoljne mosnice – betonska rebra, veoma oštećene i da su na njima otpali sektori zaštitnog sloja betona. Armatura, izložena atmosferalijama, korodirala je do te mere da su neke od uzengija već prekinute. I deo zidane konstrukcije, srednji oslonci, zidovi od opeke i kamena, koji su perforirani ovalnim otvorima, takođe su oštećeni zubom vremena. Sve spojnice su izrazito isprane, a delovi kamene konstrukcije stubova su zahvaćeni erozijom, degradirani u znatnoj meri. Iz svega navednog, a na osnovu detaljnog pregleda konstrukcije i na osnovu priložene foto-dokumentacije

P R E D L A Ž E M da se pristupi sanaciji i rekonstrukciji konstrukcije mosta na svim nivoima prihvatanja i prenošenja pešačkog saobraćajnog opterećenja:

- Podnu oblogu od drvenih kocki u potpunosti zameniti novom ili je zameniti slojem livenog asfalta.
- Sa betonskih rebara − mosnica pedantno obiti degradirane slojeve betona, armaturu očistiti od korozije i preko prethodno nanetog cementnog mleka ugraditi sitnozrni beton.
- Sanirati preziđivanjem i zamenom pojedinih blokova delove oštećenih zidova, a spojnice kamenih lukova od tesanika nad otvorima u zidu očistiti i injektirati cementnim malterom.

Ukupnu intervenciju izvesti u skladu sa postojećim propisima i važećim normama.

Pešački most kod Sahat-kule − izveštaj

Konstrukcija ovog mosta izvedena je prema projektnoj dokumentaciji koja je izrađena 1987. godine na Arhitektonskom fakultetu u Beogradu. Projektnim zadatkom je zahtevano da konstrukcija mosta ima nosivost od 20.0 t, budući da je ekonomski prilaz objektima na Beogradskoj tvrđavi moguć samo iz ovog pravca i preko ovog mosta. Radovi su izvedeni u svemu prema projektnoj dokumentaciji i most je u punoj funkciji od dana rekonstrukcije do danas.

Patosnice kolovozne konstrukcije su od hrastove građe dimenzija 12/20 cm. Mosnice – podužni nosači su projektovani i izvedeni od valjanih čeličnih I-26 profila, raspona 4.15 m, koji stoje na međusobnom rastojanju od 60 cm. Ovi nosači se oslanjaju na čelične jarmove ramovskog zatvorenog oblika, sa štapovima kutijastog preseka sačinjenog zavarivanjem od 2 [-26 valjanih profila. Jarmovi se, preko jakog betonskog jastuka – serklaža, oslanjanju na kameni postojeći zid.

Prema stanju konstrukcije mosta može se izvesti zaključak da je u proteklih sedamnaest godina most intenzivno korišćen i da nije adekvatno održavan. Ovo stoga što je podna konstrukcija, koju čine hrastove patosnice, potpuno rastresena, oštećena truljenjem i polomljena. Pri prolasku pešа-



Sl. 1. Stanje podne strukture – patosnica



Sl. 2. Oštećenja patosnica mosta na delu Sahat-kapije



Sl. 3. Detalj izmeštanja patosnica iz strukture poda



Sl. 4. Odlomljena patosnica



Sl. 5. Progresivno delovanje vode na drvo – oštećenja izazvana truljenjem



Sl. 6. Detalj polomljene ograde



Sl. 7. Prikaz oštećenja ivičnog stuba ograde mosta



Sl. 8. Raskinuta veza kosnika ograde i prepuštene patosnice

Pešački most kod Sahat-kule: Foto-dokumentacija stanja konstrukcije mosta na dan 6. juna 2004. godine



Sl. 9. Izgled mosta iz rova



Sl. 11. Uticaj korozije na stanje čeličnog nosača



Sl. 13. Razoreni elementi konstrukcije usled korozije



Sl. 10. Oštećenja nosive čelične konstrukcije mosnica i jarmova mosta



Sl. 12. Potpuna destrukcija čeličnog materijala



Sl. 14. Jedan od uzroka oštećenja je nedovoljna zaštita čelika

Pešački most kod Sahat-kule: Foto-dokumentacija stanja konstrukcije mosta na dan 6. juna 2004. godine

ka, pojedini delovi polomljenih patosnica se odižu iz ravni kolovoza i preti opravdana bojazan od propadanja stopala posetilaca parka kroz konstrukciju. Na više mesta su uočeni razmaci u čeonom sučeljavanju mosnica, takvih dimenzija da se kroz podnu ploču može videti dno rova preko koga stoji most. Sektori površina mosnica su značajno oštećeni truljenjem koje se progresivno razvija. Ograda mosta, koja je takođe izgrađena od drveta, oštećena je, polomljena i sklona padu, tako da ne predstavlja fizičku zaštitu za pešake, posetioce parka. Čelična nosiva konstrukcija takođe nije održavana tokom eksploatacionog perioda. Na svim mestima oslanjanja mosnica na jarmove, a posebno na mestima oslanjanja mosnica na zidove rova, uočena je izuzetno velika korozija metala, čime su značajno redukovani poprečni preseci čeličnih valjanih profila. Nosivost ovih elemenata konstrukcije je drastično smanjena. Čelični ramovi – jarmovi – koji prenose saobraćajno opterećenje na parapetne zidane zidove od kamena, takođe su napadnuti korozijom. Ovo se posebno uočava na konzolnim završecima gornje rigle, koji su izloženi atmosferskim uticajima, kiši i snegu. Uočena oštećenja na kolovoznoj konstrukciji od drveta nisu neočekivana, jer je drvo podložno propadanju pri cikličnom uticaju kiše i sunca tokom ekspolatacije. Opasnost od rušenja pojedinih elemenata ove konstrukcije i opasnost po bezbednost korisnika mosta mogla je biti izbegnuta banalnim intervencijama, na nivou zamene natrulih ili oštećenih elemenata u podu mosta i popravke polomljenih delova ograde. Iz svega navednog, a na osnovu detaljnog pregleda konstrukcije i na osnovu priložene foto-dokumentacije

P R E D L A Ž E M da se hitno pristupi detaljnoj sanaciji i rekonstrukciji konstrukcije mosta na svim nivoima prihvatanja i prenošenja saobraćajnog opterećenja:

- Podnu konstrukciju, zajedno sa ogradom, u potpunosti zameniti novom, u svemu prema postojećoj dokumentaciji,
- Konstrukciju mosnica potpuno reparirati na taj način što će se 60-70% mosnica zameniti novim čeličnim profilima. Mosnice, manje oštećene korozijom, peskarenjem potpuno očistiti od rđe, a kompletnu konstrukciju zaštiti najpre osnovnom bojom, a zatim uljanom bojom u dva premaza.
- Čelične jarmove, takođe peskarenjem, ili na sličan, adekvatan način, očistiti od korozije, sanirati na njima sva oštećena mesta zamenom i zavarivanjem sastavnih delova konstrukcije, a zatim ih zaštiti premazima najpre zaštitnom osnovnom bojom, a zatim uljanom bojom u dva premaza.
- Do dana rekonstrukcije mosta ODMAH sanirati rastresenu podnu konstrukciju mosta prikivanjem čamovih talpi preko postojećih patosnica u najmanje dve podužne trake širine 80 cm po kolotragu motornih vozila i na mestima gde su patosnice polomljene, gde preti opasnost po bezbednost pešaka.

Ukupnu intervenciju izvesti u skladu sa postojećom projektnom dokumentacijom uz mogućnost zamene hrastove građe bagremovom građom. Zaštitu drvene konstrukcije izvesti višestrukim premazima zaštitnim transparentnim bojama za zaštitu drveta u spoljnim uslovima.

Pešački most kod Zindan kapije – izveštaj

Konstrukcija ovog mosta sanirana je prema projektnoj dokumentaciji koja je izrađena 1987. godine u Zavodu za zaštitu spomenika kulture grada Beograda. Projektnim zadatkom je zahtevana analiza stanja konstrukcije mosta. Statičkom eksperti-

zom utvrđena je nosivost mosta od 10.0 t. Radovi na sanaciji su izvedeni u svemu prema projektnoj dokumentaciji i most je u punoj funkciji od dana rekonstrukcije do danas. Patosnice kolovozne konstrukcije su od hrastove građe dimenzija 14/18 cm, složenih na međusobnom rastojanju od 1.0 cm. Mosnice – podužni nosači su izvedeni od valjanih čeličnih I-24 profila, raspona 4.40 m, koji stoje na međusobnom rastojanju od 85 cm. Ovi nosači se oslanjaju na opekom zidane zidove nosače dimenzija 6.20 x 0.90 m, u osnovi, sa lučnim otvorima u srednjem delu. Prema stanju konstrukcije mosta može se izvesti zaključak da je u proteklom periodu most intenzivno korišćen i da nije adekvatno održavan. Ovo stoga što je podna konstrukcija, koju čine hrastove patosnice, rastresena i ošetećena truljenjem. Na više mesta su uočeni bočni razmaci mosnica veći od projektovanih. Sektori površina mosnica su značajno oštećeni truljenjem, koje se progresivno razvija. Ograda mosta, koja je takođe izgrađena od drveta, oštećena je, tako da ne predstavlja dovoljnu fizičku zaštitu za pešake, posetioce parka.

Čelična nosiva konstrukcija takođe nije održavana tokom eksploatacionog perioda, ali se na njoj ne uočavaju značajna oštećenja korozijom. Zidovi nosači su takođe samo delimično oštećeni, posebno u gornjoj zoni. Može se zapaziti da su vršni slojevi opeke rastreseni i da u spojnicama ima rastinja. Uočena oštećenja na kolovoznoj konstrukciji od drveta nisu neočekivana, jer je drvo podložno propadanju pri cikličnom uticaju kiše i sunca tokom eksploatacije. Opasnost od rušenja pojedinih elemenata podne strukture, što predstavlja opasnost po bezbednost korisnika mosta, mogla je biti izbegnuta manjim intervencijama, na nivou zamene natrulih ili oštećenih elemenata u podu mosta i ozbiljnijim popravkama polomljenih i oštećenih delova ograde. Iz svega navednog, a na osnovu detaljnog pregleda konstrukcije i na osnovu priložene foto-dokumentacije

P R E D L A Ž E M da se pristupi sanaciji i rekonstrukciji konstrukcije mosta na svim nivoima prihvatanja i prenošenja saobraćajnog opterećenja:

- Podnu konstrukciju, zajedno sa ogradom, u potpunosti zameniti novom, u svemu prema postojećoj dokumentaciji,
- Čelične mosnice pedantno očistiti od korozije i ostataka boje peskarenjem ili sličnim efikasnim metodama, a zatim izvesti antikorozivnu zaštitu čelika osnovnim i završnim premazima uljanom bojom.
- Zameniti podnu rešetku na prilazu mostu, kojom se sprečava prodor vode sa staze na podnu ravan mosta.
- Sanirati preziđivanjem završetke svih zidova nosača mosta.

Ukupnu intervenciju izvesti u skladu sa postojećom projektnom dokumentacijom uz mogućnost zamene hrastove građe bagremovom građom. Zaštitu drvene konstrukcije izvesti višestrukim premazima zaštitnim transparentnim bojama za zaštitu drveta u spoljnim uslovima.





Sl. 1. i 2. Pešački most kod Zindan kapije





Sl. 3. i 4. Uočena oštećenja na patosnicama mosta



Sl. 5. Oštećenja na spojevima mosta i staza



Sl. 6. Oštećenja na spojevima mosta i staza





Sl. 7. i 8. Konstrukcija metalnih mosnica





Sl. 9. i 10. Detalji nosivih zidanih nosača mosta

Pešački most kod Zindan kapije: Foto-dokumentacija stanja konstrukcije mosta na dan 6. juna 2004. godine



INTERVJU ČASOPISU
“MODUL” IZ BEOGRADA

U DRUŠTVU SA...

Piše: Jasna Marićević, dipl. inž. arh.

dr arh. Vojislavom Kujundžićem

KONSTRUKCIJA NEODVOJIVA OD ARHITEKTURE

Povod za razgovor sa Akademikom dr arh. Vojislavom Kujundžićem, redovnim profesorom Arhitektonskog fakulteta u Beogradu, je informacija o njegovom izboru za stalnog člana JINA - Jugoslovenske inženjerske akademije.

Interesantno bi bilo da nam kažete odakle je potekla inicijativa i kako je tekao postupak isticanja Vaše kandidature za tako značajno strukovno priznanje?

Najpe, moram da istaknem da je JINA - strukovna akademija i da se članovi biraju prema iskazanim rezultatima rada u oblasti primenjenih inženjerskih disciplina. Mislim da je za moj izbor bio presudan doprinos razvoju arhitekonskih i građevinskih konstrukcija u drvetu. Inicijativa za isticanje kandidature za izbor u članstvo Akademije je, naravno, potekla od moje katedre, Katedre za statiku konstrukcija na Arhitektonskom fakultetu u Beogradu. Naučno nastavno veće Fakulteta je, jednoglasno, podržalo ovu inicijativu i tako se, čak vrlo jednostavno, predlog našao pred Većem akademika. Procedura je bila jednostavna, ali samo zato što ja, već veoma dugo radim na Arhitektonskom fakultetu, što se bavim primenom drveta u konstrukcijama na način koji, sa odobravanjem, prihvataju i ceni stručna i naučna javnost, moje kolege i moji prijatelji.

Biti dobar u svojoj kući, zadobiti priznanja od svojih kolega sa kojima ste u neposrednom kontaktu je najteže jer su oni, obično, najstroži kritičari. Da li se to odnosi i na Vaše najbliže okruženje?

Naravno. Zato mi je i veoma drago zbog podrške koju sam nedvosmisleno dobio. Ona pokazuje da je moj rad na Fakultetu, već više od trideset godina, ocenjen visokom ocenom iako sam se, čak veoma često, oštro verbalno sukobljavao sa kolegama sa katedre oko stručnih, naučnih, pedagoških i organizacionih principa, koje sam zastupao.



OSNOVNI BIOGRAFSKI PODACI

Akademik dr arh. Vojislav Kujundžić je rođen 13.03.1941. godine u Beloj Palanci, R.Srbija. Decembra 1964. godine diplomirao je na konstruktorskom odseku Arhitektonskog fakulteta.

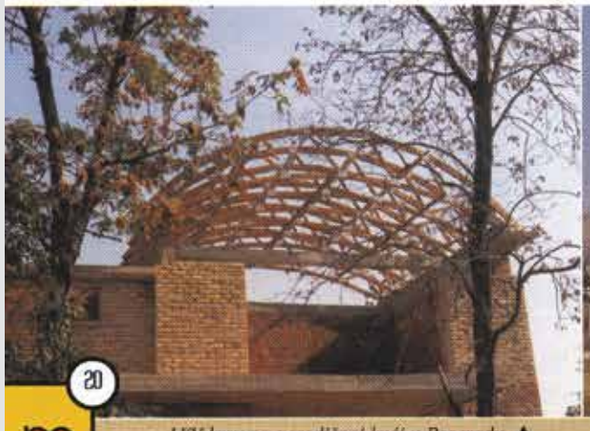
Poslediplomske studije pohađao je na Građevinskom fakultetu u Beogradu, a tokom 1976/77. godine uspešno je obavio specijalizaciju iz oblasti savremenih drvenih konstrukcija u Parizu.

Realizacijom projekta Salona nameštaja „Novi dom“ u Zrenjaninu, 1981. godine, stekao je Verifikaciju stručno - umetničkih ostvarenja iz domena Konstruktivnih sistema u drvetu. Doktorirao je 1987. godine na Arhitektonskom fakultetu u Beogradu. U zvanje redovnog profesora Arhitektonskog fakulteta u Beogradu izabran je 1992. godine.

Veće Akademika, decembra 2001. godine, izabralo je prof. dr arh. Vojislava Kujundžića za stalnog člana Jugoslovenske inženjerske akademije.

Za realizaciju konstruktivnog sistema Manježa ergele „Zobnatica“, u Bačkoj Topoli, dobio je dva veoma vredna strukovna priznanja:

- Priznanje na beogradskom petnaestom Salonu arhitekture, 1989. godine za „izuzetno uspelu dinamičnu kompoziciju konstrukcije“
- Priznanje Društva građevinskih konstruktera SR Srbije za najbolje konstruktorsko ostvarenje u 1988. godini i nominaciju za saveznu nagradu za najbolje konstruktorsko ostvarenje u organizaciji Saveza društava građevinskih konstruktera Jugoslavije.



LKV krov na porodičnoj kući u Beogradu



Dvorana za mali fudbal u Podgorici

U intervjuu koji sam dao novinarki časopisa “Modul”, krajem 2001. godine, definisao sam moju projektantsku filozofiju i razloge za moj način rada na projektovanju konstrukcija u arhitekturi i građevinarstvu.





▲ *Rešetkasti nabor - krov Sportske hale u Medveđi*

◀ *LKV konstrukcija na Smederevskom putu, Beograd*

▼ *Sportska dvorana u Mojkovcu - prvi par nosača u LLD*



Inspiraciju i izazov u proučavanju, projektovanju i izvođenju, za Vas predstavljaju, pre svega, drvene konstrukcije. Otkuda tolika posvećenost ovom materijalu?

Drvo je čudesan materijal. Pleni svojom strukturom i neverovatno brzo zadobija simpatije projektanata i korisnika objekata i, iznad svega, pruža mnogo: formirani prostori odišu iskonskom čistotom, toplinom, spokojem, komforom. Istinsko bavljenje drvenim konstrukcijama podrazumeva, sa druge strane, potpuno predavanje toj tehnici. Konstrukter mora, veoma dobro, poznavati sve osobine drveta. I mehaničke i fizičke. On mora da poštuje niz veoma oštrih kriterijuma u oblikovanju konstrukcija u celini i elementima. Svaka improvizacija ili nedovoljno poznavanje drveta se surovo kažnjava havarijama često velikih razmera. Projektovanje konstruktivnih sistema je, na današnjem nivou nauke i tehnike, veoma kompleksna disciplina. Projektant je pošteđen ogromnog fizičkog napora u izradi statičkog proračuna sistema koji projektuje, jer to

veoma efikasno rade računari, ali je suočen sa veoma izazovnim zadatkom da osmisli sistem konstrukcije, koja mora da zadovolji najpre uslove stabilnosti, zatim estetske, utilitarne, funkcionalne, enterijerske i mnoge druge zahteve, koji se postavljaju pred konstrukciju objekta. To nije nimalo lako, pogotovu u nasleđenim uslovima, iz doba vladavine „statičara", kada je osnovna i jedina uloga konstruktera bila da sračuna konstrukciju. Projektovati, a tek onda računati konstrukciju, u praksi je nepremostiva teškoća za mnoge inženjere, školovane na klasičan način, jer to podrazumeva prethodnu detaljnu analizu mase ulaznih podataka, od karaktera objekta, čija se konstrukcija projektuje, pa do primene konstrukcionih materijala i sistema konstrukcije. Od prvih dana rada u struci, sticajem lepih okolnosti, ja sam mogao da krenem putem oblikovanja konstrukcija manirom koji sam poneo iz fakultetskih vežbaonica. Te principe sam u praksi proveravao najpre na betonskim, a zatim, na metalnim konstrukcijama. Sa takvim iskustvom sam se latio oblikovanja drvenih konstrukcija i shvatio da je to konstrukcijski materijal kroz koji mogu da izrazim sve svoje projektantske i inženjerske stavove iz oblasti arhitektonskog stvaralaštva. Pređeni put i rezultati takvog rada su svakako odgovor na Vaše pitanje o razlozima posvećenosti drvetu.





▲ *Rebrasta kupola prečnika 59m u Obrenovcu*

◀ *Konstrukcija Manježa Zobnatica raspona 55m*

Vaše dosledno bavljenje tehnikom lepljenog lameliranog drveta donelo je i značajna strukovna priznanja. Da li se u njima nazire sve veće uvažavanje uloge konstrukcije kao neodvojivog elementa arhitektonskog oblikovanja?

Ranih sedamdesetih godina, kada sam ja bio student, na Arhitektonskom fakultetu je postojao Konstruktorski odsek. Škola je bila orijentisana upravo u tom pravcu, u potpunom uvažavanju konstrukcije, kao veoma značajnog elementa arhitektonskog izraza. Na tom planu je bila angažovana plejada najboljih profesora sa Arhitektonskog i Građevinskog fakulteta, u Beogradu. Bio je to odsek koji je vratio graditeljstvo svom praobliku, kada je projektant bio i arhitekta i građevinac, kada je to bila prirodna simbioza srodnih tehničkih disciplina. Ja sam zadojen takvim poimanjem graditeljstva i, evo, kroz sav svoj radni vek, ne odustajem od tih principa. Tokom proteklih godina, a u ovom trenutku ponajviše, posebno na Arhitektonskom fakultetu, prisutna je oštra podela i odvajanje arhitekture od konstrukcije i graditeljstva. Akademizam u arhitektonskom projektovanju je zadobio neslućene razmere i doveo do stanja u kome su sve druge discipline i prateće funkcije svedene na minimum. Napori drugih katedri, pa ni javna strukovna priznanja pojedinim članovima nastavničkog kora, nemaju nikakvog uticaja na strogo zacrtani put u



Školsko gradski tip dvorane za male sportove ➤



Montaža LKV konstrukcije na sportskoj dvorani u Medveđi

kreiranju profila budućih arhitekata. Ponoviću: stojim na stanovištu da je uloga konstrukcije neodvojiv element arhitektonskog oblikovanja i arhitektonskog stvaralaštva.

U prilici ste da, kao profesor na fakultetu, prenosite znanje i iskustvo na studente i mlađe kolege. Postoji li dovoljno interesovanje mladih za ovu oblast bavljenja arhitekturom?

Iskustvo sa poslednje dve nastavne godine je veoma interesantno: ponašanje studenata je drugačije od očekivanog. U sve većem broju dolaze na predavanja iz oblasti oblikovanja drvenih i metalnih konstrukcija i učestvuju u nastavi pitanjima i zahtevima da se pojasne neki od stavova koji se izlažu. Redovna je pojava da nakon predavanja otvaraju diskusiju i traže odgovore na svoja pitanja. To je ono, što sam nazvao drugačijim od očekivanog, jer je različito od atmosfere koja je suvereno vladala Školom više od dve decenije. To me hrabri i daje podstreka da istrajem u primeni svojih principa, koji nisu neprihvatljivi. Rad sa mladim ljudima, u okviru posebnog nastavnog kursa - Konstruktivni sistemi u arhitekturi, je nešto sasvim drugo, jer su oni orijentisani inženjerstvu. Oni pokazuju, praktično, podjednak interes prema oblikovanju konstrukcija u drvetu, metalu i betonu. Moji saradnici i ja se posebno trudimo da im, iz oblasti savremenih drvenih konstrukcija, obezbedimo dovoljno korisnih informacija.

Svoje interesovanje preneli ste i na članove Vaše porodice. Da li to znači i stvaranje jedne lepe profesionalne i poslovne porodične tradicije, kao ulog za budućnost?

Pored konstruisanja u lepljenom lameliranom drvetu, ja se poslednjih petnaestak godina intenzivno bavim i razvijam jedan, u našim uslovima, novi sistem drvenih konstrukcija. Tu tehnologiju sam nazvao Lakim krovnim vezačima, sistemom za industrijsku prefabrikaciju elemenata krovnih struktura. Članovi moje uže porodice, nas četvoro arhitekata, zdušno su pomagali razvoj ovog sistema i njegovu implemntaciju u naše građevinsratvo. Mlađi deo porodice vodi pravu fabriku Lakih Krovnih Vezača koja je, uz diskretnu pomoć nas iskusnijih, samo u 2001. godini, proizvela više od dvadeset hiljada kvdratnih metara krovova različitih objekata. Sada sam već sasvim siguran da to postaje porodična tradicija što bi, u stvari, bila normalna pojava, da se ne dešava u našim uslovima. To jeste ulog za budućnost, jer se tom tehnologijom grade veoma ekonomični krovovi, uz mali utrošak drvne građe. To ima i svog ekološkog opravdanja, jer se deficitarna drvna građa upotrebljava na veoma racionalan način. Objekti koji su izvedeni u ovoj tehnici pokazuju da je LKV Centar, naše porodično preduzeće, promovisao tehnologiju kojoj predstoji lepa budućnost. Krovovi objekata, ili kompletni objekti u ovoj tehnici, imaju već značajni uticaj na arhitektonsko oblikovanje, bilo da je reč o sanaciji dotrajalih krovova i krovnih pokrivača ili izgradnji novih objekata.

Kako Vi vidite budućnost arhitekture, posmatrano iz ugla primene i unapređenja konstruktivnih sistema i materijala kod nas?

Odgovor na ovo pitanje se svakako naslućuje iz mog dosadašnjeg izlaganja: smatram da se pitanju projektovanja konstrukcija mora pokloniti puna pažnja, jer konstrukciju niko ne može da odvoji od arhitekture. Odgajiti dobre konstruktere na Arhitektonskom fakultetu, uz bazu koju su stekli kroz zajedničku nastavu, mora biti imperativ u orijenatciji edukacije na našim školama. Intervencije na dotrajalom arhitektonskom fundusu, godinama neodržavanom, izgradnja novih racionalno projektovanih objekata, principi ekonomičnog građenja, to su zadaci koji čekaju naše današnje studente arhitekture. Ne bude li beogradska Škola arhitekture učinila nešto u tom pravcu, veoma skoro će imati značajnih problema sa interesovanjem mladih ljudi za upis u ovu Školu. Ako Akademik prof. dr Ranko Radović, kao gost u februarskom „Modulu“, kaže da predaje filozofiju savremene arhitekture, ja mogu reći da se trudim da promenim postojeću filozofiju konstruisanja i da je prilagodim potrebama razvoja nove arhitektonske misli na ovim prostorima.

INTERVJU LISTU „ARHITEKTURA“
KLUBA ARHITEKATA U BEOGRADU


Архитектура
Клуб архитеката
E-mail: klubarh@yubc.net
тел. 011.160.997
Београд, јуни 2001
42
Војислав
Кујунџић:
СКЛАД
ЕСТЕТИКЕ
И ТЕХНИКЕ
Арена
Бранислав Јовин:
О ГЕНЕРАЛНОМ ПЛАНУ -
БЕЗ ДЛАКЕ НА ЈЕЗИКУ

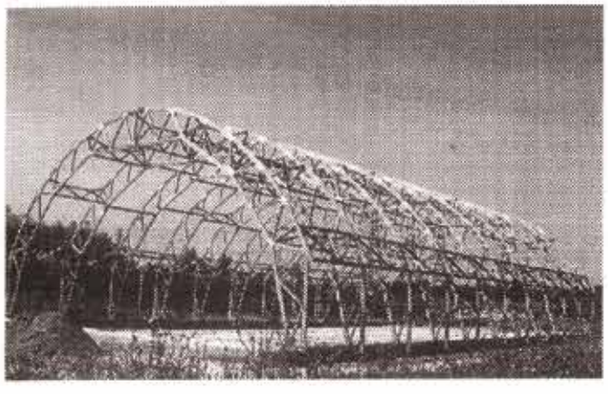


Војислав Кујунџић:

СКЛАД ЕСТЕТИКЕ И ТЕХНИКЕ

Одакле потиче Ваше опредељење ка конструктивним системима?

В.К.: Сигуран сам да су делимично у питању гени, дубоко скривени у породичном стаблу. Одрастао сам у породици правника. У мом окружењу, у то доба, није било ни једног архитекте или грађевинца, нити сам икога од њих познавао. Било је, дакле, некако нормално да студирам право и да једног дана преузмем очеву адвокатску канцеларију. Није се то десило. Памтим да је, по завршетку гимназије, за мене постојао само један факултет: архитектонски, а да је после друге године студија на том факултету за мене постојао само један одсек: конструкторски. Није било никаквих дилема којим ћу путем кроз професионални живот. Знам да бих, кад бих био у ситуацији да бирам, поново изабрао исти пут, с тим да бих се трудио да то што радим, радим интензивније. Наша школа, тих раних седамдесетих година, када сам започео студије, била је школа инспирације, одушевљења, наде и стваралачког заноса, вере у креативну будућност. Наше професоре (П.Крстић, Б.Миленковић, С. Ромић, М.Димитријевић, Ђ.Злоковић) је красила духовна снага правих учитеља: имали су много знања, огромно искуство и велики део тог непроцењивог богатства умели су да преточе у нас. Сигуран сам да без потпуне, али веома дискренте подршке једног Миће Димитријевића никад не бих открио чари аналитичког и истраживачког приступа чак и најбаналнијим проблемима праксе и уживања у нестандардним резултатима таквог рада. Школа је ипак одиграла пресудну улогу у дефиницији мог професионалног профила.



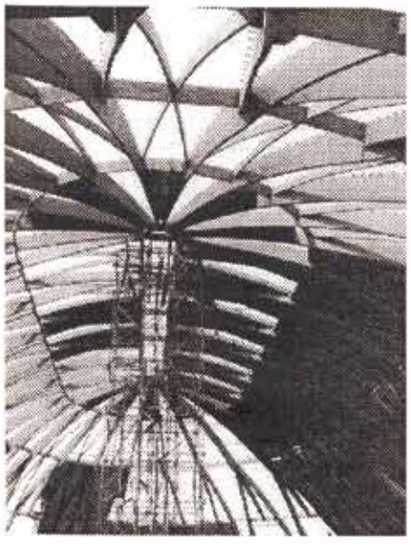
Где је, по Вашем мишљењу, место конструкције у стварању архитектуре? Зашто се код нас не придаје довољно значаја конструисању, као битном елементу обликовања?

❑ Можда би питање могло да гласи: где је у кратком протеклом периоду било место конструкције у стварању архитектуре? Да, у историјски кратком периоду, у последњих педесетак година, Ваше питање је имало праву тежину, јер, осим у ретким случајевима, у нашој градитељској пракси смо имали потпуну подвојеност архитектуре и конструкције и веома заоштрени однос између архитеката и грађевинаца на истом задатаку! Оно што је некад красило градитељство – потпуна симбиоза архитекте и конструктора, било да се зове Гауди или Нерви, у нашим условима није се сматрало квалитетом. Сигуран сам да су две школе, једна на првом и друга на вишем спрату Зграде техничких факултета у Београду, подједнако криве за такво стање. На једном се спрату веома дуго инсистарало на форми и ликовном изразу, на стваралачком инстинкту, заснованом на личном поимању вредности, а без икаве теоријске базе. Чудно је, али истинито: теорији форме се не поклања дужна пажња – таквог предмета нема у тој школи. Едукација будућих архитеката пројектаната је била заснована, а на томе се и сада увелико инсистира, на свему другоме само не на теорији, не на науци. На спрату ниже, у другој школи, све је засновано на теоријским дисциплинама – конструктерство, пројектовање конструкција, подређено је математици, прорачунима, и само прорачунима. Чак је и веома прецизно дефинисани термин "design" преведен у "прорачун" при превођењу "еврокодова". Некада чувена Конструктерска школа није издржала, лаганом трансформацијом сигурно тежи облику неке нове природно математичке високе школе.

Било је много заблуда у поимању и оријентацији нашег градитељства. По мени је основна заблуда претпоставка да је армирани бетон једини прави материјал, да су челик и дрво, поготову дрво, секундарни материјали, који служе за скелу и оплату. На првој години студија архитектуре само се кабине лифтова не пројектују у масивној техници. Такав почетак поимања градитељског заната оставља трагове. Шта су последице? Бетонске клупе у парковима! Треба се тргнути, а то значи раскрстити са предрасудама о материјалима.

Прошла је обнова земље после II Светског рата, када смо модерним армираним и преднапрегнутим бетонима, значи модерном техником, стварали модерну државу. Једно време је то, можда и било логично, али сада добро знамо куда нас је одвела индустријализација по сваку цену, раскид са вредностима, кроз векове доказиваним. Време је да се пренемо. Док данас код других ум царује, ми се хвалимо како је наше грађевинарство способно да подигне највеће терете на свету, најтеже куполе и најтеже носаче, јер смо одшколовали, оформили и строго оријентисали многе стручњаке за бетонске конструкције, мање инжењера којима су металне конструкције блиске, а оне ретке, који се баве структурама у дрвету можемо да пребројимо на прстима једне руке.

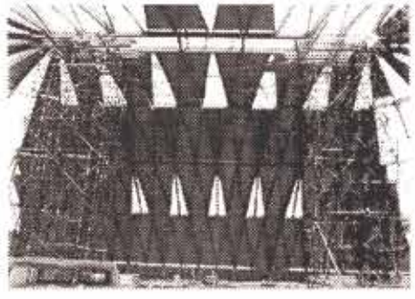
Но, треба бити оптимиста. За такав став имам много разлога. Веома добро знам да на мојој Катедри постоји плејада сјајних конструктера, која је веома спретно повезала незамисливо:



естетику и технику, пројектовање и конструисање, архитектуру и грађевинарство. На другој страни је такође плејада сјајних, веома образованих инжењера, који поклањају све више пажње конструисању – пројектовању конструкција у дрвету, челику и бетону, који, без предрасуда, уз рачунарску подршку, не заостају за иностраним колегама. Данас нема пројеката великих или капиталних објеката, али ће их сутра бити. Знам да ће добра већина инжењера, у сарадњи са добром већином младих архитеката, моћи да обогати странице наше историје градитељства. Дакле, конструкција је неодвојива од архитектонског израза објекта, она обогаћује тај израз, она је његов интегрални део спојен нераскидивом везом. То већ схватају и млади архитекти и млади конструктивци, на које свакако утиче нови дух савремених збивања и који, у заоштреним економским условима, морају успешно да одговоре веома сложеним захтевима инвеститора. Сујети и каприцима више нема места. Објекти, приказани на овогодишњем Салону архитектуре, свакако потврђују овакав став.

Шта за Вас представља техника лепљеног ламелираног дрвета?

❑ Познати загребачки публициста Игор Мандић је овде, у Београду, једном приликом рекао: "Ја одвајам од устију да бих добро јео". Парафразирајући ову сјајну мисао: ја сам се сјајно забављао радећи, а од тога и лепо живим! Да, скоро да је тако. Јер, кад волите посао којим се бавите, кад уживате у њему, онда је то право задовољство, онда је то права ствар. На свом развојном путу ја сам прошао кроз фазе пројектовања у бетону и челику. Стицајем дивних околности стигао сам до дрвета и ту остао. Већ више од двадесет и пет година интензивно радим, истражујем, проучавам, пројектујем и изводим конструкције објеката у техници грађевинског дрвета. На почетку те фазе радио сам у техници лепљеног ламелираног дрвета. Радио сам на пројектима објеката великих распона, чак и до 60.00 метара. Последњих десетак година радим у техници лаких кровних везача, радим распоне од 6.00 метара, са истим оним ентузијазмом и задовољством које сам имао при савлађивању, збиља, великих распона. Мислим да је то моја градитељска филозофија: радити посао који ти причињава задовољство – медијум није пресудан. Зашто сам, ипак, највећи део свог професионалног живота посветио дрвеним конструкцијама? Механичке, физичке и технолошке карактеристике тог племенитог материјала су ми у потпуности одговарале у тежњи да конструисање у архитектури подигнем на ниво који заслужује. Технологија је, ипак, од пресудног значаја на том плану, јер се у другим материјалима не могу економично остварити форме које имају одличне перформансе у расподели напрезања по пресецима, у игри сила и њиховом природном току до ослоначких тачака, чистота конструктивног система. Таквим системима не владају паразитске силе, настале неадекватно изведеним ослонцима, ексцентрицитетима у везама и спојевима. Кристално чиста форма система тежи потпуном савршенству у потврђивању унетих претпоставки о систему и његовом оптерећењу. Посебан изазов је била могућност остваривања идеја стечених проучавањем правих великана у конструисању, какав је Нерви, на објектима у бетону и Лурден, на објектима у дрвету. Посебан изазов је била чињеница да се елементи дрвене конструкције у укрсним тачкама не прожимају, какав је случај код бетона – мали технолошки проблем, али велики пројектантски и обликовни изазов. Решавање таквих и сличних проблема у међусобном хијерахијском низу носивих елемената захтевао је значајно ангажовање, али и велико задовољство, када се проблем успешно превброди. Извући из дрвета форму која прати добар конструктивни систем, која се са лакоћом монтира, која постаје елемент ентеријера и екстеријера, учествује у архитектонском изразу објекта, чини га препознатљивим и особеним, јесте право задовољство, поготову кад такав објекат, са таквом конструкцијом, осваја признања стручне јавности. Имао сам ту срећу да радим на пројекту конструкције Мењежа за ергелу Зобнатица, у Бачкој Тополи. Објекат такве конструкције је признат и оцењен високим оценама и од стране архитеката и од стране грађевинских инжењера. Добио је награду Салона архитектуре и, при том, проглашен за најбоље конструкторско остварење у Србији за 1988. годину, а затим кандидован за годишњу награду Савеза грађевинских конструктера. Тако, професионална епизода интензивним бављењем лепљеним ламелираним дрветом је за мном, с тим да се и сада, с времена на време, појави потреба за конструкцијом тога типа. Прошле године сам пројектовао и изградио конструкцију Спортске дворане у Кањи, крај Новог Сада. То је дворана за мале спортове са 1500 гледалаца. Саграђена је у непосредном суседству мање школско – градске дворане, грађене пре двадесетак година, која је престала да буде функционлна месном рукометном клубу. Позивом да учествујем у изградњи нове спортске дворане, са конструкцијом већег распона, али у истој техници, и са истим конструктивним системом, је дивно признање, на које сам веома поносан.



Чиме се данас бавим? Још лепшом "технологијом"! Имам ту срећу да сам уз несебичну помоћ чланова моје породице (само нас је четворо архитеката у породици и то сви конструктивци!) реализовао резултате рада на докторској тези. Моја породица има биро за пројектовање и малу фабрику за производњу и пласман кровних структура у систему ЛКВ илити Лаких Кровних Везача. Та техника грађења већ сада показује добре резултате, а мислим да јој предстоји дивна будућност. Шта рећи о тој техници и о тој мојој љубави? Па, једном другом приликом.

Драгана Аћимовић

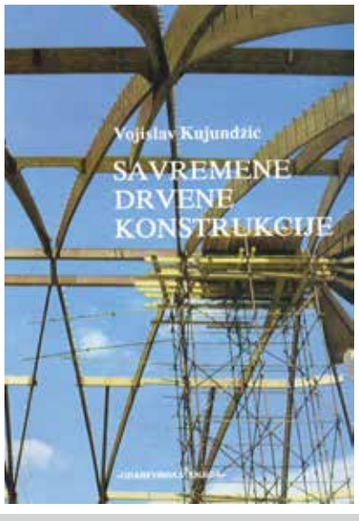
LISTA MOJIH OBJAVLJENIH MONOGRAFIJA, STRUČNIH DELA I UDŽBENIKA

1. Oblikovanje struktura u lepljenom lameliranom drvetu – stručno delo, Građevinska knjiga, Beograd, 1983. godina
2. Lamelirano drvo – poglavlje 2/IV u Građevinskom priručniku Tehničar III – IX izdanje, Građevinska knjiga, Beograd, 1984. godina, i X izdanje, Građevinska kniga, Beograd, 1988. godina
3. Lepljeno lamelirano drvo u arhitekturi − monografija objavljena u časopisu Tehničke informacije, dvobroj 4–5/80, Beograd
4. Il lamelare in Jugoslavia – monografija, objavljena u časopisu Mondo Legno 20-81, Milano, Italija
5. Savremene drvene konstrukcije − stručno delo, Građevinska knjiga, Beograd, 1989. godina
6. Metalne i drvene konstrukcije – udžbenik za srednju školu, koautor ing. D. Tošić, Zavod za izdavanje udžbenika, Beograd, 1993. godina
7. Montažne konstrukcije – udžbenik za srednju školu, koautori ing. D. Tošič i arh. M. Turina, Zavod za izdavanje udžbenika, Beograd, 1993. godina.
8. VeVe Sistem za montažnu izgradnju kuća na bazi drvobetona, koautor dr V. Macura, pregledni rad, Arhitektonika, Arhitektonske sveske, sveska broj 3, Arhitektonski fakultet u Beogradu 1994. godina
9. Ravne strukture u drvetu nad poligonalnom osnovom − stručni rad objavljen u ediciji DGA, Sveska 354, Beograd, 1983. godina
10. Analiza naprezanja pravih, zakrivljenih i poligonalnih štapova od lepljenog lameliranog drveta − stručni rad objavljena u ediciji DGA, Sveska 356, 1984. godina.
11. Montažni sistemi u čeliku za stambene objekte srednje spratnosti − stručni rad objavljen u ediciji DGA, Sveska 321, 1978. godina, koautor arh. Snežana Kujundžić

LISTA OBJAVLJENIH ČLANAKA, REFERATA I SAOPŠTENJA

1. Stadion Vojvodine u Novom Sadu – nadstrešnica nad gledalištem na zapadnoj tribini − stručni rad, Izgradnja, broj 1/77,
2. Spomenički kompleks Kadinjača – Prihvatni centar - koncepcija konstruktivnog sklopa objekta − stručni rad, Izgradnja broj 4/80,
3. Laki rešetkasti krovni vezači – prikaz i analiza industrijalizovanih sistema − stručni rad, Izgradnja broj 10/80,
4. Kasetirane drvene tavanice sa rebrima u jednoj ravni, pregledni rad, Izgradnja broj 1/81
5. Stabilnost drvenih štapova sa redukovanom visinom poprečnog preseka nad osloncem − pregledni rad, Izgradnja 10/81
6. Mogućnosti modifikovane primene mrežaste armature pri armiranju pločastih nosača, pregledni rad, Saopštenja IAUS broj 8/78
7. Rezultati ispitivanja zakrivljenih štapova od lepljenog lameliranog drveta napregnutih momentom savijanja − rad saopšten na simpozijumu Drvene inženjerske konstrukcije i njihova sigurnost, Cavtat, 1977. godina
8. Laki rešetkasti krovni vezači, rad saopšten na Simpozijumu Drvene inženjerske konstrukcije i njihova sigurnost, Cavtat, 1977. godina
9. Ravne krovne strukture u drvetu nad poligonalnom osnovom, rad saopšten na VI Simpozijumu C. I. B. S 41, Beograd 1981. godina
10. Konstruktivni sistemi u lepljenom lameliranom drvetu – prikaz realizacije krovne strukture nad Velikom dvoranom Doma kulture i sportova u Obrenovcu – prethodno saopštene na Katedri za statiku konstrukcija Arhitektonskog fakulteta u Beogradu, Beograd, 1979. godina,
11. Drvene kasetirane tavanice – primena u praksi − prethodno saopštene na Katedri za statiku konstrukcija Arhitektonskog fakulteta u Beogradu, Beograd, 1981. godina,
12. Lepljeno lamelirano drvo u arhitekturi – uvodni tekst kataloga i tehničkih informacija DI Gaj, Podravska Slatina, 1981. godina,
13. Krovna konstrukcija nad velikom salom Doma kulture i sportova u Obrenovcu − rad saopšten na Kongresu Saveza društava građevinskih konstruktera Jugoslavije, Cavtat, 1983. godina,
14. Ravne krovne strukture nad poligonalnom osnovom − stručni rad, Građevinar 2/83, Zagreb, 1983. godina
15. Stabilnost pritisnutih drvenih štapova − pregledni rad, Saopštenja IAUS broj 13, Beograd, 1984. godina,
16. Krovna konstrukcija nad velikom salom Doma kulture i sportova u Obrenovcu − pregledni rad, Građevinar 1/84, Zagreb 11984. godina
17. Primena lepljenog lameliranog drveta u izgradnji savremenih robno-distributivnih objekata – rad saopšten na Savetovanju prometnih inženjera i tehničara Hrvatske, Zagreb, 1984. godina,
18. Neke mogućnosti za dalju afirmaciju konstrukcija velikih raspona od lepljenog lameliranog drveta kod nas i u inostranstvu − rad saopšten na Kongresu Saveza društava građevinskih inženjera Jugoslavije, Dubrovnik, 1985. godina, koautori prof. dr M. Gojković i asistent inž. građ. B. Stefanović.
19. Proračun pravih, poligonalnih i zakrivljenih štapova od lepljenog lameliranog drveta primenom kućnih mikroračunara − pregledni rad sopšten na II Jugoslovenskom simpozijumu Savremene drvene konstrukcije, Bled, 1986. godina
20. Lepljeno lamelirano drvo – nova dimenzija u arhitekturi − pregledni rad sopšten na II Jugoslovenskom simpozijumu Savremene drvene konstrukcije, Bled, 1986. godina, koautor arh. Petar Marković
21. Pešački mostovi i pasarele sa konstrukcijom od lepljenog lameliranog drveta − pregledni rad saopšten na I Kongresu Društva građevinskih konstruktera Hrvatske, Brioni, 1987. godina
22. Arhitektura drvenih struktura − pregledni rad saopšten na I Kongresu Društva građevinskih konstruktera Hrvatske, Brioni, 1987. godina
23. Laki krovni vezači i njihova primena u prefabrikaciji montažnih objekata − pregledni rad saopšten na jugoslovenskom savetovanju Sistemi industrijalizovanog građenja u visokogradnji, ZAVRAJ, Pula, 1987. godina
24. Konstruktivni sistem manježa Zobnatica u Bačkoj Topoli – afirmacija građenja u tehnici lepljenog lameliranog drveta − pregledni rad, Izgradnja broj 2/90, Beograd, 1990. godina
25. Prilog rešenju nekih gradskih komunalnih problema dogradnjom stanova za smeštaj prognanih i izbeglih lica − pregledni rad saopšten na savetovanju Unapređenje stanovanja, Arhitektonski fakultet, Beograd, 1992. godina, koautor asist. arh. N. Šekularac
26. Laki krovni vezači (LKV) – tehničke karakteristike industrijalizovanog sistema građenja drvenih krovnih struktura − pregledni rad saopšten na II kongresu Društva građevinskih konstruktera Srbije, Aranđelovac, Bukovička Banja, 1992. godina







Sl. 1. Stručna literatura

27. Contemporary Approch to Calculation and of Shop Drawings for functional Elements Working out in the LKV system − Internaational Conference Architecture and Urbanism at the Turn of the III Millenium. Beograd, 1966. godina, koautor asist. arh. N. Šekularac
28. Nadogradnja objekata i izgradnja krovova u Sistemu LKV, pregledni rad izložen na Savetovanju Nadogradnja stambenih i javnih zgrada, JUDIMK, Beograd, 2000. godina, koautor arh. G. Kujundžić
29. Studija sistema montažne gradnje za smeštaj izbeglica na teritoriji Republike Srbije, koautor dr arh. M. Čanak, Beograd, 1992. godina
30. Studija unapredjenja prefabrikovanih kuća SPIK - Ivanjica I deo − saradnici arh. L. Djokić i arh. V. Djokić, Beograd, 1992. godina
31. Studija funkcionalnih i oblikovnih mogućnosti sistema SPIK - Ivanjica, koautori dr. arh Mihajlno Čanak i arh. Miloš Čanak, Beograd, 1992. godina
32. Studija funkcionalnih i oblikovanih mogućnosti sistema "ECODOMUS", koautori dr arh. Mihajlo Čanak i arh. Miloš Čanak, Beograd, 1992. godina
33. Dve osnovne vrste licenci za oblast projektovanja - Rad na inovaciji postojećih opisa poslova definisanih licencama za odgovorne projektante − studija objavljena u Glasniku Inženjerske komore Srbije broj 5, Beograd, 2006. godina
34. Drvene konstrukcije u aktuelnoj arhitektonskoj i građevinskoj praksi − stručni rad, Tehnika, separat Naše građevinarstvo broj 3, Beograd, 2007. godina
35. Prednapregnute poliedarske drvene konstrukcije − stručni rad, Tehnika, separat Naše građevinarstvo broj 6, Beograd, 2010. godina
36. . . . najlepše je đačko doba − esej, Belopalanački zbornik broj 6, Bela Palanka, 2010. godina
37. Naučnoistraživački projekat C. 5. 01. 58. 163, Unapređenje konstrukcijskih sistema u montažnoj gradnji stambenih, industrijskih i javnih objekata, V. Kujundžić, rukovodilac podprojekta, PP3 Razvoj novih tehnologija projektovanja i građenja porodičnih objekata, Arhitektonski fakultet,Beograd, 1991. godina

SPECIJALIZOVANI SOFTVER

1. Proračun pravih, poligonalnih i zakrivljenih štapova od lepljenog lameliranog drveta –aplikacija za kućne računare, Beograd, 1986. godina
2. Dimenzionisanje armiranobetonskih konstrukcija po Teoriji graničnih vrednosti – aplikacija za kućne mikroračunare, Beograd, 1992. godina
3. Program za proračun statički neodređenih nosača u ravni po Tačnoj metodi deformacija (prema E. Junuzoviću), Beograd, 1993. godina
4. Programski paket za statičku analizu sistema lakih krovnih vezača (saradnici: N. Šekularac, S. Đorđević), LKV Centra, Beograd, 1995. godina
5. Statička analiza i dimenzionisanje opterećenjih pravih drvenih štapova (saradnik S. Đorđević), LKV Centar, Beograd, 1995-97. godina

LISTA PROMOTIVIH NASTUPA
NA STRUČNIM SKUPOVIMA

Promociju sistema LKV započinjem u drugoj polovini sedamdesetih godina XX veka referatima na Kongresima konstruktera, stručnim skupovima, projektnim biroima i gradskim institucijama, koje se bave komunalnim i stambenim poslovima na očuvanju i unapređenju gradskog stambenog fundusa. Gostovao sam na lokalnim radio i televizijskim stanicama u Nišu, Novom Sadu, Boru, Banja Luci, Bjeljini, Nikšiću, Podgorici, Ohridu, Srumici, Skoplju. . . Bila su to popularna predavanja praćena izabranim slajdovima sa prikazom tehnologije projektovanja, proizvodnje, transporta i montaže. Onog momenta kada se pojavila digitalna fotografija, promotivni nastupi su obogaćeni novim tehnološkim mogućnostima.

Rad na promovisanju i komunikaciji sa učesnicima na stručnim promotivnim skupovima biva sve uspešniji. Inženjerska komora Srbije, Savez inženjera i tehničara Srbije, proizvođači i zastupnici LKV sistema u Srbiji, Crnoj gori i Republici Srpskoj organizuju brojne skupove na kojima se prezentuju nove tehnologije u arhitekturi i građevinarstvu, između kojih je vidno mesto zauzimao sistem lakih krovnih vezača. Sledi izvod iz opširne liste mojih aktivnosti na promociji novih tehnologija u drvetu - lepljenog lameliranog drveta i sistema lakih krovnih vezača (slika 2):

1. Prezentacija sistema LKV na Arhitektonskom univerzitetu u Penzi, Rusija
2. Novi programi na Sajmu građevinarstva u Beogradu: Deset godina lakih krovnih vezača u našoj arhitekturi i građevinarstvu - prikaz i analiza primene LKV sistema za industrializovanu gradnju krovnih struktura u drvetu − rad izložen na stručnom skupu, Beograd, 2006. godina
3. Nove tehnologije u građevinarstvu: Konstrukcije u lepljenom lameliranom drvetu - osvrt na mogućnosti primene ovog sistema u aktuelnim uslovima građenja, Vrnjačka Banja - rad izložen na stručnom skupu, 2006. godina
4. Učešće u realizaciji izložbe sa primerima izvedenih objekata srpskog graditeljstva u drvetu u okviru XIV međunardnog festivala ruskog graditeljstva Zodčestvo, Moskva, 2006. godina.
5. Nove tehnologije u građevinarstvu: LKV i LLD u našem graditeljstvu - osvrt na mogućnosti primene ove tehnologije u aktuelnim uslovima građenja − rad izložen na stručnom skupu, Niš, 2007. godina
6. Nove tehnologije u građevinarstvu: Sistemi savremenih drvenih konstrukcija - osvrt na mogućnosti primene novih tehnologija u aktuelnim uslovima građenja - rad izložen na stručnom skupu, Kragujevac, 2007. godina
7. Lepljeno lamelirano drvo u arhitekturi i građevinarstvu - stručni rad izložen u Društvu arhitekata Vranja, Vranje, 2007. godina
8. Drvo u arhitekturi i građevinarstvu - pregledni rad izložen na 3. Saboru drvoprerađivača na Tari, Tara, 2007. godina
9. Učešće po pozivu na 1. Sajmu građevinarstva u Nišu – prezentacija Sistema LKV, Niš, 2008. godina
10. Prikaz i analiza realizovanih projekata u lepljenom lameliranom drvetu i u sistemu lakih krovnih vezača - stručni rad izložen u okviru aktivnosti inženjerske komore Srbije, Beograd, 2008.
11. Drvo u arhitekturi i građevinarstvu - pregledni rad izložen na 4. Saboru drvoprerađivača na Tari, Tara, 2008. godina
12. Prezentacija savremenih sistema drvenih konstrukcija u arhitetonskom inženjerstvu - pokazni rad saopšten pred članovima Društva arhitekata, Subotica, 2008. godina
13. Prednapregnute drvene poliedarske kupole - stručni rad izložen na simpozijumu Inovativno s drvetom u urbanim sredinama, u organizaciji klastera ProHolz - Austrija, Beograd, 2010. godina
14. Prezentacija učešća LKV Centra iz Beograda u primeni savremenih sistema drvenih konstrukcija, na poziv kocerna Wiehag, Altheim / Upper Austria, 2010. godina
15. Kako se grade krovovi - pregledni rad izložen povogom proslave 70 godina belopalanačke Gimnazije, Bela Palanka, 2011. godina
16. Mogućnosti racionalne rehabilitacije graditeljskog fundusa primenom savremenih sistema drvenih struktura, stručni rad izložen na simpozijumu Moderna gradnja i sanacija – sigurno i energetski efikasno sa drvetom, u organizaciji klastera ProHolz - Austrija, Beograd, 2011. godina
17. Održivi razvoj savremenih sistema drvenih konstrukcija u regionu - pregledni rad izložen na simpozijumu Nove tehnologije u gradnji drvetom u organizaciji klastera ProHolz - Austrija, Banja Luka, 2011. godina
18. Analiza organizacije projektovanja i izgradnje objekata od drveta niske spratnosti u Srbiji - stručni rad saopšten na Seminaru ProHolza – Austrija, Beograd, 2012. godina
19. Projektovanje višespratnih objekata sa drvenom konstrukcijom, stručni rad saopšten na Seminaru ProHolza – Austrija, Beograd, 2012. godina
20. Projektovanje veza i nastavaka elemenata drvenih struktura u skladu sa odredbama Evrokoda 5, stručni rad saopšten na Seminaru ProHolza – Austrija, Beograd, 2012. godina
21. Projektovanje objekata velikih raspona u drvetu – primeri izvedenih objekata, stručni rad saopšten na Seminaru ProHolza – Austrija, Beograd, 2012. godina
22. Analiza opravdane primene drvenih objekata u kriznim situacijama – prednosti i nedostaci u odnosu na druge tehnike građenja - stručni rad saopšten na Seminaru ProHolza – Austrija, Beograd, 2012. godina

//









1 / 7 / 12b / 17b

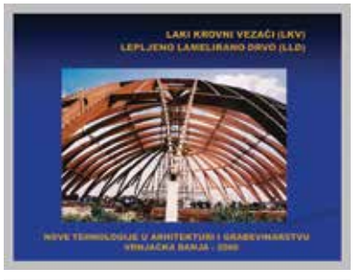








2 / 8 / 13 / 18









3 / 9 / 14 / 19

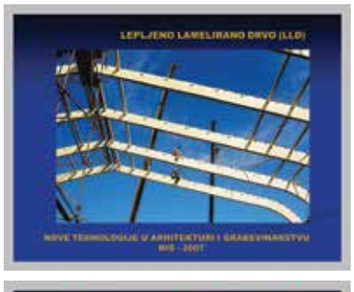








4 / 10 / 15 / 20









5 / 11 / 16 / 21









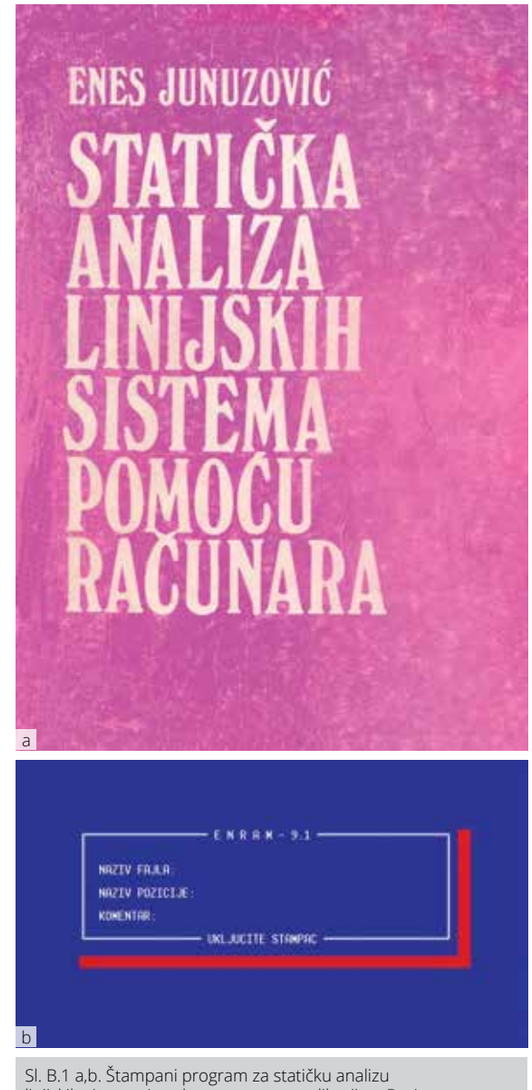
6 / 12a / 17a / 22

Sl. 2. Lista promotivih nastupa na stručnim skupovima

B. GENEZA TEHNOLOGIJE LAKIH KROVNIH VEZAČA

Tokom 1976. i 1977. godine proveo sam više meseci u Francuskoj na specijalizaciji iz oblasti drvenih konstrukcija. Vreme od momenta kad sam se susreo sa LKV tehnologijom u Tehničkom centru za drvo (Centre tehnique du bois, Paris), krajem 1976. godine, do sredine februara 1993. godine, proveo sam neumorno radeći na promociji lakih krovnih vezača i primeni ove tehnike u našem graditeljstvu. Za osvajanje i uvođenje ove tehnologije nisu bila potrebna velika sredstva, tek nekih pedesetak hiljada tadašnjih nemačkih maraka, što je za bilo koju društvenu firmu bila suviše sićušna investicija da bi joj bila poklonjena pažnja. Program prezentovan pred rukovodstvom velike Drvne industrije "Gaj" iz Podravske Slatine u Hrvatskoj, odbijen je. Sličnu situaciju sam doživeo i u beogradskoj kompaniji "Jugodrvo", čiji ljudi nisu hteli da prihvate veoma lepu ponudu jednog francuskog industrijalca, koga smo sreli na sajmu građevinarstva "Batimat 1982", a koji je ponudio sistem i kompletnu opremu, bez ikakve naknade, kako bi preko Jugoslavije mogao da radi sa tadašnjim SSSR-om. Objavio sam više promotivnih radova o LKV sistemu i njegovim performansama, učestvovao na više stručnih skupova i simpozijuma i propagirao sistem pred kolegama i pred prijateljima. Veliki napor je, konačno, urodio plodom: početkom 1988. godine moj prijatelj i kolega, arh. M. Stanojević, preporučio je sistem LKV Zanatskoj zadruzi "Mala privreda" u Beloj Palanci. Sjajnim zalaganjem g. Velje Đorđevića, direktora ove zadruge koja ubrzo prerasta u građevinsko preduzeće pod imenom "Integral", realizovan je moj projekat alata za proizvodnju domaćeg konektera za izradu radnih stolova i prese za formiranje čvorova i nastavaka štapova rešetkastih nosača. Konektor pod nazivom LKVI se proizvodi sa uspehom u alatnici "Elektronske industrije" u Nišu. Nosači se izrađuju u proizvodnoj hali "Integrala" u Beloj Palanci. Projekti konstrukcija se izrađuju na relaciji Beograd – Bela Palanka. LKV sistem veoma brzo osvaja tržište. Grade se krovovi u Beloj Palanci, u Nišu i u okolini, čak do Prištine. Veliki pomak u razvoju sistema nastaje pri realizaciji projekata pretvaranja ravnih krovova u stambena potkrovlja u beogradskom naselju Konjarnik i na dogradnji potkrovlja svih blokova i restorana u Studentskom gradu u Beogradu. Na drugom kraju republike Srbije, preduzeće "Graditelj" iz Bezdana takođe prihvata LKV sistem. Novi tehnološki projekat se, takođe uspešno, realizuje: konekter tipa LKVG se proizvodi u industriji "Bane Sekulić" u Somboru, a LKV nosači u pogonima "Graditelja" u Bezdanu. LKV krovovi se sa velikim uspehom montiraju u Somboru, Novom Sadu, Subotici i širom Vojvodine do Beograda, na mnogim objektima, na primer, u okviru Vazduhoplovnog zavoda "Moma Stanojlović" u Batajnici i na proizvodnim halama "Imleka" u Padinskoj Skeli. Ravni krovovi ovih industrijskih giganata sa dotrajalom hidroizolacijom pretvoreni su u sigurne kose krovove.

Projektovanju konstrukcija krovova u sistemu LKV sam poklanjao veoma veliku pažnja. Radio sam na sistematizaciji i standardizaciji oblika krovnih vezača, na formiranju algoritama za izradu radioničke dokumentacije prema detaljnoj statičkoj analizi sistema, na dimenzionisanju štapova rešetkastih vezača i na dimenzionisanju i pozicioniranju metalnih konektera u čvorovima sistema. Stvorili smo, eto, na samom početku razvoja sistema platformu zasnovanu na teoriji i praksi. Tokom 1993. godine obreo sam se ponovo u Parizu, takođe u vreme odvijanja sajma građevinarstva "Batimat". Obišao sam i Tehnički centar za drvo i tokom posete pokazao naš metalni konekter. Iznenađenju francuskih kolega nije bilo kraja. Objasnili su mi da Francuska u to doba nije imala sopstvenu proizvodnju konektera, da je to veoma sofisticirana tehnologija i da se u Francuskoj koriste sistemi malog broja multinacionalnih kompanija koji se bave tom tehnologijom. Odali su mi priznanje za smelost da se upustim u realizaciju takvog spojnog sredstva čija proizvodnja nosi veliki rizik. Nisam znao da je to tako specifična tehnologija, pa sam se, eto, upustio u formiranje konektera čije su se pozitivne



Sl. B.1 a,b. Štampani program za statičku analizu linijskih sistema i naslovna strana te aplikacije u Basic-u

preformanse dokazale kroz vreme. Za korektnu statičku analizu LKV vezača iskoristio sam poznanstvo sa, u to doba asistentom na Građevinskom fakultetu u Subotici, magistrom Enesom Junuzovićem, dipl. inž. građevine koji je napravio mali, ali besprekoran program za analizu statički neodređenih nosača u ravni, po tačnoj Metodi deformacija u matričnom obliku. Taj mali, ali perfektan program bio je napisan, najpre, za tada veoma cenjeni računar Comodore 64. Kako sam ja u to doba, 1983. godine, koristio računar Sinclair ZX Spectrum, zatim Amstrad CPC6128, kolega Junuzović je, uz moju asistenciju, preradio svoj Basic program i stvorio divnu platformu na kojoj sam zasnovao razvojni put statičke analize na PC računarima kasnijih generacija. Program je najpre korišćen za analizu statički neodređenih nosača u betonu, čeliku i drvetu. Izlazni rezultati su bili reakcije oslonaca, unutrašnje sile u čvornim presecima štapova i maksimalni momenat savijanja duž svakog štapa, ako je opterećen jednakopodeljenim, trouglastim ili trapezastim opterećenjem. Nazvao sam ga ENRAM prema početnim slovima autorovog imena i prema svrsi kojoj služi.



Sl. B.2. Presa za utiskivanje konektera proizvodnje "Prva petoletka" – Trstenik



Sl. B.3. Izgradnja "LKV centra" u Dobanovcima

FORMIRANJE "LKV CENTRA"

Ideja sa kojom sam već dugo živeo, da formiram asocijaciju koja će se baviti razvojem i unapređenjem LKV sistema, realizovana je 14. februara 1993. godine. Toga dana registrovano je u Beogradu akcionarsko društvo pod nazivom "LKV centar". Bila je to skromna firma sa samo troje zaposlenih arhitekata, ali sa velikim ambicijama da postane istinski centar za naučni, stručni i obrazovni rad na uvođenju jedne nove tehnologije u domaće graditeljstvo. Osnovna delatnost ovog društva je bilo servisiranje proizvodnje nosiocima tehnologije, preduzećima "Integral" i "Graditelj", podrška njihovoj tržišnoj propagandi i rad na uvođenju LKV sistema u graditeljstvo u vidu ekonomične supstitucije sistema klasičnih drvenih krovnih konstrukcija. Ubrzo "LKV centar" prerasta u Preduzeće za projektovanje, proizvodnju i implementaciju LKV sistema, jer se u novonastaloj teškoj tržišnoj i privrednoj situaciji ni "Integral" ni "Graditelj" nisu snašli. Izgubili su tržište i skoro prestali sa proizvodnjom. Transformacijom iz društva u privredno preduzeće, sa novim snagama, "LKV centar" postaje snažno porodično preduzeće. Vlasnici preduzeća, četvoro arhitekata Kujundžića, preuzimaju sledeće funkcije: Jovan je direktor, Gordana se bavi marketingom i propagandom, Snežana ekonomijom i finansijama a Vojislav projektovanjem i razvojem tehnologije. U Dobanovcima niče poslovno-proizvodni kompleks, koji u jednom trenutku ima više od 50 zaposlenih radnika, projektanata i službenika. Nismo lako došli do ovako lepo razvijenog preduzeća. Put je bio težak, ali, na kraju, uspešan. Podršku razvoju preduzeća pružile su i mlade arhitekte Žikica Tekić i Saša Đorđević, moji odlični diplomci, koji će kasnije postati asistenti i nastavnici na Arhitektonskom fakultetu u Beogradu. Okupljeni oko "LKV centra" pružili su veliki doprinos razvoju tehnologije, od projektovanja sjajnih konstrukcija u LKV sistemu do formiranja specijalizovanog softvera za automatski dizajn LKV konstrukcija. Prva proizvodna hala "LKV centra" otvorena je 1996. godine, u iznajmljenom prostoru u Krnješevcima kraj Beograda. Presu za utiskivanje konektera razvili smo u saradnji sa "Prvom petoletkom" iz Trstenika, početkom 1997. godine. Radne stolove i montažno-demontažni portal koji nosi presu proizveli smo sopstvenim snagama i uz pomoć divnog majstora bravara Vase Rakića iz Beograda. Pogon je otvoren u nedovršenoj hali pilane "Ema" porodice Erdevički. LKV krovna konstrukcija nad halom je bila dugoročna kompenzacija za zakup. Nedugo zatim, sredinom 2000. godine, "LKV centar" je započeo gradnju sopstvenog pogona u Dobanovcima. Ubrzo smo se tu preselili i organizovali pravu malu fabriku za proizvodnju drvenih konstrukcija u sistemu LKV. Lokaciju smo mudro izabrali: uz autoput Beograd – Zagreb, na petlji za Dobanovce, što je za transport nosača velikih gabarita bilo presudno. Projektom smo predvideli ne samo radionicu, već i sav prateći prostor sa sanitarnim čvorom za radnike, sa alatnicom za prekrajanje konektera, sa magacinima za rezervne delove, alate i opremu za montažu, i sa pokrivenim prostorom za smeštaj rezane građe. Imali smo veliku sreću da objekte podignemo, da ih opremimo za proizvodnju i da celi kompleks od oko 50.00 ari ogradimo uz pomoć simboličnog kredita, koji smo uspeli da otplatimo već sledeće godine.

TEHNOLOŠKI PROCES PROIZVODNJE KONSTRUKCIJA U SISTEMU LKV

Proizvodnja LKV nosača u sopstvenoj radionici započeta je korišćenjem konektera koji je izrađivan u Nišu, na alatu koji smo naručili u alatnici beogradske "Industrije 21. maj" u Rakovici. Sa velikim očekivanjima potpisan je ugovor o isporuci alata sa ovom čuvenom industrijom motora. Međutim, za projektante i alatničare alat je bio krupan zalogaj koji nisu mogli nikako da savladaju. Nedovršeni alat smo preuzeli na sopstveni zahtev i preneli ga u Niš na doradu i na stavljanje u funkciju. Započeta je proizvodnja konektera, ali bez očekivanih rezultata. Na svemu se štedelo: od alatnog čelika i pocinkovanog lima za izbijanje zubaca konektera do angažovanja radionice sa hidrauličkim presama. Jedno veoma značajno iskustvo iz proizvodnje konektera na alatu, koji se inače stalno lomio i kvario, jeste saznanje da je orijentacija valjanja lima veoma značajna za orijentaciju budućeg konektera. Poprečno sečeni lim iz table standardnog lima za duboko izvlačenje na trake od 184 mm, kolika je širina ustiju alata, nije bio upotrebljiv, jer su se zupci konektera lomili pri prvom savijanju za 45° pri proceni kvaliteta otpreska – praktično su se krunili i nisu mogli biti upotrebljeni u proizvodnji LKV nosača.

Na Sajmu tehnike u Beogradu 1986. godine, na štandu preduzeća "Potens" iz Požege, otkrio sam izložene otpreske konektera. Doznao smo da "Potens" proizvodi konektere na alatima neke francuske firme i za račun te firme, a da nisu bili upoznati sa namenom proizvoda. Pokušaj da "LKV centar" uspostavi saradnju sa "Potensom" i da se organizuje proizvodnja nije zaživeo, jer nije bilo obostranog interesa da se proizvede novi alat za proizvodnju konektera drugačijeg od onog koji se isporučuje Francuzima. U saradanji sa Metalnom industrijom "PES Zastava d.o.o." iz Surdulice radim na projektu alata za proizvodnju metalnih konektera, sada tipa LKVC, za potrebe "LKV centra". Sposobni alatničari ovog preduzeća uspešno su realizovali projekat alata i u njihovoj radionici, pod njihovom kontrolom, započeta je serijska proizvodnja ovog mehaničkog spojnog sredstva namenjenog LKV tehnologiji.

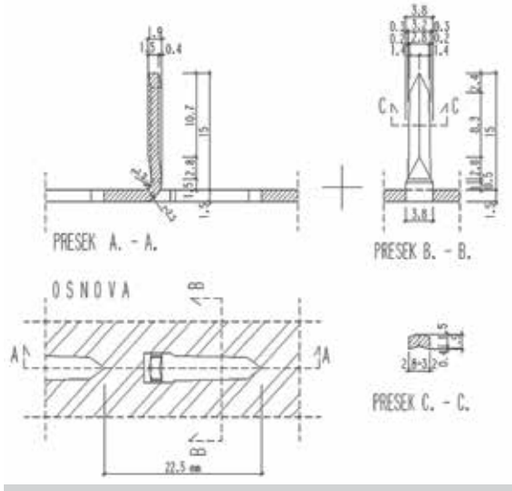
Iskustva koja sam stekao na alatima za proizvodnju konektera LKVI i LKVG su bila dragocena. Izvedeni zaključci iz rešavanja problema optimalnog oblika zubaca konektera, njihova orijentacija i njihov međusobni razmak, broj širina proizvodnih limenih traka, način antikorozivne zaštite, dimenzionalni asortiman proizvedenih konektera itd. bili

su dragoceni kapital kada je nastajao novi, treći LKV konekter za potrebe "LKV centra". Posebnu pažnju posvetio sam geometriji zupca čiste visine 15 mm. Njegov poprečni presek je srpast, kako bi se povećala njegova bočna projekcija i njegova nosivost kada sila deluje poprečno na konekter. Izgled zupca u fronatlnoj projekciji je poligonalan i najširi je u korenu, gde iznosi 3.8 mm. Osnovni problem pri savijanju zupca i njegovog izbijanja u vertikalu je bila pojava nekontrolisanog cepanja lima pločice u tom sektoru. Ovo cepanje neisečenog dela zupca, izazvano njegovim savijanjem pod uglom od 90°, zakrivljenog je oblika i ono značajno smanjuje koren zupca – uklještenu vezu zupca za pločicu. Posledica tako oblikovanog korena zupca je fatalna za nosivost zupca, jer se krtim lomom zubac kruni pod prstima. Ovaj problem je elegantno rešen pomeranjem mesta savijanja prosečenog zupca prema vrhu zupca za samo 0.5 mm. Zubac je savijen bez jednovremenog prinudnog cepanja lima, i njegova veza sa pločicom je celi koren zupca širine 3.8 mm. Alat za prosecanje lima i izbijanje zubaca je tako tehnološki koncipiran da izbijači u svakom koraku prosecaju lim pod pravim uglom. Jedan od probijača, čiji je zadatak da savije pod uglom od 90° u odnosu na ravan lima trostrano prosečeni zubac, to izvodi besprekorno, ali po njegovom povlačenju, formirani zubac ne ostaje upravan na osnovu, već se za par stepeni iskrivi. Uzrok krivljenju su zaostale elastične deformacije pri savijanju lima u korenu zupca. Tako zakrivljeni zupci, pri utiskivanju u drvo, povećavaju ugao zakrivljenosti i dva susedna reda zubaca, okrenutih jedan drugom, praktično, obuhvataju snopove drvnih vlakanaca pri čemu se javljaju prsline u drvetu i veza slabi. Dopunskim intervencijama na alatu za probijanje i izbijanje zubaca konektera obezbeđeno je "peglanje" pravca zubaca i ova pojava je uspešno eliminisana tako da se početni pravac zubaca ne menja pri utiskivanju u drvo, čak i kad zubac naiđe na kvrgu.

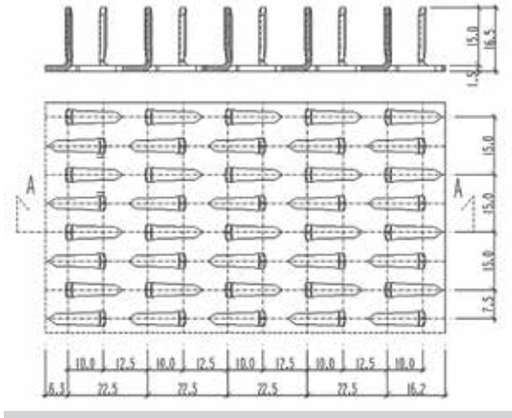
Veoma veliku pažnju sam posvetio rasporedu zubaca u osnovi. Analizirao sam rastere zubaca nekoliko konektera inostranih proizvođača. Došao sam do zaključka da iz dva osnovna uslova: propisanog međusobnog razmaka mehaničkih spojnih sredstava u drvenim konstrukcijama i geometrije neto površine perforirane limene pločice koja može biti opterećena aksijalnim silama u njenoj ravni. Zaključio sam da moram da korigujem rastere već postojećih domaćih konektera iz Bele Palanke i Bezdana i odlučio se za novi složeni raster. Međusobni razmak redova dvostrano orijentisanih zubaca je 7.5 mm, dok je međusobni podužni razamk zubaca 22.5 mm. Ovi razmaci ne čine jednoznačne kolone zubaca obe orijentacije, tako da je međusobni razmak kolona različite orijentacije zubaca 10.0 mm i 12.5 mm iz uslova optimalnog rasporeda perforacija u pločici. U sledećem koraku kreacije konektera definisao sam dimenzionalni asortiman konektera i sačinio tablicu standardnih dimenzija površina konektera. Standardne širine konektera su obeležene latiničnim slovima A – F i čini ih 6 veličina od 30.0 mm do 180.0 mm sa korakom od 30 mm. Standardne dužine su obeležene arapskim brojevima od 1 do 10 i imaju vrednosti od 135.0 mm do 540.0 mm sa korakom od 45.0 mm. Najmanji konekter, sa oznakom A1, ima dimenzije osnove 30.0 x 135.0 mm, a najveći, sa oznakom F10, ima dimenzije 180.0 x 540.0 mm.

Praksa, a to su potvrdila i laboratorijska ispitivanja opterećenjem uzoraka veza do loma, pokazala je da je kod proizvedenog konektera LKVC nosivost bočne veze (kontakt drvo-metal) superiornija od nosivosti konektera u čeonom – kritičnom poprečnom preseku pri aksijalnom poprečnom naprezanju konektera. Iz tih razloga sam, već kod proizvodnje prvog sledećeg alata za formiranje konektera, a čiji smo vek trajanja ograničili na 100.00 t prerađenog čeličnog lima, smanjio slobodnu visinu zupca sa 15.0 mm na 13.5 mm, čime sam ojačao neto površinu kritičnog preseka, a delimično smanjio nosivost bočne veze. Time je "LKV" centar dobio konekter odličnih mehaničkih performansi. Pri eksperimentalnoj analizi čvornih veza i određivanju dozvoljenih karakterističnih naprezanja u spoju metal/drvo i u poprečnom preseku metalnog konektera koristio sam propisane postupke iz francuskih normi. Prve uzorke veza za ispitivanje smo i napravili po tim pravilima i dobili neophodne rezultate, koje sam tablično složio. Nakon neočekivane posete "LKV centru" inž. Borimira Radovića, direktora Otto-Graf-Instituta u Štutgartu, koji je bio u poseti Beogradu i koji je hteo da vidi šta mi to radimo na planu primene LKV tehnologije, stavljena nam je na raspolaganje nemačka regulativa za ispitivanje čvornih veza izvedenih metalnim konekterima i uputstvo za diskusiju dobijenih rezultata. Na taj način smo dobili tablicu sa preciznim podacima o dozvoljenoj nosivosti veza.

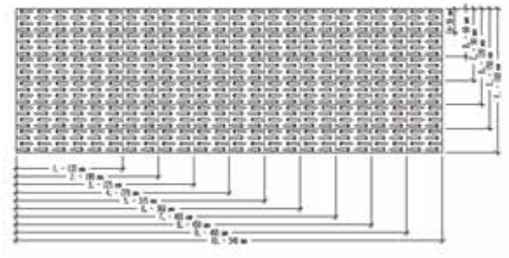
Kod prethodnih domaćih i meni poznatih svetskih tehnologija, za svaku širinu konektera proizveden je odgovarajući alat, koji izrađuje konktore različitih dužina po zadatoj specifikaciji. U našim ekonomskim uslovima to je izuzetno visok standard, jer bi značio proizvodnju šest alata i upotrebu bar tri ekscenatar presa odgovarajućeg kapaciteta. Odlučio sam se za racionalizaciju proizvodnje, tako što sam definisao proizvodnju jednog alata za konektere širine 180.0 mm. Korišćenjem ekscentar prese snage 90.0 t proizvode se otpresci − table konektera dužine 1260.0 mm. Prema potrebi iz ovakvih table, isecanjem po dužini i širini, pokrivena je kompletna gama standardnih dimenzija osnova konektera A1 do F10. Poprečno presecanje table konektera se izvodi na običnim mehaničkim ma-



Sl. B.4. Geometrija zupca konektera



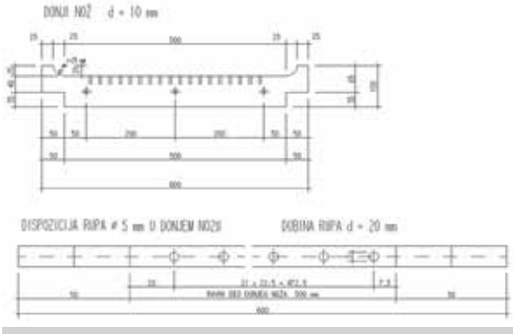
Sl. B.5. Dispozicija zubaca u osnovi konektera



Sl. B.6. Dimenzionalni asortiman osnova konektera

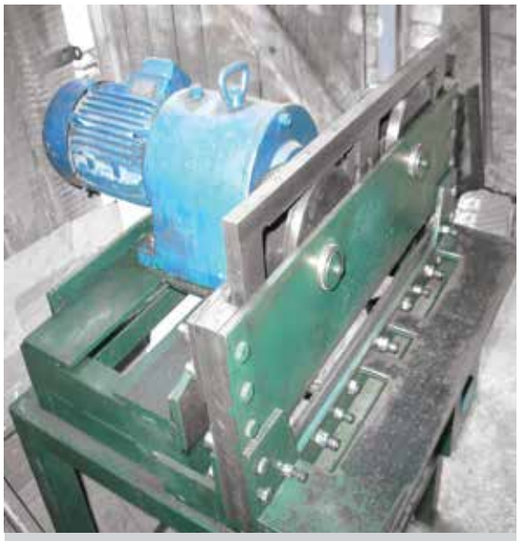


Sl. B.7. Laboratorijsko ispitivanje konektera pri poprečnom zatezanju do loma



Sl. B.8. Detalj radioničke dokumentacije za izradu motornih makaza





Sl. B.9. Mašinske makaze za podužno presecanje konektera



Sl. B.10. LKVC presa proizvedena u radionici HPA

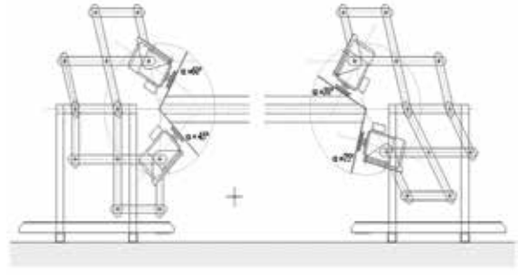


Sl. B.11. Radni sto sa graničnicima i kotvama

kazama za lim debljine 1.5 mm i dobijaju se standardne dužine konktora od 135.0 do 540.0 mm. Podužno rasecanje je predstavljalo određeni tehološki problem, jer je čisti razmak između dva reda zubaca, međusobno obrnuto orijentisanih, tel = 3.7 mm. Kod idealnog reza, od ruba zupca do ivice konektera širina lima je manja od 2.0 mm. Taj tehnološki problem smo rešili majstor Vasa Rakića i ja, napravivši specijalizovane mašinske makaze za lim. Rešenje je nađeno u donjem fiksnom horizontalnom nožu širine 10.0 mm, na koji naseda konekter sa zupcima orijentisanim nadole. U rupe prečnika 5.0 mm, koje su izbušene duž osnove noža na međusobnom razmaku od 22.5 mm, lagano se umeće jedan red zubaca, tako da konekter leži na nožu čija je spoljna rezna ivica na cca 2,0 mm od susednog reda zubaca. Tako gornji nož oblika giljotine veoma lako i pedantno preseca raspoloživi širinu trake od 3.7 mm uslovno, po sredini. Ove autorske mašinske makaze su se pokazale veoma efikasnim alatom u opremi pogona za proizvodnju LKV nosča.

Presa za utiskivanje, koja je bila izrađena u "Prvoj petoletki" u Trsteniku, pokazala se sigurnom, ali veoma teškom i glomaznom. Mašinista se sve vreme rada rvao sa njom pokušavajući, pored sve tehnike i elektronike, da je precizno dovede u zahtevani položaj nad radnim stolom. Novu, neuporedivo lakšu presu, sa obostrano oslonjenom klipnjačom, kreirao sam sa jednim od najboljih beogradskih alatničara, sa inž. Draganom Miloševićem. U njegovoj radionici HPA napravljeno je pet presa sa kojima smo uspešno radili i koje smo uključivali u opremu koju smo isporučivali kupcima LKV tehnologije. Sistem presa smo i dalje usavršavali i presu najboljih tehnoloških performansi smo 2010. godine dobili u saradnji sa Zanatskom radnjom "Inženjering Tankosić" iz Ivanjice . Sa mladim mašinskim inženjerom Draganom Tankosićem uspostavio sam izvanredan tehnološki kontakt, tako da je isporučena presa "LKV centru" bila skoro 100 kg lakša od prethodnih, sa istim i boljim performansama. Značajna komponenta u opremi LKV proizvodnog prostora je sistem radnih stolova na kojima leže čvorovi rešetkastih nosača. Usvojio sam koncept vertikalno pomerljive radne ploče na kojoj leži donji konekter jednog čvora. Ta ploča je upuštena za 20 mm i odnosu gornju površinu okvira radnog stola na kome, između graničnika, leže štapovi nosača u projektovanoj dispoziciji. Preko čvora, naspram donjeg konektera, kao lik u ogledalu, postavlja se gornji konekter. Mašinista, vođenjem po koordinatnim osama, dovodi presu do radnog stola. Donja potisna ploča prese se pozicionira ispod radne ploče stola i aktiviranjem hidraulike presa, kao jedna velika „heftalica", utiskuje konektere u čvor sa gornje strane direktno, a sa donje strane zajedno sa vertikalno pomičnom radnom pločom. Posebnim uređajem na nosaču prese, pri utiskivanju konektera u drvo izravnava se u prostoru, po visini, položaj prese, kako bi čvor nosača ostao na gornjoj površini radnog stola. Na taj način je obezbeđena početna dispozicija štapova rešetkastog sistema i geometrijska strabilnost čvorova koji nisu vezani konekterom. Presa se kreće od čvora do čvora i u jednom obilasku oko nosača formira sve čvorove sistema. Po okviru svakog radnog stola postavljaju se fiksni i ekscentrični graničnici koji obrazuju šablon za pozicioniranje štapova serije LKV nosača. Raspored radnih stolova zavisi od oblika rešetkastog nosača, tako da svakom čvoru odgovara jedan radni sto dostupan presi. Posebnim mehaničkim kotvama raspoređeni radni stolovi se fiksiraju za pod u koji su ugrađene cevaste vodilice sa žljebom u koji ulazi kotva. Razmatrao sam sa mojim saradnicima i mogućnost fiksiranja radnih stolova stalnim magnetima i elektromagnetima za pod prekriven čeličnim limenim pločama, ali smo, iz ekonomskih razloga, usvojili varijantu mehaničke veze za čije elemente sam sačinio svu radioničku dokumentaciju i koja je proizvedena u sopstvenoj režiji "LKV centra".

Tehnološki proces proizvodnje konstrukcija u sistemu LKV je definisan u celosti formiranjem krojačnice, koja je snabdevena ručnim „ger" cirkularima. Pimena ovih malih cirkulara omogućuje veoma preciznu obradu krajeva štapova rešetkastih nosača, istina, uz veoma veliki utrošak vremena, jer svaki štap ispune, na primer, radnik mora bar šest puta da uzme u ruke. Budući da je cena radne snage u našim uslovima dovoljno niska, nije bilo alternative u kupovini skupih specijalizovanih mašina za obradu drveta. S tim problemom „uskog grla"



Sl. B.12. Šematski prikaz rada motornih cirkulara



Sl. B.13. Iznuđeni transport LKV nosača organizovan u "LKV centru"

u organizaciji proizvodnje nosača pokušavao sam da se izborim dugi niz godina, pokušavajući da nađem tehnički prihvatljivo rešenje koje bismo realizovali sopstvenim snagama. Jedno od potencijalno prihvatljivih rešenja sam realizovao samo donekle, uz pomoć moje bravarske ekipe Rakić. Nismo imali uspeha, jer, i pored sveg našeg zalaganja, realizacija rešenja nije bila moguća bez angažovanja skupih specijalizovanih mašinskih radionica i njihovih alatnica.Rešenje je pretpostavljalo montažu transporterom na koji se postavlja paket štapova istih dimenzija, koji stoje nasatice i koji prolaze pored uparenih cirkulara sa jedne strane, različito nagnutih oko horizontalne ose, tako da jedan za drugim odsecaju gornju i donju polovinu visine štapa i formiraju projektovani kraj štapa.

Takav paket se na kraju transportne površine pomera u drugom pravcu i u povratku prolazi pored drugog para cirkulara pripremljenih da obrade drugi kraj štapova prema predviđenim uslovima. Nažalost, do sada nisam istrajao u realizaciji ovog agregata u pogonu krojačnice, ali nisam izgubio nadu da će se u "LKV centru" jednog dana vratiti ovoj ideji jer je primenjeni mehanizam veoma jednostavan. Tehnološki proces proizvodnje, uključujući transport i montažu konstrukcija na lokaciji objekata, zaokružen je i brzo doveden do nivoa ekonomičnosti i rentabilnosti. Za transport LKV nosača angažovan je sopstveni vozni park "LKV centra" za manje dužine nosača, dok su za nosače preko 10.00 m angažovane transportne kuće sa pozitivnim referencama iz oblasti transporta tereta povećanih gabarita. Pri projektovanju i proizvodnji nosača veoma se mnogo pažnje poklanjalo gabaritima LKV nosača. Visina nosača, koji u transportu stoje u položaju u kakvom će biti montirani na gradilištu, nije smela da bude veća od 2.90 m, kako bi nosači mogli da prođu ispod nadvožnjaka koji uslovljavaju visinu transporta na 4.00 m. U pojedinim slučajevima, kada je konstrukcija transportovana do gradilišta u blizini Dobanovaca dešavala su se i transportna čuda i iskazivana vrhunska invencija radnika iz "LKV centra" kada treba transportovati nosače male mase i velikog gabarita. Montažu konstrukcija organizuje i sprovodi veoma darovit inženjer montaže "LKV centra", dipl. inž. građ. Željko Tolj.

AUTOMATSKI DIZAJN LKV KONSTRUKCIJA

Tokom rada na projektovanju i izgradnji objekata i izradi alata za proizvodnju nosača, intenzivno sam radio na organizaciji projektovanja i konstruisanja nosača u sistemu LKV. Rad na sistematizaciji i unifikaciji krovnih LKV nosača, nastavio sam tamo gde sam se zaustavio kada sam zaokružio osnovne uslove teorijskog pristupa tom području projektovanja. Kataloško projektovanje je bilo osnovna ideja u razvoju projektovanja, koju sam uspeo da podignem na praktični nivo pružajući projektantima, sa jedne strane, sve potrebne geometrijske i statičke podatke o nosačima i proizvodnji nosača, a sa druge strane, kompletnu radioničku dokumentaciju, koja



Sl. B.14 a,b. Pristupni ekran programa za proračun i dimenzionisanje opterećenih pravih drvenih štapova



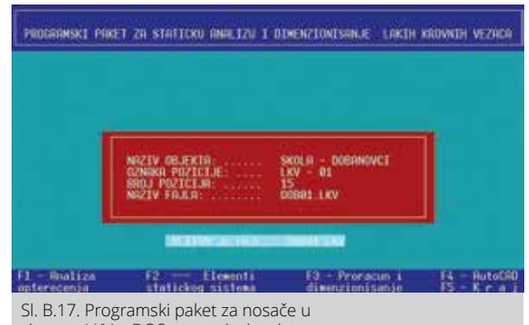
Sl. B.15. Pristupni dijalog boks programa za proračun aksijalno opterećenih čeličnih štapova



Sl. B.16. Pristupni dijalog boks programa za proračun betonskih konstrukcija prema BAB -87

se sastojala od crteža predmetnog nosača sa svim neophodnim kotama, od sheme rasporeda čvorova nosača, krojne liste svih štapova pojedinačno i sa dispozicijom sračunatih konektera. Taj ogromni fizički rad, ubrzo se pokazalo, bio je odlična stilska vežba koja nije zaživela. Projektanti naših objekata čije krovove smo preuzeli da gradimo, skoro uvek su imali različita rešenja. Tako "LKV centar" do danas, za ovih 20 godina, nije proizveo i montirao dva ista rešenja krova osim na sportskim objektima, na šatorskim dvoranama koje smo mi u projektom birou LKV centra proglasili za tipske objekte raspona 16.00 m, 18.00 m i 20.00 m. Naravno i tu su se, na izričit zahtev investitora, pojavili i rasponi od 21.00 i 22.00 m. Osnovne pojmove iz oblasti programiranja dobio sam tokom nastave na poslediplomskim studijama na Građevinskom fakultetu u Beogradu. Programski jezik Fortran je bio veliki izazov za sve potencijalne korisinike digitalne tehnike u projektovanju konstrukcija arhitektonskih i građevinskih objekata. Činjenica je pak da je u to vreme jedini računar u Beogradu bio lociran na Prirodno-matematičkom fakultetu i da mu nije bilo pristupa. Kasnije, kada je i Građevinski fakultet u Beogradu dobio računar, mi projektanti konstrukcija smo mogli da ga koristimo u praksi. Burnim razvojem računarske tehnike i padom njihovih cena, računari nam postaju dostupni.

Pomenute računare Spectrum i Amstrad sam već koristio za analizu statički neodređenih nosača u ravni. Programerski poriv, začet na platformi programskog jezika Fortran, nije mi dao mira. Moje područje istraživanja u toj oblasti računarske tehnike bili su programski jezici iz porodice Basic. Veoma vredan programski jezik iz te porodice bio je Turbo basic, koji sam u velikoj meri savladao. Tako je i nastao moj prvi program za proračun, dimenzionisanje i proveru napona i ugiba kod nosača od lepljenog lameliranog drveta sistema proste grede sa promenljivom visinom poprečnog preseka duž ose štapa. Ohrabren prvim uspehom, uspeo sam tokom 1987. godine da napišem i mali programski paket za proračun i dimenzionisanje



Sl. B.17. Programski paket za nosače u sistemu LKV u DOS operativnim sistemu



Sl. B.18. Verzija programskog paketa za analizu LKV nosača pod Windows operativnim sistemom

opterećenih pravih štapova konstantnog poprečnog preseka u masivnom drvetu i u lepljenom lameliranom drvetu za sva moguća naponska stanja, izuzev torzije. Sledeći softveraški poduhvat bila je izrada programa za betonske konstrukcije najpre po "n" teoriji, a zatim tokom 1988/89. godine po teoriji graničnih stanja BAB - 87. Ove programe sam pošteno eksploatisao radeći na brojnim betonskim konstrukcijama i konstrukcijama u lepljenom lameliranom drvetu.

Ovaj softver, izvorno rađen pod DOS-om, sada je prilagođen i radi pod operativnom sistemu Windows tako da ga i danas, po potrebi, koristim. Primena LKV sistema u našem graditeljstvu postaje sve veća. Izrada projekata konstrukcija za krovove različitih oblika i izrada radioničke dokumentacije postaje veoma zamoran i težak fizički napor. Rešenje problema efikasnog i brzog projektovanja konstrukcija potražio sam u izradi specijalizovanog softvera za automatski dizajn LKV struktura i realizovao taj obiman zadatak uz pomoć mojih saradnika iz "LKV centra" i mojih mlađih kolega sa Arhitektonskog fakulteta. Oni koji su činili taj tim mladih i veoma sposobnih stručnjaka danas su magistri i doktori arhitektonskih nauka iz oblasti arhitektonskog inženjerstva. Oni nose dalji razvoj primene savremenih drvenih konstrukcija u našem graditeljstvu.

Ideju sam zasnovao na potpuno definisanom obimu izrade projekta konstrukcije, koju čine statički proračun sa dimenzionisanjem i proverom naprezanja štapova u karakterističnim poprečnim presecima, sa dimenzionisanjem čvornih veza i sa izradom radioničke dokumentacije koja sadrži izgled nosača, krojnu listu štapova, dispoziciju čvorova nosača i detalje čvorova sa ucrtanim položajem sračunatog konektera. Prvu verziju ovog programa iz 1992. godine nazvao sam Programski paket za statičku analizu i dimenzionisanje lakih krovnih vezača. Baza za primenu ovog programa je bio crtež rešetkastog nosača u AutoCad-u. Sistemna linija nosača za statičku analizu je, iz veoma praktičnih razloga, bila pomerena iz osa štapova gornjeg, donjeg i bočnih pojasnih štapova. Zautela je položaj po unutrašnjoj ivici ovih gabaritnih štapova. Sistemnu liniju su dopunjavale ose štapova ispune. Na ovaj način se sistemna linija nosača nije menjala pri promeni visina štapova, nakon dimenzionisanja, što je za obradu podataka bilo od veoma velikog značaja. Algoritam rada je bio logički podeljen u više koraka:

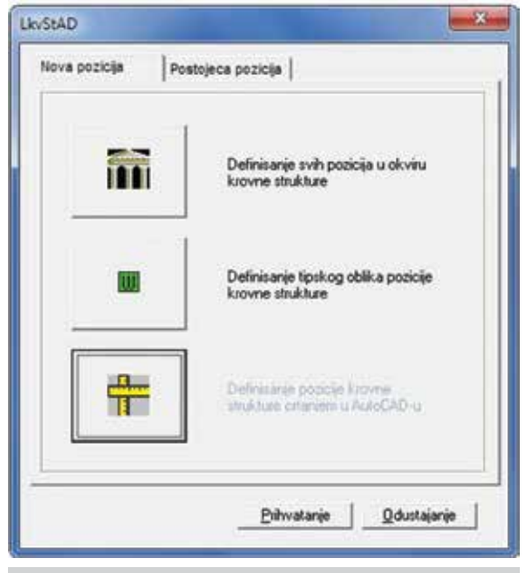
- iscrtavanje sistemne linije nosača i formiranje fajla sa ulaznim podacima za statičku analizu,
- dopuna fajla komponentalnim podužnim i poprečnim silama od opterećenja nakon sprovedene analize opterećenja,
- vizuelna kontrola geometrije statičkog sistema i unetog opterećenja,
- proračun konstrukcije modifikovanim programom Enram za zadato opterećenje i pretpostavljene dimenzije poprečnih preseka štapova,
- eventualno povećanje dimenzija preseka štapova iz uslova dozvoljenih napona za odgovarajuća


a

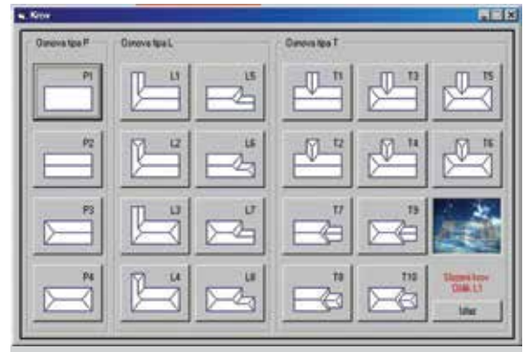

b


c

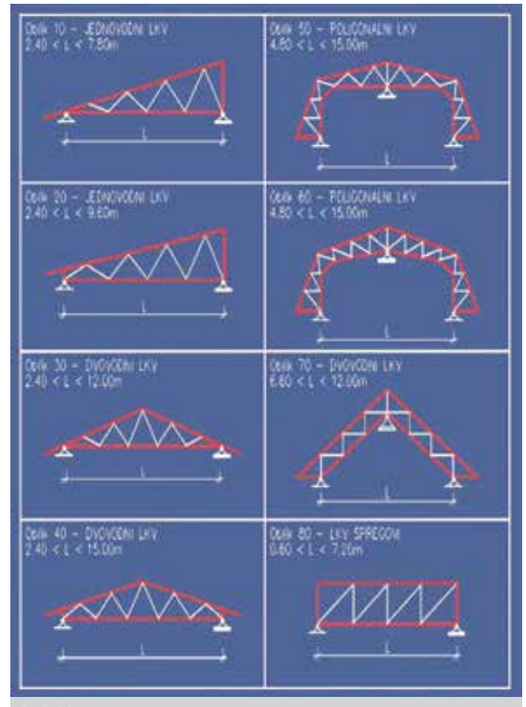
Sl. B.19 a-c. Nestandardni oblici krovova u sistemu LKV



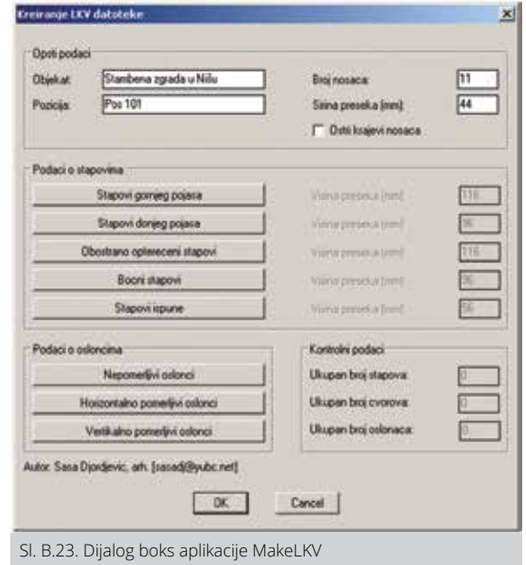
Sl. B.20. Kontrolni dijalog boks za usmeravanje na način projektovanja LKV struktura



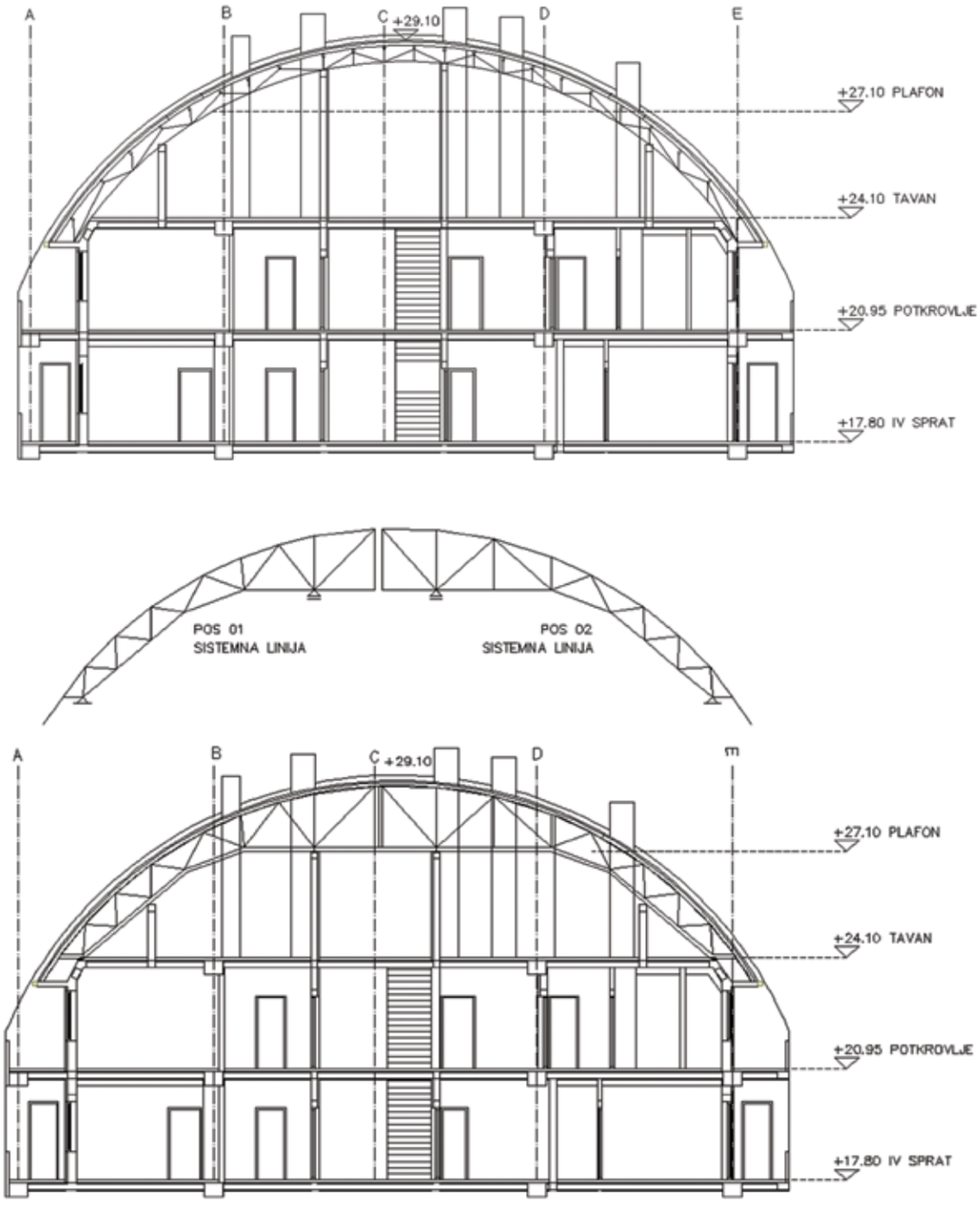
Sl. B.21. Izbor oblika osnove objekta i krova nad objektom



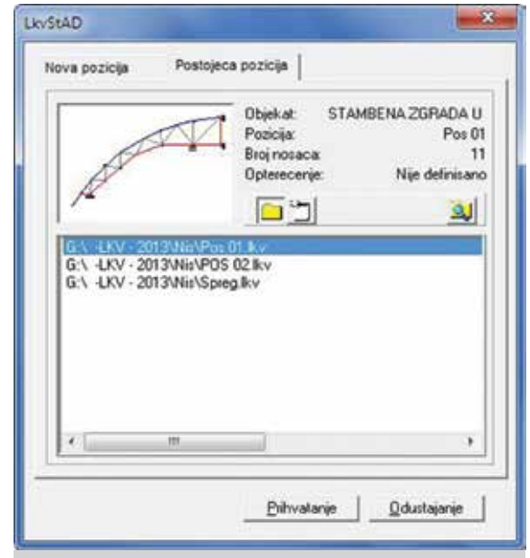
Sl. B.22. Izbor tip slog oblika LKV nosača



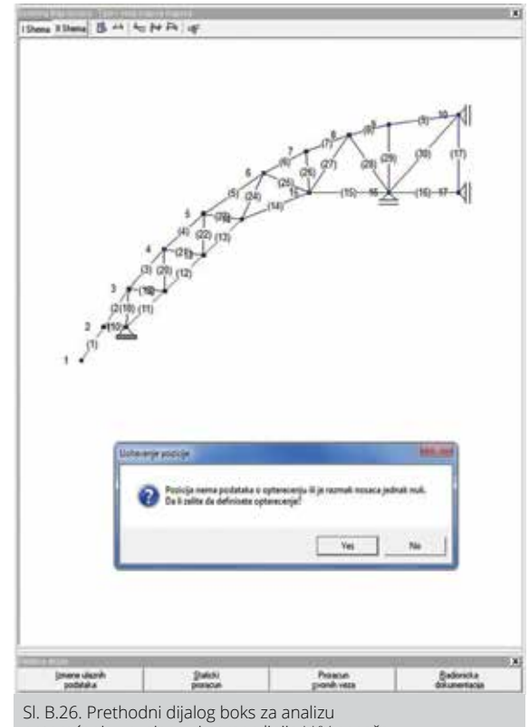
Sl. B.23. Dijalog boks aplikacije MakeLKV



Sl. B.24. Primer procesa izrade projekta konstrukcije krovova u sistemu LKV



Sl. B.25. Ulazni dijalog boks za izbor predmetne pozicije



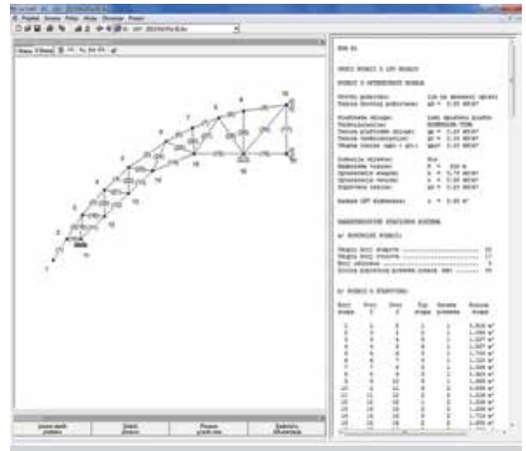
Sl. B.26. Prethodni dijalog boks za analizu opterećenja usvojene sistemne linije LKV nosača

naponska stanja (savijanje, ekscentrični pritisak i ekscentrično zatezanje),
- formiranje novog fajla sa ulaznim podacima za statičku analizu, ali sa izmenjenim dimenzijama poprečnih preseka,
- provera naprezanja i još jedna mogućnost za eventualno povećanje dimenzija poprečnih preseka,
- proračun čvornih veza LKVC konekterima,
- formiranje tekstualnih fajlova sa ekstenzijom .scr – skript fajlova,
- otvaranje radnog Word dokumenta i ispis rezultata statičkog proračuna,
- otvaranje radnog prozora u AutoCad-u, pozivanje fajlova sa ekstenzijom .scr i automatsko iscrtavanje radioničke dokumentacije za predmetni nosač.
- štampanje formiranih Word i AutoCad dokumenata.

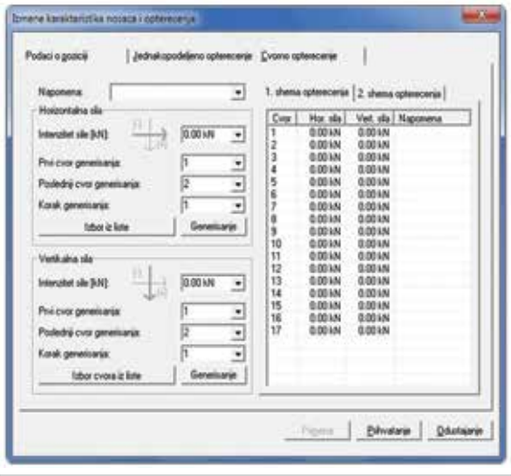
Ovako koncipiranim i realizovanim programskim paketom projektovanje konstrukcija u sistemu LKV dobija novu i veoma značajnu dimenziju. Postaje konstruktorsko-istraživačko područje. Izmene u dispoziciji čvorova, promene geometrije sistemne linije nosača, korekcije oslonačkih uslova i startovanje programa − veoma je jednostavna procedura koja omogućuje kreiranje LKV nosača optimalnih mera. Projektant konstrukcije je pošteđen velikog i greškama podložnog rada na pešačkom proračunu konstrukcija, pogotovu ako su to statički neodređeni linijski nosači. Mogućnosti kreiranja konstruktivnih sistema postaju neograničene: mogu se projektovati sistemi izuzetne ekonomičnosti, sa jedne strane, i sistemi koji su u funkciji arhitektonskih funkcionalnih i oblikovnih zahteva. Izgradio sam, uz saradnju sa mojim mlađim kolegama, već veliki broj veoma raznovrsnih LKV konstrukcija krovova objekata nestandardne sistemne linije nosača i nesvakidašnjeg oblika, korišćenjem osnovne verzije ovog programskog paketa izrađenog pod DOS opera-



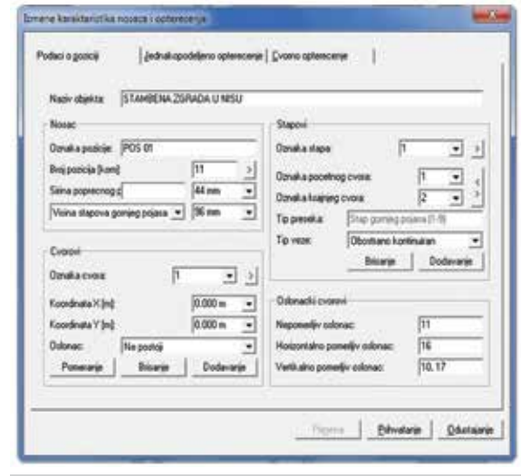
Sl. B.27. Dijalog boks za analizu jednakopodeljenog opterećenja štapova nosača



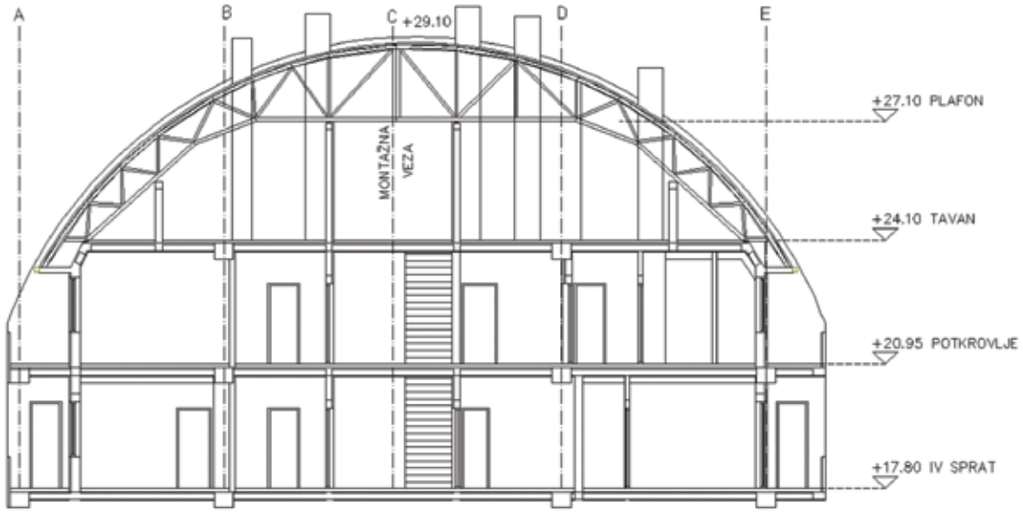
Sl. B.29. Kontrolni dijalog boks sa prikazom usvojene sistemne linije i sprovedene analize opterećenja nosača i sa opcionim izborom razrade projekta konstrukcije



Sl. B.28. Dijalog boks za analizu opterećenja koncentrisanim silama u čvorovima nosača



Sl. B.30. Mogućnosti korekcije elemenata usvojene sistemne linije nosača



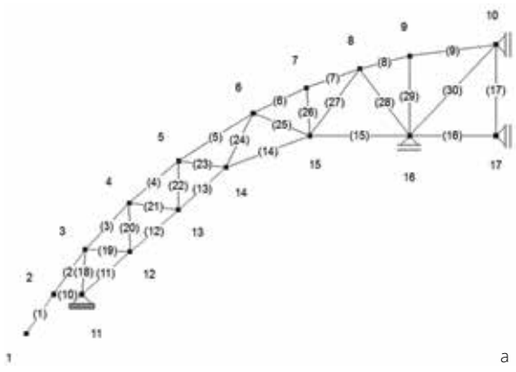
Sl. B.24. Primer procesa izrade projekta konstrukcije krovova u sistemu LKV

tivnim sistemom. Pojavom operativnog sistema Windows i njegovih grafičkih performansi, naš programski paket biva obogaćen novim sadržajima. Veoma brzo po njegovoj pojavi, instalirali smo savršeniju verziju bejzika, Vusuel Basic 6.0, u punom profesionalnom obimu. Moji sradanici su dobili zadatak da ovladaju ovom aplikacijom i u tome su bili veoma uspešni. Progamski paket, nazvan LkvStAD, dobija novo ruho, a projektanti savremeno i savršeno okuženje. Zadržana je osnovna struktura programa, s tim da je on sad proširen istraživanjima i rezultatima rada na magistarskim i doktorskim tezama mojih mladih kolega i saradnika u nastavi na Arhitektonskom fakultetu, N. Šekularca, Ž. Tekića i S. Đorđevića. Projektant, na samom startu, može da bira put za novi projekat kojim se dolazi do područja izbora tipiziranih osnova objekata, nad kojima se gradi krovna konstrukcija, do područja izbora kataloški složenih tipskim oblika LKV krovnih nosača ili do područja potpuno slobodnog formiranja nosača u Auto CAD okruženju. U izabranom području, nakon sprovedenog odgovarajućeg algoritma, formira se jedan ili više ulaznih fajlova za statičku analizu, dimenzionisanje i izradu radioničke dokumentacije, već prema prikazanom generalnom LkvStAD algoritmu. Praksa je pokazala da je programskI paket najčešće korišćen slobodnom definicijom oblika LKV nosača u Auto CAD-u. Za zahtevanu konstrukciju krova, koju zadaje, po pravilu, arhitekta – projektant objekta, sačini se predlog rešenja, kojim su ispoštovani zahtevani osnovni geometrijski i funkcionalni uslovi.

Nakon saglasnosti projektanta na predlog rešenja, kreira se sistemna linija nosača u AutoCAD okruženju. Pozivanjem aplikacije MakeLKV u bazi podataka formira se za tekući projekat odgovarajući LKV fajl, koji je baza za statičku analizu i obradu u programskom paketu. Startovanjem programskog paketa LkvStAD otvara se baza podataka za tekući projekat. Izborom željenog fajla sa kartice “Postojeća pozicija” otvara se procedura analize opterećenja i to za jednakopodeljeno opterećenje po štapovima i koncentrisano opterećenje u čvorovima nosača. Po obavljenoj analizi opterećenja u novom prozoru, na ekranu se prikazuje usvojena sistemna linija nosača sa bočnim prozorom u kome je dat tekstualni prikaz koji sadrži ime pozicije, podatke o opterećenju nosača i karakteristike statičkog sistema, i sa četiri opciona dugmeta, kojima je moguće izmeniti ulazne podatke, izvesti statički proračun i nakon toga preći u područje AutoCAD-a, gde se iscrtava kompletna radionička dokumentacija za nosač.

Statički proračun se najpre ispisuje u bočnom prozoru kako bi konstruktor mogao da izvrši kontrolu dobijenih rezultata. Nakon kontrole, kompletan tekstualni deo projekta konstrukcije ovog nosača se ispisuje u otvorenom dokumentu Microsoft Word-a i sadrži ulazne podatke o opterećenju i karakteristikama nosača i prikaz pomeranja čvornih tačaka u ravni, zatim vrednosti unutrašnjih sila N,T i M u čvorovima štapova i vrednosti Mmax duž opterećenog štapa.

POS 01 * KROVNI LKV NOSAČ
OPSTI PODACI O LKV NOSACU



SISTEMNA LINIJA LKV NOSACA

PODACI O OPTERECENJU NOSACA

Krovni pokrivac:	Lim na dascanoj oplati
Tezina krovnog pokrivaca:	gk = 0.30 kN/m²
Plafonska obloga:	Laki spusteni plafon
Termoizolacija:	MINERALNA VUNA
Tezina plafonske obloge:	gp = 0.25 kN/m²
Tezina termoizolacije:	gt = 0.15 kN/m²
Ukupna tezina (gpo + gt):	gpu= 0.40 kN/m²
Lokacija objekta:	Nis
Nadmorska visina:	H = 202 m
Opterecenje snegom:	s = 0.75 kN/m²
Opterecenje vetrom:	w = 0.95 kN/m²
Sopstvena tezina:	gs = 0.20 kN/m²
Razmak LKV elemenata:	c = 0.90 m'

KARAKTERISTIKE STATICKOG SISTEMA
a/ KONTROLNI PODACI:

Ukupni broj stapova	30
Ukupni broj cvorova	17
Broj oslonaca	4
Sirina poprecnog preseka nosaca (mm)	44

b/ PODACI O STAPOVIMA:

BROJ STAPA	CVOR I	CVOR J	TIP STAPA	OZNAKA PRESEKA	DUZINA STAPA
1	1	2	1	1	0.917 m'
2	3	2	2	1	1.046 m'
3	3	4	3	1	1.227 m'
4	4	5	3	1	1.237 m'
5	5	6	3	1	1.704 m'
6	6	7	3	1	1.122 m'
7	7	8	3	1	1.085 m'
8	8	9	3	1	0.983 m'
9	9	10	3	1	1.669 m'
10	2	11	3	2	0.538 m'
11	11	12	2	2	1.227 m'
12	12	13	1	2	1.225 m'
13	14	13	2	2	1.225 m'
14	14	15	3	2	1.713 m'
15	15	16	2	2	1.905 m'
16	17	16	2	2	1.655 m'
17	10	17	3	4	1.742 m'
18	11	3	3	5	0.858 m'
19	3	12	3	6	0.860 m'
20	12	4	3	7	0.939 m'
21	4	13	3	8	0.947 m'
22	13	5	3	9	0.931 m'
23	5	14	3	10	0.923 m'
24	14	6	3	11	1.165 m'
25	6	15	3	12	1.169 m'
26	15	7	3	13	0.921 m'
27	15	8	3	14	1.598 m'
28	8	16	3	15	1.598 m'
29	16	9	3	16	1.526 m'
30	16	10	3	17	2.403 m'

c/ KOORDINATE CVOROVA:

Cvor	X [m]	Y [m]	Cvor	X [m]	Y [m]
1	0.000	0.000	10	8.992	5.523
2	0.527	0.751	11	1.065	0.751
3	1.128	1.607	12	1.987	1.560
4	1.970	2.499	13	2.908	2.368
5	2.914	3.299	14	3.829	3.176
6	4.348	4.219	15	5.432	3.781
7	5.362	4.699	16	7.337	3.781
8	6.384	5.064	17	8.992	3.781
9	7.337	5.307			

d/ PODACI O OSLONCIMA:

Oznaka cvora		Tip oslonacke veze
10.	-	Vertikalno pomerljiv oslonac
11.	-	Zglobni nepomerljiv oslonac
16.	-	Horizontalno pomerljiv oslonac
17.	-	Vertikalno pomerljiv oslonac

e/ PODACI O OPTERECENJU STAPOVA:
1. SHEMA OPTERECENJA [g + s]:

Broj stapa	Jednakopodeljeno qn	opterecenje: qt
1	-0.313 kN/m'	-0.446 kN/m'
2	0.313 kN/m'	0.446 kN/m'
3	-0.446 kN/m'	-0.473 kN/m'
4	-0.558 kN/m'	-0.473 kN/m'
5	-0.693 kN/m'	-0.445 kN/m'
6	-0.816 kN/m'	-0.386 kN/m'
7	-0.933 kN/m'	-0.333 kN/m'
8	-0.980 kN/m'	-0.250 kN/m'
9	-1.020 kN/m'	-0.133 kN/m'
10	-0.450 kN/m'	0.000 kN/m'
11	-0.321 kN/m'	-0.282 kN/m'
12	-0.321 kN/m'	-0.282 kN/m'
13	0.321 kN/m'	0.282 kN/m'
14	-0.416 kN/m'	-0.157 kN/m'
15	-0.450 kN/m'	0.000 kN/m'
16	0.450 kN/m'	0.000 kN/m'

2. SHEMA OPTERECENJA [g + w (s leva)]:

Broj stapa	Jednakopodeljeno qn	opterecenje: qt
1	-0.683 kN/m'	-0.263 kN/m'
2	0.683 kN/m'	0.263 kN/m'
3	-0.632 kN/m'	-0.241 kN/m'
4	-0.580 kN/m'	-0.219 kN/m'
5	-0.503 kN/m'	-0.187 kN/m'
6	-0.415 kN/m'	-0.150 kN/m'
7	-0.337 kN/m'	-0.119 kN/m'
8	-0.258 kN/m'	-0.088 kN/m'
9	-0.147 kN/m'	-0.046 kN/m'
10	-0.450 kN/m'	0.000 kN/m'
11	-0.321 kN/m'	-0.282 kN/m'
12	-0.321 kN/m'	-0.282 kN/m'
13	0.321 kN/m'	0.282 kN/m'
14	-0.416 kN/m'	-0.157 kN/m'
15	-0.450 kN/m'	0.000 kN/m'
16	0.450 kN/m'	0.000 kN/m'

STATICKI PRORACUN - 1. SHEMA OPTERECENJA
POMERANJA I OBRTANJA CVOROVA

	x [cm]	y [cm]	fi [rad]
Cvor 1	0.1382	-0.1089	0.002140
Cvor 2	0.0010	-0.0121	0.000898
Cvor 3	0.0076	-0.0132	0.000000
Cvor 4	0.0317	-0.0462	0.000000
Cvor 5	0.0417	-0.0749	0.000000
Cvor 6	0.0284	-0.0794	0.000000
Cvor 7	0.0185	-0.0701	0.000000
Cvor 8	-0.0009	-0.0289	0.000000
Cvor 9	-0.0037	-0.0091	0.000000
Cvor 10	0.0000	-0.0102	0.000000
Cvor 11	0.0000	0.0000	0.000000
Cvor 12	0.0142	-0.0407	-0.000178
Cvor 13	0.0323	-0.0727	-0.000364
Cvor 14	0.0400	-0.0865	0.000000
Cvor 15	0.0280	-0.0663	0.000000
Cvor 16	0.0134	0.0000	0.000581
Cvor 17	0.0000	-0.0112	0.000000

SILE NA KRAJEVIMA STAPOVA

STAP	CVOR	N(kN)	T(kN)	M(kNm)	Mmax	b/d(cm)	S/Sd
1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	4.4/ 9.6	0.206
	2	0.41	-0.29	-0.13			
2	3	1.43	-0.04	0.00	0.00	4.4/ 9.6	0.235
	2	0.96	0.29	0.13			
3	3	-2.88	0.27	0.00	0.08	4.4/ 9.6	0.219
	4	-2.30	-0.27	0.00			
4	4	-4.02	0.35	0.00	0.11	4.4/ 9.6	0.291
	5	-3.44	-0.35	0.00			
5	5	-3.75	0.59	0.00	0.25	4.4/ 9.6	0.522
	6	-2.99	-0.59	0.00			
6	6	-2.09	0.46	0.00	0.13	4.4/ 9.6	0.257
	7	-1.65	-0.46	0.00			
7	7	-1.91	0.51	0.00	0.14	4.4/ 9.6	0.264
	8	-1.55	-0.51	0.00			
8	8	0.80	0.48	0.00	0.12	4.4/ 9.6	0.205
	9	1.05	-0.48	0.00			
9	9	0.80	0.85	0.00	0.36	4.4/ 9.6	0.554
	10	1.02	-0.85	0.00			
10	2	-0.79	0.12	0.00	0.02	4.4/ 9.6	0.068
Ly/2	11	-0.79	-0.12	0.00			
11	11	-5.74	0.16	0.00	0.04	4.4/ 9.6	0.391
Ly/2	12	-5.39	-0.24	-0.05			
12	12	-2.75	0.20	-0.05	0.02	4.4/ 9.6	0.225
Ly/2	13	-2.41	-0.19	-0.04			
13	14	-0.97	-0.16	0.00	-0.04	4.4/ 9.6	0.134
Ly/2	13	-1.31	0.23	0.04			

14	14	-1.16	0.36	0.00	0.15	4.4/ 9.6	0.290
Ly/2	15	-0.89	-0.36	0.00			
15	15	-3.24	0.33	0.00	0.12	4.4/ 9.6	0.464
Ly/2	16	-3.24	-0.53	-0.19			
16	17	-3.41	-0.26	0.00	-0.07	4.4/ 9.6	0.474
Ly/2	16	-3.41	0.49	0.19			
17	10	0.26	0.00	0.00	0.00	4.4/ 9.6	0.007
	17	0.26	0.00	0.00			
18	11	-3.61	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.271
	3	-3.61	0.00	0.00			
19	3	2.30	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.110
	12	2.30	0.00	0.00			
20	12	-1.54	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.130
	4	-1.54	0.00	0.00			
21	4	1.11	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.053
	13	1.11	0.00	0.00			
22	13	-0.56	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.047
	5	-0.56	0.00	0.00			
23	5	-0.01	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.001
	14	-0.01	0.00	0.00			
24	14	0.26	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.012
	6	0.26	0.00	0.00			
25	6	-1.11	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.145
	15	-1.11	0.00	0.00			
26	15	-0.83	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.068
	7	-0.83	0.00	0.00			
27	15	1.98	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.094
	8	1.98	0.00	0.00			
28	8	-2.26	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.550
	16	-2.26	0.00	0.00			
29	16	-1.47	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.326
	9	-1.47	0.00	0.00			
30	16	-1.70	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.369
Ly/2	10	-1.70	0.00	0.00			

REAKCIJE OSLONACA

		Rx [kN]	Ry [kN]	M [kNm]
OSLONAC	10	-0.2720	0.0000	0.0000
OSLONAC	11	3.6854	7.6209	0.0000
OSLONAC	16	0.0000	5.5309	0.0000
OSLONAC	17	-3.4118	0.0000	0.0000

STATICKI PRORACUN - 2. SHEMA OPTERECENJA

POMERANJA I OBRTANJA CVOROVA

	x [cm]	y [cm]	fi [rad]
Cvor 1	0.3017	-0.2193	0.004669
Cvor 2	0.0021	-0.0087	0.001959
Cvor 3	0.0149	-0.0135	0.000000
Cvor 4	0.0385	-0.0453	0.000000
Cvor 5	0.0440	-0.0672	0.000000
Cvor 6	0.0258	-0.0603	0.000000
Cvor 7	0.0160	-0.0470	0.000000
Cvor 8	0.0021	-0.0168	0.000000
Cvor 9	-0.0008	-0.0019	0.000000
Cvor 10	0.0000	0.0039	0.000000
Cvor 11	0.0000	0.0000	0.000000
Cvor 12	0.0205	-0.0407	-0.000177
Cvor 13	0.0381	-0.0667	-0.000300
Cvor 14	0.0417	-0.0729	0.000000
Cvor 15	0.0261	-0.0450	0.000000
Cvor 16	0.0126	0.0000	0.000575
Cvor 17	0.0000	0.0028	0.000000

SILE NA KRAJEVIMA STAPOVA

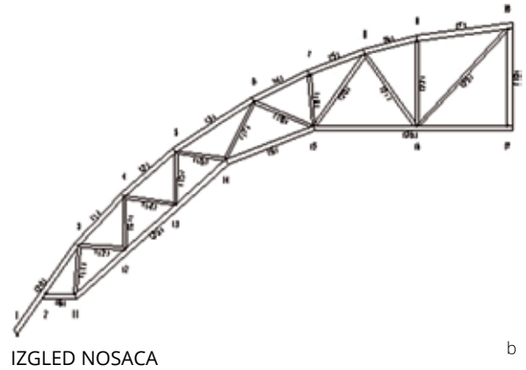
STAP	CVOR	N(kN)	T(kN)	M(kNm)	Mmax	b/d(cm)	S/Sd
1	1	0.00	0.00	0.00	0.00	4.4/ 9.6	0.432
	2	0.24	-0.63	-0.29			
2	3	1.55	-0.08	0.00	0.00	4.4/ 9.6	0.468
	2	1.27	0.63	0.29			
3	3	-2.54	0.39	0.00	0.12	4.4/ 9.6	0.260
	4	-2.24	-0.39	0.00			
4	4	-3.53	0.36	0.00	0.11	4.4/ 9.6	0.281
	5	-3.26	-0.36	0.00			
5	5	-3.04	0.43	0.00	0.18	4.4/ 9.6	0.391
	6	-2.72	-0.43	0.00			
6	6	-1.28	0.23	0.00	0.07	4.4/ 9.6	0.138
	7	-1.11	-0.23	0.00			
7	7	-1.21	0.18	0.00	0.05	4.4/ 9.6	0.112
	8	-1.08	-0.18	0.00			
8	8	0.33	0.13	0.00	0.03	4.4/ 9.6	0.058
	9	0.41	-0.13	0.00			
9	9	0.36	0.12	0.00	0.05	4.4/ 9.6	0.088
	10	0.43	-0.12	0.00			
10	2	-1.62	0.12	0.00	0.02	4.4/ 9.6	0.114
Ly/2	11	-1.62	-0.12	0.00			
11	11	-4.12	0.16	0.00	0.04	4.4/ 9.6	0.297
Ly/2	12	-3.78	-0.23	-0.05			
12	12	-1.50	0.20	-0.05	0.02	4.4/ 9.6	0.151
Ly/2	13	-1.15	-0.19	-0.04			
13	14	-0.29	-0.16	0.00	-0.04	4.4/ 9.6	0.097
Ly/2	13	-0.64	0.23	0.04			
14	14	-1.32	0.36	0.00	0.15	4.4/ 9.6	0.299
Ly/2	15	-1.06	-0.36	0.00			
15	15	-2.98	0.33	0.00	0.12	4.4/ 9.6	0.442
Ly/2	16	-2.98	-0.53	-0.19			
16	17	-3.23	-0.26	0.00	-0.07	4.4/ 9.6	0.456
Ly/2	16	-3.23	0.49	0.19			
17	10	0.26	0.00	0.00	0.00	4.4/ 9.6	0.007
	17	0.26	0.00	0.00			
18	11	-3.55	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.266
	3	-3.55	0.00	0.00			
19	3	2.02	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.097
	12	2.02	0.00	0.00			
20	12	-1.29	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.109
	4	-1.29	0.00	0.00			
21	4	0.67	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.032
	13	0.67	0.00	0.00			
22	13	-0.11	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.010
	5	-0.11	0.00	0.00			
23	5	0.40	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.033
	14	-0.40	0.00	0.00			
24	14	0.87	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.042
	6	0.87	0.00	0.00			
25	6	-1.16	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.151
	15	-1.16	0.00	0.00			
26	15	-0.32	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.026
	7	-0.32	0.00	0.00			
27	15	1.29	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.062
	8	1.29	0.00	0.00			
28	8	1.11	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.269
	16	-1.11	0.00	0.00			
29	16	-0.30	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.067
	9	-0.30	0.00	0.00			
30	16	-0.60	0.00	0.00	0.00	4.4/ 5.6	0.131
Ly/2	10	-0.60	0.00	0.00			

REAKCIJE OSLONACA

		Rx [kN]	Ry [kN]	M [kNm]
OSLONAC	10	-0.0004	0.0000	0.0000
OSLONAC	11	1.6307	6.4953	0.0000
OSLONAC	16	0.0000	2.6391	0.0000
OSLONAC	17	-3.2259	0.0000	0.0000

NAPOMENA:

* Za najnepovoljniju kombinaciju sila duz osa stapova izvedena je analiza naprezanja i utvrdjen stepen iskoriscenjapoprecnog preseka, prema sledecim izrazima:
  - za ekscentricni pritisak:
    S/Sd = w * N/(F * Scd) + M/(W * Smd) cca 1.0
  - za ekscentricno zatezanje:
    S/Sd = N/(F * Std) + M/(W * Smd) cca 1.0
  u svemu prema odredbama SRPS U. C9. 200 i 300.
* Stapovima sa naznakom "[Ly/2]" moraju se obezbediti bocne pridrzajne tacke u polovini njihovih duzina za sprecavanje izvijanja van ravni nosaca.



b

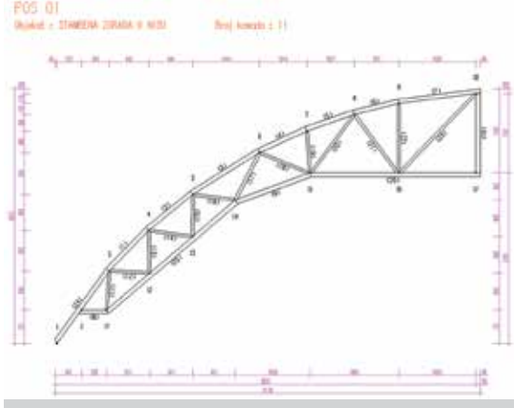
IZGLED NOSACA

PRORACUN CVORNIH VEZA I NASTAVAKA

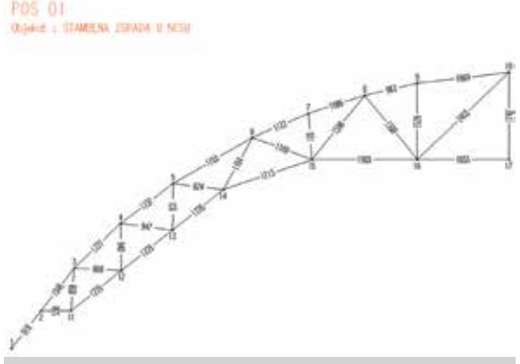
Cvor	Konekter	Dimenzije	Stap	KI veze
2	B2	6.00 / 13.50	1 - 2	0.697
			10	0.760
3	F5	18.00 / 27.00	2	0.104
			3	0.097
			18	0.244
			19	0.587
4	C3	9.00 / 18.00	3	0.451
			4	0.789
			20	0.369
			21	0.505
5	D2	12.00 / 13.50	4	0.366
			5	0.401
			22	0.080
			23	0.059
6	D2	12.00 / 13.50	5	0.321
			6	0.224
			24	0.343
			25	0.148
7	C2	9.00 / 13.50	6	0.423
			7	0.488
			26	0.066
8	F2	18.00 / 13.50	7	0.115
			8	0.177
			27	0.739
			28	0.138
9	C2	9.00 / 13.50	8	0.522
			9	0.521

			29	0.073
10	D2	12.00 / 13.50	9	0.164
			17	0.101
			30	0.624
11	D6	12.00 / 31.50	10	0.905
			11	0.704
			18	0.181
12	D2	12.00 / 13.50	11 - 12	0.343
			19	0.932
			20	0.424
13	C2	9.00 / 13.50	12 - 13	0.334
			21	0.759
			22	0.341
14	C2	9.00 / 13.50	13	0.211
			14	0.295
			23	0.072
			24	0.355
15	F2	18.00 / 13.50	14	0.150
			15	0.442
			25	0.261
			26	0.022
			27	0.706
16	F2	18.00 / 13.50	15 - 16	0.370
			28	0.607
			29	0.226
			30	0.455
17	B2	6.00 / 13.50	16	0.098
			17	0.057

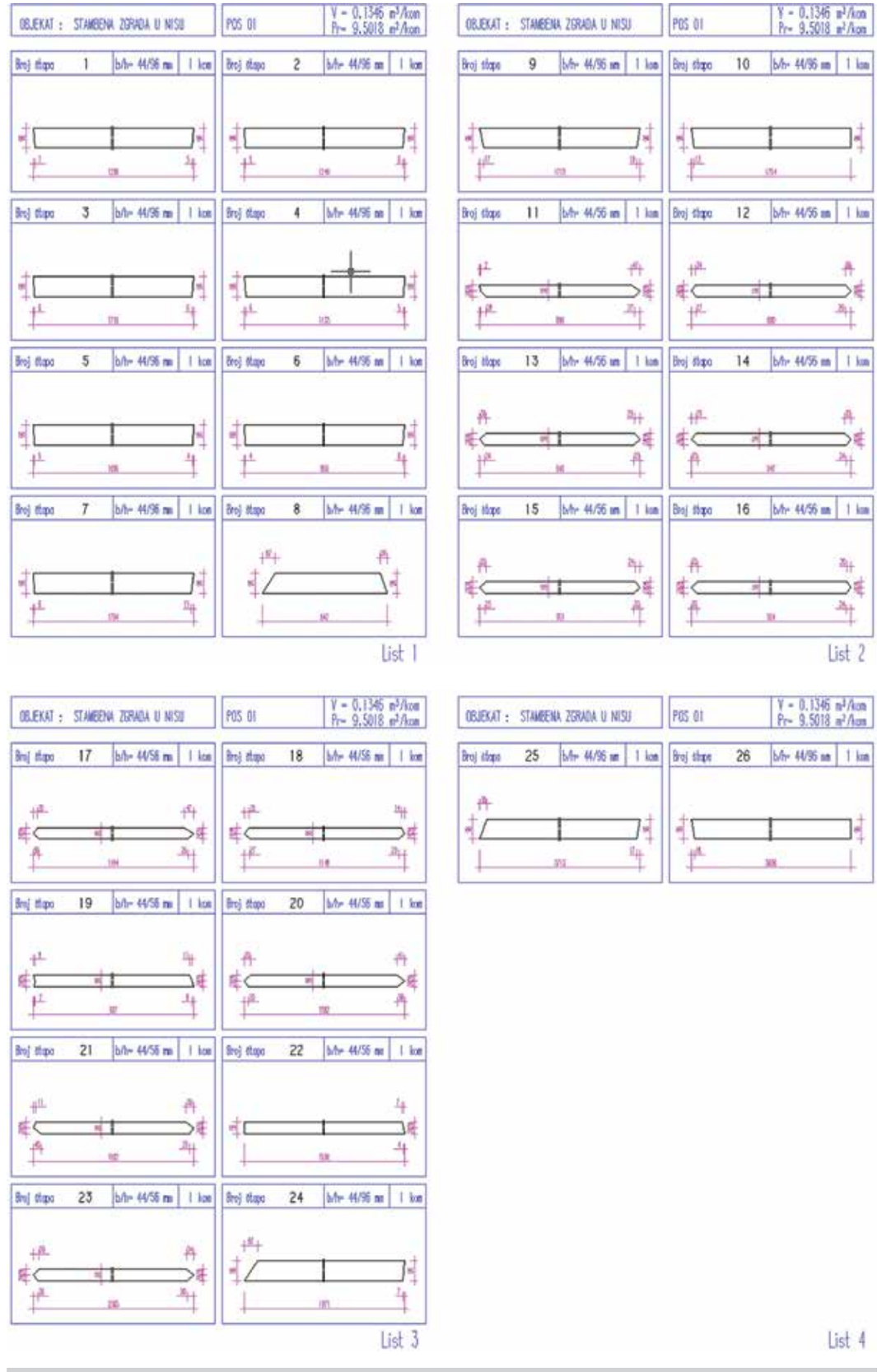
Sl. B.32 a,b. Kompletni prikaz statičkog proračuna i dimenzionisanja štapova i čvornih veza metalnim konekterima za Pos 01 stambene zgrade u Nišu – izvod iz projekta



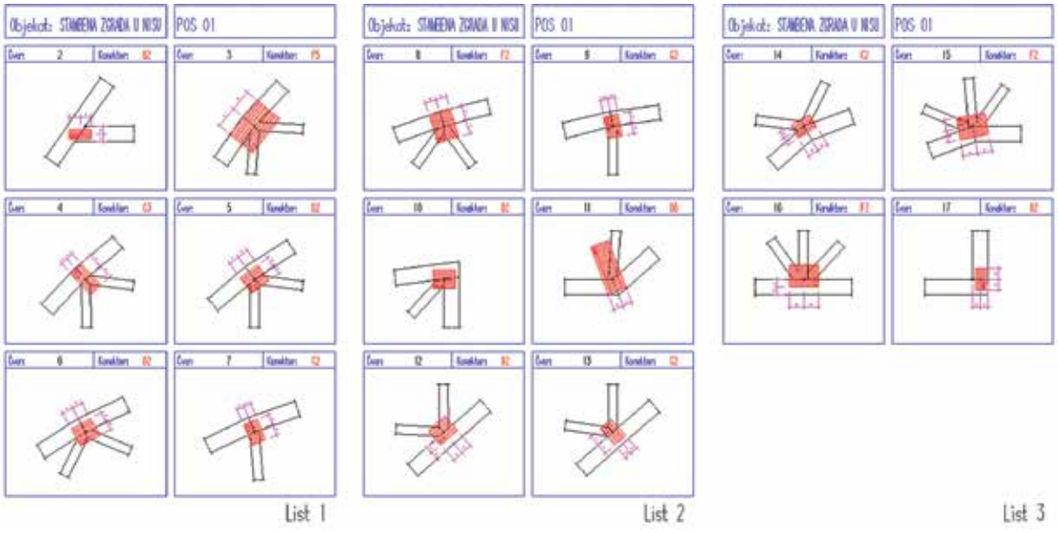
Sl. B.33. Geometrija projektovanog LKV nosača



Sl. B.34. Dispozicija čvorova projektovanog nosača



Sl. B.35. Krojna lista štapova nosača



Sl. B.35 a,b. Krojna lista štapova nosača

Rad na softverskom paketu je trajao više godina. Moj mlađi saradnik, arh. Saša Đorđević, koji je pod operativnim sistemom DOS započeo svoju programersku karijeru, pod Windows okruženjem je pokazao sav svoj raskošni stvaralački talenat. Dizajn programskog paketa, formiranje velikog broja uslužnih dijalog boksova, prelazak iz AutoCAD-a u LkvStAD i Microsoft Word su bravure koje samo veoma spretni softveraši izvode. Priznanje za uspešnu realizaciju programskog paketa, dobijeno tokom 2013. godine od informatičara kompanije „Wolf" iz Austrije koji se bave istim poslom, pokazalo je da je naša organizacija i struktura paketa veoma jednostavna, i da je, sa zanatskog aspekta, veoma dobra. Program LkvStAD je permanentno testiran i proveravan, ali i dograđivan kako bi postao pouzdana i komforna projektantska alatka. Zaključak je da nije bilo nijednog oblika nosača iz LKV palete mogućih formi koji nije mogao biti uspešno obrađen i za koji nije mogao biti sproveden statički proračun i formirana radionička dokumentacija za proizvodnju nosača. Jednom reči: napor da se formira specijalizovani softverski paket nije bio uzaludan. Dobri rezultati rada, za skoro 20 godina ekspolatacije programa, potvrdili su njegovu veliku vrednost.

TRANSFER LKV TEHNOLOGIJE

Pojava LKV konstrukcija krovova u našem graditeljstvu je bila veoma zapažena. Razlog tome leži u sinhronizovanoj akciji promocije sistema na više nivoa: reklama i propaganda koju je sprovodio GP "Integral" iz Bele Palanke, stručna prezentacija koju sam sprovodio na simpozijumima i stručnim skupovima, prezentacija sistema pisanim radovima u stručnim časopisima, nastupi na radiju i televiziji i ugrađivanje principa projektovanja LKV sistema u nastavni plan i program na predmetima iz oblasti arhitektonskog inženjerstva na Arhitektonskom fakultetu u Beogradu. Tako široka akcija na inkorporiranju novog sistema gradnje i primene drveta u našoj praksi, koju odlikuju karakteristike otvorene industrijske prefabrikacije građenja, nije ostala nezapažena. "LKV centar" postaje pravi razvojni punkt nove tehnologije i dalja implementacija sistema započinje saradnjom sa GP "Graditelj" iz Bezdana. Moram istaći da su ta dva prva građevinska preduzeća, "Integral" iz Bele Palanke i "Graditelj" iz Bezdana, značajno doprinela razvoju sistema LKV. Moj teorijski rad, propaganda pisanim radovima, analize i istraživanja imali su punu podršku čelnih ljudi ovih dveju firmi. Oba preduzeća počinju proizvodnju LKV nosača bez metalnog konektera: čvorne veze se izvode podvezama od petoslojnih furnirskih ploča kovanjem ekserima ili metalnim klamficama. Više objekata je izvedeno u toj tehnici formiranja čvornih veza, ali je to trajalo veoma kratko, jer su stekli uslovi da "Integral" osvoji proizvodnju konektera u alatnici Elektronske industrije u Nišu, a "Graditelj" u Somboru, u Metalnoj industriji "Bane Sekulić". Nosivosti konektera, prema francuskim normama, deifinisane su prethodnim laboratorijskim ispitivanjima standardnih uzoraka opterećenjem do sloma u Institutu za građevinarstvo u Subotici i u Institutu za materijale i konstrukcije pri Građevinskom fakultetu u Beogradu. Ovako organizovana proizvodnja još uvek počiva na projektovanju i konstruisanju LKV nosača samo uz pomoć programa za statičku analizu Enram.

U prvoj polovini devedesetih godina dvadestog veka, oba građevinska prduzeća posrću pod udarima nečuvene recesije na našim prostorima i prestaju sa radom. U ovakvoj situaciji LKV tehnologiju spasava mlađa generacija porodice Kujundžić. Ideja da u LKV centru započnemo proizvodnju LKV konstrukcija za mene je bila neostvariva. U to doba bio sam ortodoksni projektant konstrukcija kome operativa nije padala na pamet ni kao šala. Pomeren iz težišta projektantske struke, u kojoj sam već imao izgrađeno mesto, brzo sam shvatio svu veličinu prave ideje i svi skupa, cela naša porodica Kujundžić, latila se pionirskog posla da u sopstvenoj režiji organizuje industrijsku proizvodnju nosača, a ne samo da se bavi teorijskim razvojem ove tehnologije. Drugu polovinu poslednje decenije prethodnog veka karakteriše burni razvoj LKV tehnologije. LKV centar učestvuje na nekoliko uzastopnih sajmova građevinarstva i tu sklapa više dogovora oko transfera tehnologije u Srbiji, Bosni i Hercegovini, Crnoj Gori i Rusiji. U te svrhe, za račun LKV centra propisujem sledeće uslove za transfer tehnologije zainteresovanim partnerima:

„LKV SISTEM (žig i model konektera) je zaštićen kod Saveznog zavoda za intelektualnu svojinu, a zastupnik ovog sistema je preduzeće LKV CENTAR d.o.o. iz Beograda, ulica Bledska broj 2.
Transfer i plasman LKV tehnologije obuhvata sledeće parametre:

- *korišćenje LKV-C konektera, kao spojnog sredstva, u proizvodnji LKV konstrukcija − LKV SISTEMA, kao registrovanog patenta, u skladu sa odredbama Zakona o obligacionim odnosima i Zakona o patentima, žigovima i modelima i uzorcima SL. B.List SRJ br. 15 (24/03/95 godine),*
- *preciziranje međusobnih odnosa, obaveza i interesa u plasmanu LKV SISTEMA,*
- *isporuka opreme i softvera,*
- *servisiranje proizvodnje,*
- *stručna pomoć korisniku od strane LKV CENTRA,*
- *kupoprodajni uslovi.*

Obaveze koje prihvata LKV CENTAR pri transferu LKV tehnologije: Isporuke Korisniku, u ugovorenom roku, opreme za proizvodnju LKV konstrukcija, koju čine: hidraulička presa od 25.00 t sa agregatom za utiskivanje konektera i pokretnim portalom po kome se kreće presa, dva velika i petnaest malih radnih stolova (komplet sa stegama za fiksiranje stolova i ekscentriran za formiranje šablona), električne makaze za formatizovanje LKV-C konektera, softvera za automatski dizajn u sistemu LKV (autorizovani prgramski paket za statičku analizu, dimenzionisanje, proveru naprezanja i izradu tehničke i radioničke dokumentacije), kao i da isporuči 1.000,00 kg spojnog sredstva LKV-C konektera u tablama dimenzija 184 x 1300mm.

Pružanje sve stručne pomoći za definisanje uslova proizvodnje, obuka i priprema kadrova za ovladavanje tehnikom formiranja (proizvodnje) nosača primenom LKV tehnologije, kao i priprema kadrova za pripremu LKV konstrukcija primenom LKV programskog paketa za statičku analizu i izradu tehničke dokumentacije. Predaja korisniku sve potrebne tehničke tehnološke dokumentacije potrebne za regularnu organizaciju proizvodnje u skladu sa TEHNIČKIM USLOVIMA ZA PROJEKTOVANJE, PROIZVODNJU, TRANSPORT I MONTAŽU LAKIH KROVNIH VEZAČA – SISTEMA LKV. Izrada i dostava, po zahtevu Korisnika, potrebne detaljne tehničke i radioničke dokumentacije za proizvodnju tipskih i atipičnih oblika LKV nosača.

Neograničena isporuka LKV-C konektera, a na zahtev Korisnika. Permanentni rad na usavršavanju i poboljšanju spojnog sredstva i redovno dostavlja Korisniku izveštaja o postignutim rezultatima. Aktivno učešće u razvoju sistema, njegovom usavršavanju i u praćenju zbivanja u domaćem i svetskom



Sl. B.37. Čvorne veze lakih krovnih vezača ostvarene furnirskim pločama kovanjem



Sl. B.38. Nadgradnja stambenog objekta u Brčkom



Sl. B.39. "Domus plus" proizvodni pogon u Zagrebu, Hrvatska



Sl. B.40. Proizvodni pogon "BMP-inženjeringa" u Penzi, Rusija



a



b

Sl. B.41 a,b. Montaža prvih nosača proizvedenih u Penzi, Rusija

građevinarstvu. Pružanje bezrezervne i neophodne stručne pomoći u svakoj akciji čiji je cilj plasman i primena sistema u građevinarstvu, kao i u vršenju projektantskog nadzora u proizvodnji i montaži LKV SISTEMA. Potpuna zaštita interesa Korisnika na planu plasmana LKV sistema. LKV CENTAR zadržava pravo na samostalnu proizvodnju LKV-C konektera − specijalnog spojnog sredstva za formiranje čvornih veza ili nastavaka štapova nosača. Svoj interes i naknadu za plasman LKV tehnologije i primenu LKV-C konektera u proizvodnji LKV konstrukcija, LKV CENTAR ostvaruje putem plasmana LKV-C konektera, koje je Korisnik obavezan da koristi u organizaciji svoje proizvodnje. Obaveze koje Korisnik prihvata pri preuzimanju LKV tehnologije:

- *da organizuje proizvodnju elemenata iz Sistema LKV prema definisanim TEHNIČKIM USLOVIMA ZA PROJEKTOVANJE, PROIZVODNJU, TRANSPORT I MONTAŽU LAKIH KROVNIH VEZAČA – SISTEMA LKV i da obezbedi sve neophodne uslove za uspešnu i pravilnu proizvodnju,*
- *da kao spojno sredstvo za formiranje čvornih veza i nastavke štapova elemenata LKV konstrukcije isključivo koristi konektere tipa LKV-C, čiji je proizvođač LKV CENTAR,*
- *da za izradu tehničke, radioničke i sve druge neophodne dokumentacije koristi isključivo LKV programski paket za statičku analizu i izradu tehničke dokumentacije, čiji je autor LKV CENTAR,*
- *da proizvodnju, transport i montažu LKV nosača organizuje prema kriterijumima LKV tehnologije, da brine o standardnom kvalitetu proizvoda, da štiti ime i ugled LKV tehnologije, da u tom smislu obezbeđuje ovlašćenim predstavnicima LKV CENTRA nesmetan uvid u kompletan proces proizvodnje i primene LKV SISTEMA u celini,*
- *da razradi sopstveni sistem za marketinški nastup na tržištu, da propagira sistem u okvirima svojih mogućnosti i da u permanentnoj saradnji sa LKV CENTROM radi na unapređenju LKV tehnologije,*
- *da bez pismene saglasnosti LKV CENTRA ne može da otuđi ili prepusti LKV opremu i tehnologiju trećem licu.*
- *da štiti interese LKV CENTRA.*

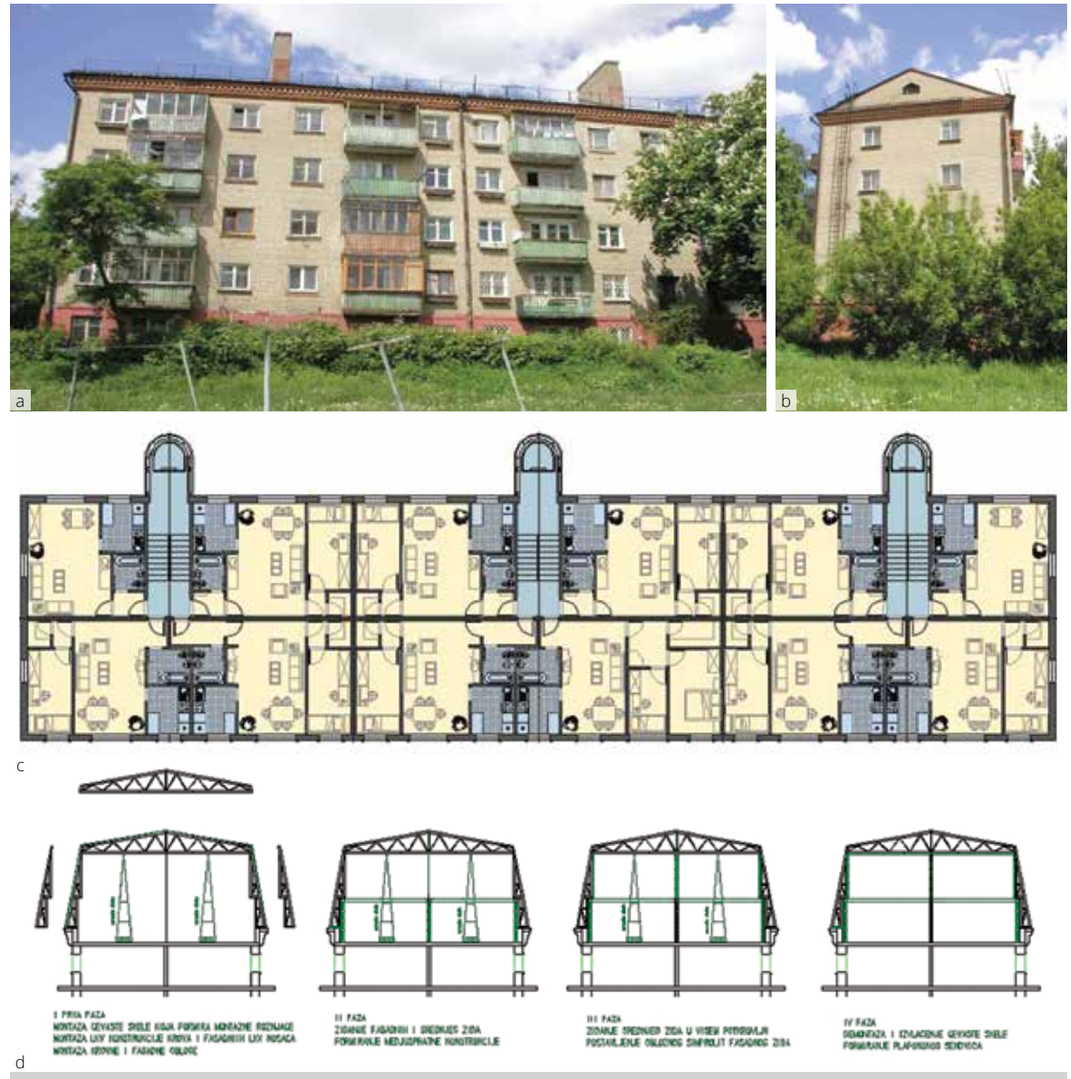
Naknada LKV CENTRU od strane korisnika, za korišćenja LKV tehnologije, opreme i softvera, u obimu koji je definisan prethodnim uslovima definiše se posebnim ugovorom o transferu. Korisnik se, takođe, obavezuje da pri proizvodnji i plasmanu LKV SISTEMA, koristi propisane kvalitete drvene građe i da se u potpunosti pridržava načela da je proizvodnja elemenata LKV sistema strogo kontrolisani tehnološki postupak, koji daje standardni kvalitet u svemu prema odgovarajućim normama i standardima, odnosno prema TEHNIČKIM USLOVIMA ZA PROJEKTOVANJE, PROIZVODNJU TRANSPORT I MONTAŽU LAKIH KROVNI VEZAČA – SISTEMA LKV, koji su sastavni deo ovog Ugovora. Eventualne štete, nastale nepoštovanjem odredaba o plasmanu i primeni LKV tehnologije, po pitanju tačnosti izrađene dokumentacije i kvaliteta proizvedenih nosača ili drugih problema, snosi ona strana, za koju se komisijski utvrdi da je štetu i prouzrokovala."

Transfer tehnologije i implementacija sistema započinje 1995. godine, saradnjom sa Drvnom industrijom "Jovanić" iz Slatine kraj Banjaluke u Republici Srpskoj. Tesarski pogon ovog preuzeća se pretvara u radionicu za proizvodnju konstrukcija u sistemu LKV sa radnim stolovima, koji su izrađeni u Beogradu i presom koju je projektovala, proizvela i isporučila industrija "Jelšingrad" iz Banjaluke. Konektori su prema Uslovima o transveru tehnologije isporučivani od strane LKV centra. Veliki broj objekata širom Republike Srpske proizveden je u ovoj industriji i sa uspehom predat investitorima. Veliku podršku ovom projektu pružili su dipl. inž. arh. Milena Davidović, direktor Zavoda za studije i projektovanje i mr Miroslav Vujatović, ondašnji direktor Urbanističkog zavoda RS-a u Banjaluci. Obnova Republike Srpske bile je u punom jeku kada je uspostavljena ova veoma korisna saradnja koja je rezultirala velikim brojem projektovanih i izvedenih objekata širom Republike Srpske. Moram pomenuti lepe krovove koje je, najčešće, projektovala arh. Davidović:

- Osnovna škola „Bora Stanković" - Banjaluka, 1998. god.
- Osnovna škola „Georgios Papandreu" - Aleksandrovac , 1999. god.
- Dom zdravlja − Laktaši (nadogradnja), 1998. god.
- Studentski domovi – Banjaluka (nadogradnja), 2001. god.
- Hemodijalizni centar − Bijeljina, 2002. god.
- Zgrada Opštine Prijedor (nadogradnja), 2001. god.
- Stambeni objekti – Banjaluka, ul. N. Pašića (nadogradnja), 2002. god.

I grad Brčko je bio paralelni centar razvoja LKV tehnologije. Veliki broj značajih konstrukcija projektovala je dipl. inž. arh. Biljana Gavrić Pere, tada zaposlena u PP "Inženjering Brčko" u Brčkom. Najveći broj krovova objekata po projektima arhitekte Gavrić Perić uspešno je izveden u Brčkom i Bijeljini u saradnji sa LKV centrom i Drvnom industrijom "Jovanić". U Republiku Srpsku su transferisane još dve opreme za proizvodnju konstrukcija u sistemu LKV. Prva za preduzeće CO NARS iz Mrčevaca blizu Banjaluke, 1998. godine i druga, 2002. godine, za Drvnu industriju "Intal" iz Milića, nedaleko od Zvornika. Tokom 2010. godine zaključen je ugovor sa Društvom sa ograničenom odgovornošću "Domus plus d.o.o." iz Zagreba o transferu LKV tehnologije, čime je ova proizvodna organizacija obogatila svoj program montažnih objekata. U Crnoj Gori, nikšićko preduzeće "Lisina", koje vodi porodica Adžić, zamenom dobara je došla do polovne LKV tehnologije stranog porekla. Mladi Nebojša Adžić, kolega arhitekta koji je diplomirao na Arhitektonskom fakultetu u Beogradu, gde se upoznao sa LKV tehnologijom, uspostavio je tesnu vezu sa "LKV centrum" i započeo pionirski put u plasiranju LKV nosača širom njegove zemlje. Ova veza, kojom je definisan transfer konektera i transfer radioničke dokumentacije za projekte koje "Lisina" ugovara, rezultirala je velikim brojem izvedenih krovnih konstrukcija na objektima kulturne baštine i na stambenim, industrijskim i sportskim objektima. U Srbiji ima više radnih organizacija koje se bave proizvodnjom konstrukcija u sitemu LKV. Kompletna oprema je transferisana samo preduzeću "Elba" iz Apatina. Druge industrije su obezbedile opremu iz inostranstva ali se snabdevaju konekterima u LKV centru, a to su "Piramida" iz Sremske Mitrovice i "Proizvodnja Dabović" iz Ivanjice.

U Penzi, „malom" ruskom gradu od oko 2 miliona stanovnika, „nedaleko" od Moske (700.00 km) živi i radi naš kolega inž. Saša Stevanović. Tokom 2005. godine njegovo rusko građevinsko preduzeće, "BMP-inženjering", dobilo je posao na nadgradnji ravnog krova većeg poslovnog objekta i on se obratio LKV centru predlogom za saradnju na tom projektu. Sklopljen je ugovor o transferu tehnologije, kojim je bila definisana stručna pomoć LKV centra u osvajanju proizvodnje u pogonu "BMP-inženjeringa", ali i obaveza da ja prisustvujem montaži prve LKV konstrukcije u Penzi i da pružim svu logističku podršku u afirmaciji novog sistema građenja na ovom delu ruske teritorije. Ugovor je potpisan, proizvodna oprema i prva količina konektera je stigla u Penzu. Instruktori "LKV centra" su pomogli oko montaže opreme i oko proizvodnje projektovanih nosača za dogradnju poslovnog objekta. Moj boravak u Penzi krajem 2005. godine imao je više nivoa rada. Osnovni zadatak da montiramo prvu konstrukciju protekao je, prema očekivanju, lako i jednostavno i nije ostao nezapažen. Vest o primenjenoj novoj tehnologiji građenja osvanula je u lokalnoj dnevnoj štampi, naravno, puna hvale. Nakon toga su usledila dva veoma ozbiljna poziva: jedan poziv od strane gradskog arhitekte grada Penze, a drugi poziv je bio predlog nastavničkog kolegijuma Univerziteta arhitekture da pred njima održim predavanje iz oblasti savremenih drvenih konstrukcija. Sastanak sa gradskim arhitektom, u njegovom kabinetu u zgradi Gradske kuće, bio je veoma interesantan. Predstavio sam LKV tehnologiju, pokazao fotografije izvedenih krovova na objektima u našoj zemlji i studiju rekonstrukcije ruskih stambenih objekata „hruščovki", koju su pret-



Sl. B.42a-h. Predlog primene LKV sistema u rekonstrukciji objekata u masovnoj stambenoj gradnji u Rusiji

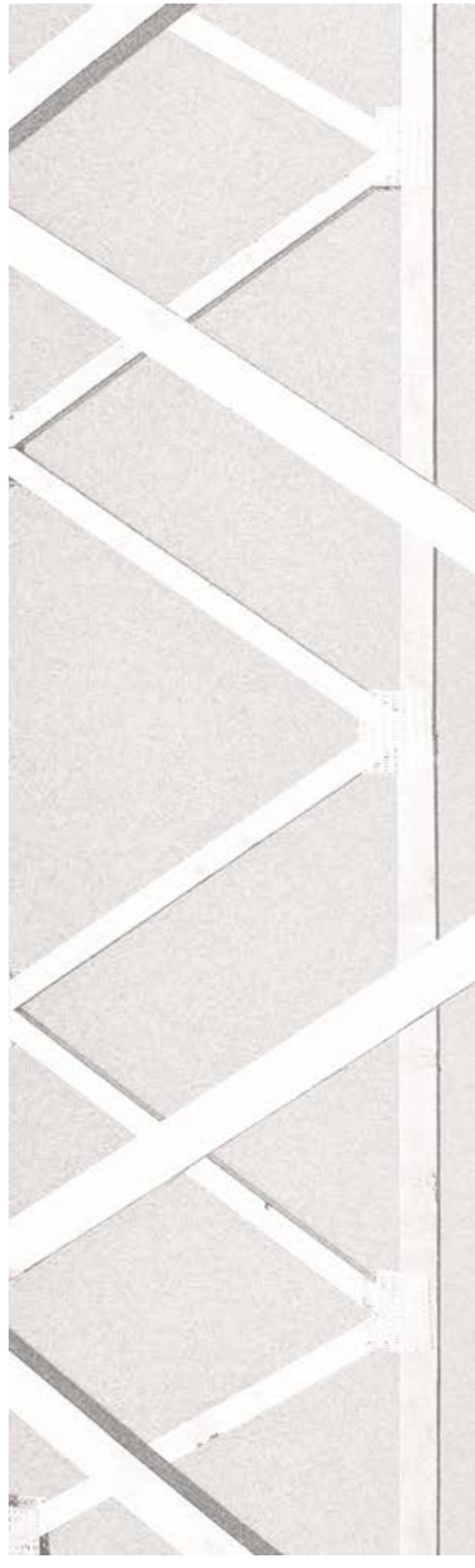
hodno radili “LKV centar” i preduzeće “Simprolit” iz Beograda. Moj domaćin inž. Stevanović i ja bili smo veoma prijatno iznenađeni kada je kolega gradski arhitekta rekao da Penza već dugo radi na problemu rekonstrukcije velikog broja socijalnih stambenih objekata, koji su se, inače, gradili širom Sovjetskog Saveza na industrijski način u vreme Nikite Hruščova. Ideja je bila da se na kućama dograde potkrovlja u koja bi se preselili stanari iz prizemlja. Prizemlja bi izmenila funkciju i postala prostor koji bi se koristio u mnoge druge svrhe. Više godine gradska uprava planira početak ovih radova, ali im je nedostajao sistem u kome bi se to sprovelo. Smatra da je LKV sistem veoma funkcionalan, ekonomičan, da se zasniva na korišćenju lokalnih resursa i da se uklapa u sve njihove planove rada. Kao potvrda uspešne prezentacije usledio je prijem kod gradonačelnika, kome je do detalja predstavljen sistem građenja koji rešava mnoge probleme grada Penze. Razvoj i primena sistema LKV u gradu Penzi u Rusiji je, nažalost, prekinut iznenadnim zdravstvenim problemima inženjera Stevanovića. U njegovom odsustvu je njegovo preduzeće posrnulo i njegove pozicije u ruskom građevinarstvu više nisu mogle da dostignu nivo koji bi omogućio razvoj i primenu jedne nove tehnologije građenja.U Svečanoj sali Univeziteta, pred kolegama profesorima, predstavio sam rezultate moga rada na promovisanju projektovanja konstrukcija u drvetu: u lepljenom lameliranom drvetu i u sistemu LKV.

Prikaz i analiza konstruktivnih sistema objekata koje sam izgradio propraćen je veoma korektnim afirmativnim komentarima, tako da sam se osećao veoma počašćenim što sam mogao da se obratim tako značajnom naučnom i obrazovnom skupu uvaženih inženjera, profesora i doktora nauka. Bilo je još nekoliko upita za transfer LKV tehnologije sa Istoka: iz Mongolije, Rusije (Завод ОАО ТРАНСЛЕС 425030 Русија, Республика Марий Эл, Звениговскии раион), iz Ukrajine (АОЗТ ТЯЖПРОМАВТОМАТИКА, Харьков) i Bugarske. Tim povodom sam putovao u Mongoliju i rusku republiku Marij El, ali do transfera tehnologije nije došlo.


e


f


g

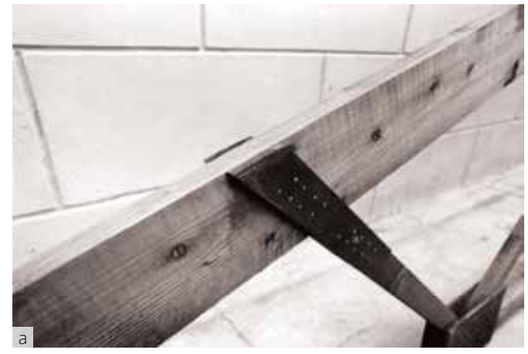


C. FRAGMENTI LKV OPUSA

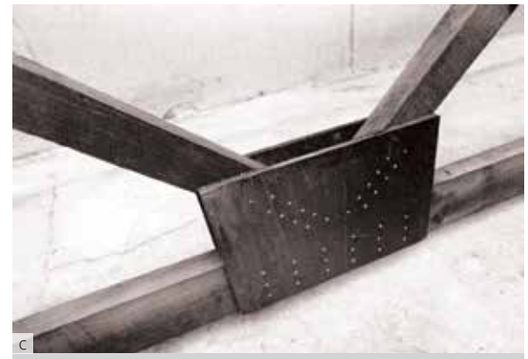
Primena LKV sistema u gradnji krovova započela je, naravno, u Beloj Palanci. Nekoliko manjih krovova nad prizemnim objektima i složeniji krov nad belopalanačkim Domom zdravlja izvedeni su u kovanoj tehnici sa furnirskim čvornim pločama. Prvi nosači sa metalnim konekterima napravljeni su za konstrukciju štanda na beogradskom Sajmu tehnike 1985. godine, zahvaljujući divnom gestu mog mlađeg kolege iz Skoplja, prof. dr Kirila Gramatikova. On nam je prepustio Projektovanju konstrukcija krovova u sistemu LKV sam poklanjao veoma veliku pažnja. Radio sam na sistematizaciji i standardizaciji oblika krovnih vezača, na formiranju algoritama za izradu radioničke dokumentacije prema detaljnoj statičkoj analizi sistema, na dimenzionisanju štapova rešetkastih vezača i na dimenzionisanju i pozicioniranju metalnih konektera u čvorovima sistema. Stvorili smo, eto, na samom početku razvoja sistema platformu zasnovanu na teoriji i praksi. Tokom 1993. godine obreo sam se ponovo u Parizu, takođe u vreme odvijanja sajma građevinarstva "Batimat". Obišao sam i Tehnički centar za drvo i tokom posete pokazao naš metalni konekter. Iznenađenju francuskih kolega nije bilo kraja. Objasnili su mi da Francuska u to doba nije imala sopstvenu proizvodnju konektera, da je to veoma sofisticirana tehnologija i da se u Francuskoj koriste sistemi malog broja multinacionalnih kompanija koji se bave tom tehnologijom. Odali su mi priznanje za smelost da se upustim u realizaciju takvog spojnog sredstva čija proizvodnja nosi veliki rizik. Nisam znao da je to tako specifična tehnologija, pa sam se, eto, upustio u formiranje konektera čije su se pozitivne izvesnu količinu konektera, koje nije upotrebio pri izradi modela montažnih kuća, koje je ispitivao u okviru svog naučnoistraživačkog projekta. Konektere je dobio iz slovenačkog preduzeća "Olga Meglič", koje ih je u to doba proizvodilo. Ovo učešće na Sajmu i prezentacija nove tehnologije u našem graditeljstvu nije ostavilo ravnodušnim posetioce Sajma, arhitekte i građevince. Veliko interesovanje rezultiralo je i pozivima društava inženjera i arhitekata iz mnogih gradova Srbije, sa molbama da se održe promotivna predavanja iz oblasti projektovanja i izvođenja radova na implementaciji sistema LKV. Dobra prateća ekonomska propaganda preko lokalnih radio-stanica u Nišu doprinela je da se o LKV sistemu ne samo priča, već i da se sistem primenjuje u projektima, a zatim u izgradnji krovova. Najveći marketinški uspeh je dostignut pretvaranjem ravnog krova Vatrogasnog doma u Nišu u krov sa kosim ravnima, primenom LKV sistema. Svaka sumnja u mogućnost efikasne protivpožarne zaštite drvenog krova ovim projektom je otklonjena.

Montažom opreme u proizvodnoj hali "Integrala" u Beloj Palanci, primena sistema vrlo brzo postaje nezaobilazna tehnologija građenja kosih krovova u drvetu. Veliki broj manjih stambenih objekata i većih školskih, industrijskih i skladišnih hala u centralnoj Srbiji dobija nove kose krovove. U Beloj Palanci se na proizvodnoj hali Fabrike tekstilnih mašina "Budućnost" sanira ravni krov sa dotrajalom hidroizolacijom tako što se gradi krov sa kosim ravnima primenom sistema LKV. Na isti način se saniraju brojni proizvodni i industrijski objekti, poput Toplane "Termokos" u Prištini, velikog skladišnog objekta Trgovinskog preduzeća "Stoteks" u Nišu i brojnih proizvodnih hala kompanije "Imlek" u Padinskoj Skeli kraj Beograda.

Na drugoj strani, preduzeće "Graditelj" iz Bezdana realizuje, najpre, projekat sanacije krovnog pokrivača ravnog krova na hali za proizvodnju sokova fabrike Apatinske pivare, izgradnjom konstrukcije kosog krova sa krovnim pokrivačem od rebrastog aluminijumskog lima. Ovaj veliki dvovodni krov i krov nove proizvodne hale, namenjene proizvodnji LKV konstrukcija u okviru proizvodnog pogona GP "Graditelj" u Bezdanu, formira se od rešetkastih nosača u kovanoj tehnici sa čvornim višeslojnim furnirskim pločama. Stečena iskustva u proizvodnji i montaži ovih krovnih konstrukcija postaju baza za dalji razvoj LKV tehnologije. Inženjeri alatničari fabrike "Bane Sekulić" u Somboru veoma


a


b


c

Sl. C.1a-c. Čvorne kovane veze prvog lakog krovnog nosača u produkciji „Integrala" iz Bele Palanke



a

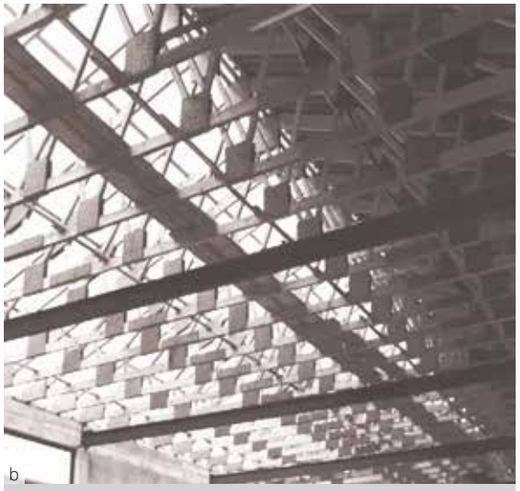


b

Sl. C.2a,b. Krov na Vatrogasnom domu u Nišu



a



b

Sl. C.3a,b. Krov na proizvodnoj hali GP "Graditelj" u Bezdanu



a



b



c



d

Sl. C.4a-d. Rekonstrukcija krova na Apatinskoj pivari

predano rade na izradi alata za proizvodnju konektera. Moje česte posete fabrici, u pratnji izuzetno angažovanog direktora GP "Graditelj", građ. inž. Silvestara Horvata, veoma pomažu u oblikovanju alata kojim se rešavaju problemi zaostalih naprezanja i neželjenih povratnih deformacija izbijenih zubaca konektera, problemi orijentacije neizbežnih prslina oko korena zubaca, u definisanju funkcije prese za utiskivanje konektera i oblikovanju radnih stolova na kojima se proizvode LKV nosači.

U ovom razvojnom periodu, nakon izvedenih krovova nad objektima različite funkcije, formiraju se dve velike grupacije krovova, i to krovovi bez korisnog tavanskog volumena i krovovi nad korisnim prostorom prizemlja ili iznad najviše etaže u višespratnom objektu ili nad potkrovljem.

KROVOVI BEZ KORISNOG POTKROVLJA

Prva kategorija krovova se izvodi nad prizemljem ili nad najvišom, najčešće betonskom tavaničnom konstrukcijom. Formiraju se kose ravni krovova objekta u izgradnji ili pri pretvaranju ravnih krovova postojećih objekata sa dotrajalom hidroizolacijom. U zavisnosti od dispozicije rebara i podvlaka, izvedene betonske konstrukcije objekta, od konstruktivnog sistema objekta, usvajan je i konstruktivni sistem LKV konstrukcije. Oslonci LKV krovne konstrukcije, koja formira kose krovne ravni nad postojećim ravnim krovom, projektovani su nad podvlakama ili rebrima betonske konstrukcije. Na taj način, u osnovnoj postojećoj betonskoj konstrukciji uticaji na nju od klimatskog opterećenja se ne menjaju. Elementi krovnih ploča livenih na licu mesta ili formiranih u tehnici montažnih elemenata (betonske prefabrikovane ploče, durisol ili siporeks tavanični elementi) i vrlo često betonska rebra, ostaju rasterećeni od spoljnih uticaja. Ukupno dopunsko stalno opterećenje od novog konstruktivnog sistema i limenog krovnog pokrivača od oko 0.30 kN/m2 predstavlja, takoreći, zanemarljivo povećanje naprezanja u betonskoj konstrukciji objekta i njenim temeljima. Proračuni betonske krovne konstrukcije za objekte projektovane na lokacijama manje nadmorske visine od 500 m su u analizi opterećenja imali čuveni stavku: "... od snega i vetra ..... s + w = 1.10 kN/m2 ". Ovakva analiza opterećenja je obezbeđivala dogradnju kosog LKV krova nad postojećim ravnim krovom bez ikakvih intervencija na ojačanju postojeće konstrukcije. Budući da su za novi krovni pokrivač primenjivani različiti oblici TR krovnih limova, sa veoma malim nagibima krovnih ravni, vetar je na novu krovnu konstrukciju imao, skoro uvek, odižući uticaj, što je smanjivalo, a ne povećavalo, ukupno gravitaciono opterećenje betonske konstrukcije. Problem odizanja konstrukcije pod dejstvom vetra, bez prisustva opterećenja od snega, koji se tom prilikom javljao, uslovljavao je veoma pažljivo projektovanje i izvođenje ankernih oslonačkih veza LKV nosača i betonske konstrukcije. Pri pretvaranju ravnih krovova objekata u krov sa kosim krovnim ravnima primenjivana su dva osnovna LKV sistema:

Standardni trouglasti oblici LKV nosača i LKV nosači sa zakrivljenom osom štapova gornjeg pojasa

Oblik klasičnih LKV jednovodnih ili dvovodnih sistema, poprečno lociranih na malom međusobnom razmaku, dozvoljavao je primenu krovnih letava dimenzija 5.0 x 5.0 cm. Formirane krovne ravni su bile klasični oblici dvovodnih krovova ili su to krovovi zakrivljenog, cilindričnog (bačvastog) oblika.Primenjeni oblici jednovodnih krovnih LKV nosača pri formiranju dvovodnog krova bili su raznovrsni. Dizajnirani su iz transportnih uslova, iz uslova lake montaže i ekonomične proizvodnje. Karakteristični oblici ovih nosača korišćeni su u zavisnosti od zahteva projektanata, i mogli su imati i zakrivljeni (cilindrični, bačvasti) oblik, a mogli su biti formirani i nad ovalnim osnovama objekata.



Sl. C.5. Primena klasičnih dvovodnih LKV nosača na sanaciji krova objekta u sastavu Univerziteta u Novom Sadu



a



b



Sl. C.7. Krov Osnovne škole "Vojvoda Stepa" u Kumodražu, Beograd



Sl. C.9. Sanacija ravnog krova stambene zgrade u Smederevu



c



d



e



f

Sl. C.6 a-f. Sanacija krovova stambenih objekata u Valjevu nakon bombardovanja 1999. godine



Sl. C.8. Krov Osnovne škole "Jovan Miodragović" na uglu ulica Vojvode Dragomira i Mileševske, Beograd



a



b



c

Sl. C.10 a-c. Bačvasti oblik krovne konstrukcije nad segmentom osnove Instituta za biološka istraživanja "Siniša Stanković" u Beogradu – III faza dogradnje



Sl. C.11. Dvovodoni nosači nad razuđenom osnovom objekta u Ulici Pavla Papa, Beograd



a



b



c



d



e

Sl. C.12 a-e. Sanacija ravnog krova objekta Pošte u Rakovici, Beograd



a



b



c

Sl. C.13 a-c. Dvovodni LKV krov na zgradi nove bolnice u Bijeljini

Sistem rešetkastih rožnjača

Kod većih gabarita, u osnovi objekata razvijen je oblik rešetkastih rožnjača sa međusobnim rastojanjem u zavisnosti od primenjenog poprečnog preseka krovnih TR limova i njihovog dozvoljenog raspona za nosač preko više polja. Ovi LKV nosači su orijentisani popreko na pad krovnih ravni i nalaze se na mestu koje imaju krovne letve u klasičnoj krovnoj konstrukciji sa drvenim rogovima i krovnima stolicama. Karakteriše ih veoma jednostavna i ekonomična industrijska proizvodnja, jer svi nosači u strukturi krova imaju iste dimenzije rešetkaste prečke. Različite visine krajnjih vertikala rešetkastog nosača nisu ni od kakvog uticaja na postupak proizvodnje LKV konstrukcije, jer su svi čvorovi nosača, koje treba vezati LKV konekterima nad fiksiranim radnim stolovima. Stupci – krajnje vertikale LKV nosača se preklapaju u dva susedna polja i omogućuju jednostavno ankerisanje za prethodno ugrađen oslonački okov. Takav dvodelni štap, samo ukovan po visini, ima veoma povećanu otpornost na izvijanje, što ga čini stabilnim i kada se ne nalazi u sistemu podužnih spregova sistema za ukrućenje konstrukcije. Kod malih početnih visina krova uz fasadnu ravan objekta nije moguće postaviti rešetkastu rožnjaču bez produžene vertikale, pa se na tom sektoru, od olučne horizontale do prve udvojene rešetkaste rožnjače, primenjuju jednovodni LKV nosači. Ovi kratki nosači stoje na međusobnom rastojanju od oko 1.0 m i nose krovni pokrivač preko klasičnih krovnih letvi.Takva kombinacija u primeni oblika nosača je i dalje ekonomski veoma opravdana, jer se na sektorima duž obe podužne fasadne ravni montiraju nosači iste geometrije. I svaka druga kombinacija rešetkastih rožnjača sa klasičnim drvenim rogovima ili različitim oblicima jednovodnih LKV nosača može dati veoma zanimljiv odgovor na svaki zahtev projektanta u pogledu geometrije oblika krova – pete fasade objekta. Sanacija dotrajale hidroizoalcije na ravnim krovovima se može izvesti na samo dva dobra moguća načina: primenom savremenih sistema za hidroizolaciju ravnog krova i pretvaranjem ravnog krova u krov sa krovnim ravnima primenom klasičnih krovnih pokrivača, počev od ravnog lima na daščanoj podlozi do primene biber ili falcovanog crepa. Prva varijanta je rešenje sa, opet, ograničenom trajnošću i bez jednostavne sanacije i popravke kvaliteta termoizolacije ravnog krova. U drugom slučaju, formiranjem kosih krovnih ravni sa klasičnim krovnim pokrivačima, praksa je to već potvrdila, postiže se dugotrajnija zaštita objekta od klimatskih uticaja sa jednovremenim podizanjem kvaliteta i termičke zaštite tog objekta. Iz tih, praktičnih razloga, primena LKV sistema pri sanaciji ravnih krovova je opravdala sva očekivanja investitora čiji su objekti bili ugroženi od prodora oborinskih voda. Primeri saniranih krovova koje sam prikazao u ovom poglavlju su samo izvadak iz spiska veoma velikog broja, posebno industrijskih objekata, koji su trajno zaštićeni primenom sistema LKV. Veoma veliki broj različitih oblika ovih nosača, čiji je statički sistem prosta greda, obogatio je arhitektonski izraz mnogih objekata, projektovanih sa ravnim krovom, bolje reći, bez krova.



Sl. C.14. LKV konstrukcija u sistemu rešetkastih rožnjača na industrijskom objektu u Subotici



c



a



d



b



e

Sl. C.15a-e. Konstruktivni sistem rešetkastih rožnjača na krovu objekta Slobodne carinske zone u Šapcu



a



b

Sl. C.16a,b. Kosi LKV krov na proizvodnom objektu u krugu preduzeća "Galenika – Fitofarmacija" u Beogradu



a

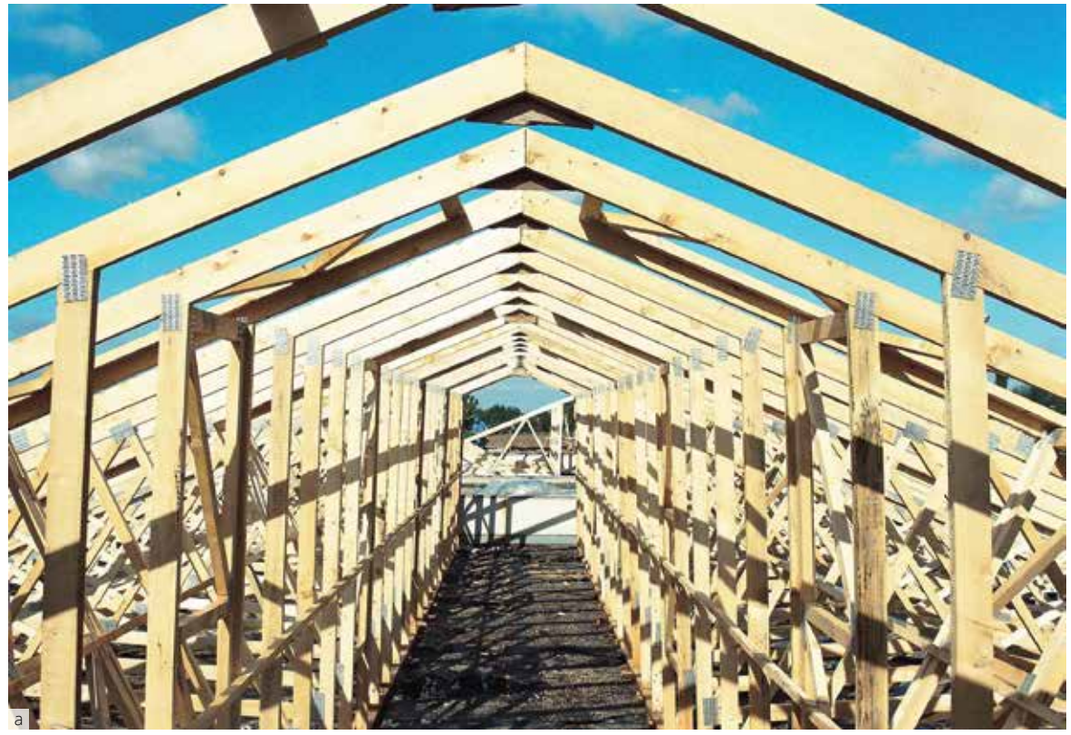


b



c

Sl. C.17a-c. Struktura krova na Sportskom centru "Košutnjak" u Beogradu



a



b



c



d



e

Sl. C.18a-e. Kombinacija jednovodnih nosača i rešetkastih rožnjača na sanaciji ravnih krovova objekata Instituta za kukuruz u Zemun polju






Sl. C.18a-e. Kombinacija jednovodnih nosača i rešetkastih rožnjača na sanaciji ravnih krovova objekata Instituta za kukuruz u Zemun polju

KROVOVI NAD KORISNIM PROSTOROM

Ovu vrstu krovnih konstrukcija čini više različitih podsistema LKV konstrukcije čiji je zadatak da pokriju ili prekriju koristan prostor čija je utilitarna funkcija raznovrsna: od krovne konstrukcije nad prizemnim jednobrodnim stambenim, školskim, industrijskim, skladišnim, poljoprivrednim i sličnim objektima, do krovova nad razuđenim osnovama prizemnih i spratnih objekata najrazličitije namene.

Krovne konstrukcije u sistemu LKV tipa proste grede

Osnovni oblici ovih krovnih sistema su preuzeti iz davno definisanih oblika čeličnih rešetkastih nosača. To su trouglasti, simetrično trapezasti ili pravougaoni oblici rešetkastih nosača u svim mogućim varijacijama. U mojoj praksi pokrivali su raspone do 16.00 m, s tim da su ekonomski najopravdaniji rasponi između 10.00 i 12.00 m, u zavinosti od nagiba krovnih ravni, projektovanog tipa krovnog pokrivača i pripadajućeg klimatskog opterećenja.

Iz uslova minimalnog utroška drvne građe po jedinici površine osnove krova, sproveo sam obimne strukturalne analize oblika ispune ovih nosača. Ustanovio sam da je ispuna u sistemu dijagonala opravdano rešenje pod uslovom da razmak čvorova duž štapova gornjeg pojasa ne bude veći od 2.0 m. Ovakvi LKV nosači, uz teške krovne pokrivače i na lokacijama do 500 m nadmorske vis-




Sl. C.20a,b. Montaža osnovnog oblika dvovodnog trouglastog LKV nosača





Sl. C.21a-c. Izvedene krovne konstrukcije u sistemu LKV nad skladišnim i poljoprivrednim objektima



Sl. C.22a-e. Krovna konstrukcija nad sportskom dvoranom u Rumi



Sl. C.23a-c.Trapezasti LKV nosači nad jednobrodnom industrijskom halom u Zemunu



Sl. C.24a,b. Trapezasti LKV nosači sa prepuštenim štapovima gornjeg pojasa koji formiraju strehu na industrijskim halama "Gaj" u Zemunu



Sl. C.25a,b. Formiranje jednovodnog i dvovodnog krova jednovodnim simetričnim trapezastim LKV nosačima na ankesu Više elektrotehničke škole u Beogradu



Sl. C.26a-c. Organizacija krovne LKV strukture nad dvobrodnom halom u Pečenjevcu kraj Leskovca

ine bili su veoma vitki, sa potrošnjom drvne građe manja od 3.0 cm/m2 osnove. Kod objekata većih raspona prosta trouglasta forma nosača dvovodnog krova prerasta u uslovno trapezasti oblik. Ovu formu praktično čine dva trapeza postavljena simetrično ili asimetrično u odnosu na vertikalu, koja prolazi kroz slemenu tačku krova. Štapovi gornjeg i donjeg pojasa u oslonačkim čvorovima su razmaknuti po vertikali ugradnjom bočnih vertikala i, retko, bočnih dijagonala. Na taj način se izbegava pojava smičućih naprezanja u konekteru koji povezuje štapove gornjeg i donjeg pojasa u oslonačkom čvoru trouglastog rešetkastog nosača. Prva padajuća dijagonala ima veći ugao nagiba od ugla nagiba štapova gornjeg pojasa, samim tim i manju normalnu silu, te su čvorne veze u sektoru oslonaca ekonomičnije i elegantnije.

Dvovodne krovove nad dvobrodnim objektima sam izvodio parom pravih trapezastih nosača, simetričnih ili asimetričnih iz uslova dispozicije izvedenog podužnog srednjeg oslonca. Analize koje sam sprovodio pokazuju da je moguće ekonomično formirati i Gerberov rešetkasti nosač u slučajevima kada to transportni uslovi dozvoljavaju. Montažni Gereberov zglob se izvodi na prepustu dužeg nosača, preko jednostavne limene papuče. U tom slučaju se dobija konstrukcija ekonomičnija od konstrukcije koju čine dva jednovodna trapezasta nosača sistema proste grede. Trapezasti nosači nastaju pri većim rasponima i pri manjim nagibima krovnih ravni. Ispuna i dalje ostaje dijagonalna, s tim da je prva dijagonala sa velikom pritiskajućom silom padajuća, kako bi se u čvornoj vezi deo sile preneo kontaktom i rasteretio konekter – spojno sredstvo. Potreba za izgradnjom ekonomičnih socijalnih stanova na teritoriji Srbije stavlja u prvi plan primenu LKV nosača u nadgradnji stambenih objekata veće spratnosti u stambenom naselju Konjarnik u Beogradu, u prvoj polovini devedesetih godina prošlog veka. Nastavlja se nadgradnjom Učiteljskog naselja, rekonstrukcijom i dogradnjom blokova Studentskog grada, takođe u Beogradu, rekonstrukcijom i adaptacijom mnogih školskih, sportskih i industrijskih objekata širom Srbije. To je doba kada se u sistemu LKV gradilo i do 100.000 m2 godišnje. Učesnici u ovoj velikoj građevinskoj akciji bila su preduzeća "Integral" iz Bele Palanke, "Graditelj" iz Bezdana, nekoliko manjih građevinskih operativa i, kasnije, "LKV centar" iz Beograda.

Nakon statičke analize koju sam detaljno sproveo, pokazalo se da je konstruktivni sistem izgrađenih stambenih blokova u montažnom betonskom sistemu bio u stanju da prihvati opterećenja od nove krovne konstrukcije, koja se oslanjala na fasadne dograđene zidove, od novih pregradnih zidova, plafona, podova i novog korisnog opterećenja bez ikakvih ojačanja nosive verti-



Sl. C.27a-d. Dvovodni kaskadni krov nad hladnjačom u Arilju, formiran od jednovodnih LKV nosača



Sl. C.28a-c. Dogradnja mansardnog oblika na objektima osnovnih škola na Banovom brdu u Beogradu



Sl. C. 29. Uspešna nadgradnja dela stambenog naselja Konjarnik, neposredno uz auto-put u Beogradu

kalne konstrukcije objekata i njihovih temelja, pod uslovom da se odstrane svi slojevi ravnog krova, posebno betonski sloj za pad i da, pritom, objekat ima najmanje dve stambene etaže. Ovi uslovi su ispunjeni i projekat nadgradnje objekata ovog naselja je uspešno realizovan.

Primena LKV konstrukcija imala je dva odvojena nivoa: krovnu i fasadnu konstrukciju. Krovni LKV nosači su bili sistema proste grede i oslanjali su se na fasadne zidane zidove od siporeksa, sa ugrađenim seizmičkim stupcima i sa serklažnom betonskom gredom, koja je nad fasadnim otvorima dobijala funkciju nadprozornika. Trapezasti LKV nosači su po štapovima gornjeg pojasa bili podaščani, čime je izvršena odlična monolitizacija kosih krovnih ravni u ulozi sprega za ukrućenje pritisnutih štapova LKV nosača. Krovni lim se jednostavno montirao po ovoj daščanoj podlozi. Drugi, vertikalni nivo LKV konstrukcije, činili su fasadni LKV nosači, koji su imali ulogu da formiraju, zajedno sa krovnim nosačima, mansardni oblik potkrovlja, u stvari, sakrivenu dopunsku etažu objekta.

I jedan i drugi nivo LKV konstrukcije imaju i dopunsku funkciju: između fasadnog zida i fasadnog nosača, odnosno između gornjeg pojasa krovnog nosača, koji je nosio krovni pokrivač i njegovog donjeg pojasa, koji je nosio plafonski sendvič u čijem sastavu je bila ugrađena izdašna termoizolacija od slojeva mineralne vune, formiran je vetreni vazdušni prostor, čime je termička otpornost konstrukcije krova dobila na sjajnom kvalitetu. Iskustva koja sam stekao nadogradnjom stambenih blokova u naselju Konjarnik bila su baza za projekat rekonstrukcije i dogradnje blokova u Studentskom gradu u Beogradu. Postavljeni uslovi dogradnje blokova bili su sada složeniji, jer je IV blok bio najpre detaljno adaptiran i renoviran, a kasnije je odlučeno da se dotrajali krovni pokrivač od salonita zameni novim krovnim pokrivačem po konstrukciji koja će omogućiti formiranje niza novih studentskih stambenih jedinica u potkrovlju. Osnovni zadatak, takoreći imperativ, bio je da rekonstrukciju krova treba izvesti na način koji mora obezbediti sigurnost od prokišnjavanja plafonske tavanice rekonstruisane stambene etaže i sprečiti njeno oštećenje od prodora kišne vode tokom izvođenja radova.

Taj zadatak sam rešio tako što su duž oba fasadna zida izvedene kontinualne čelične rožnjače oslonjene na niz čeličnih fasadnih stubova. Čelični stubovi i fasadne rožnjače kutijastog poprečnog preseka bile su sračunate na opterećenje od sopstvene težine LKV konstrukcije i montiranog krovnog TR rebrastog lima. Proces montaže sam definisao po sledećem redosledu:

- Samo na mestima oslanjanja metalnih stubova probijen je krovni salonit i kroz te otvore su montirani metalni stubovi. Prostor rupe oko stuba se lako zatvara pred moguću nepogodu.
- Prečke – rožnjače su postavljene po stubovima. Veza stuba i prečke je zavarena na licu mesta.
- Na platou pored objekta formirani su paketi od po 6 komada LKV nosača, jednog sprega za ukrućenje u krovnim ravnima i dijagonalnim štapom po jednoj od dijagonala koje se utapaju u



a



b

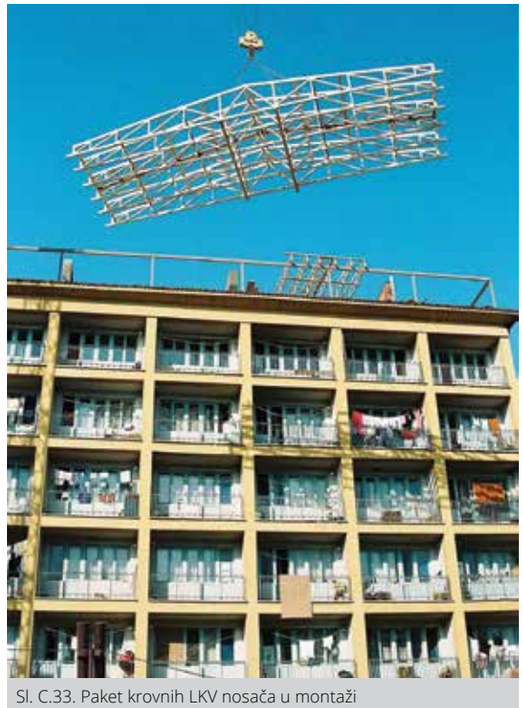
Sl. C.30a,b. Sistem LKV fasadnih nosača u funkciji oblikovanja mansardnog oblika krova na objektima na Konjarniku u Beogradu i na objektima Studentskog grada na Novom Beogradu



Sl. C.31. Paket LKV nosača u fazi pripreme za montažu na krovu objekta



Sl. C.32. Paket LKV nosača u fazi dizanja



Sl. C.33. Paket krovnih LKV nosača u montaži

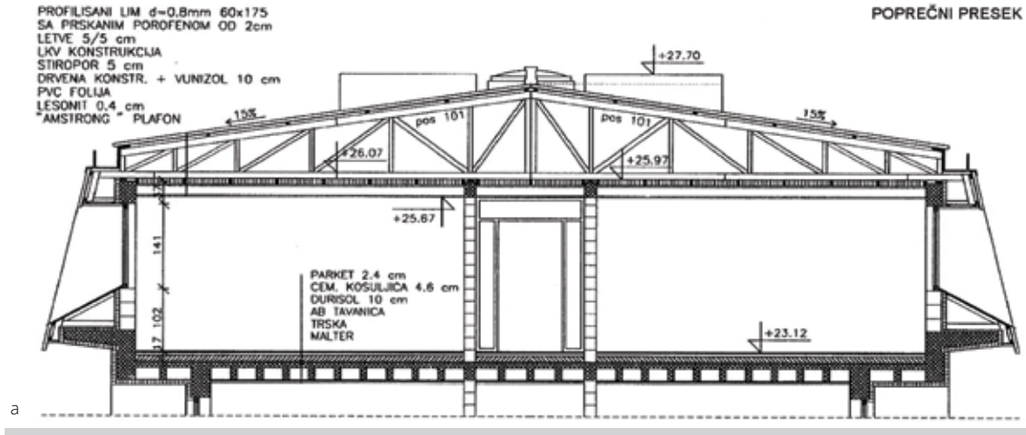


a

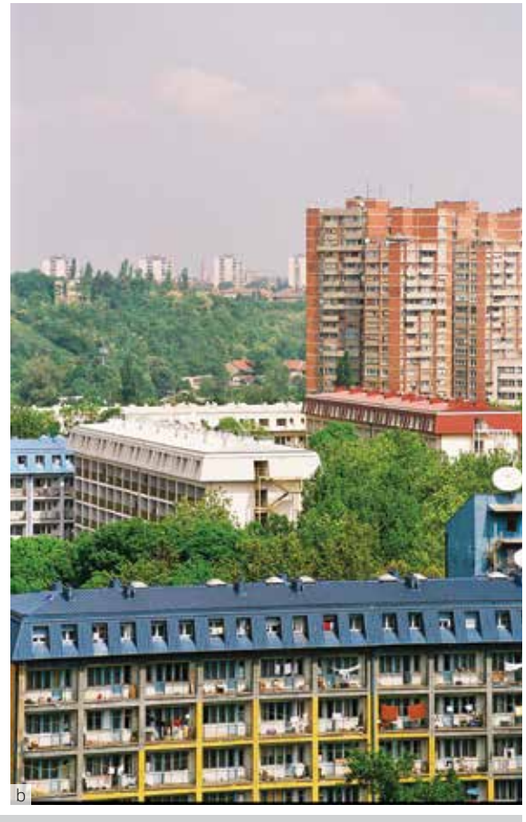


b

Sl. C.34a,b. Montaža LKV konstrukcije krova i krovnog pokrivača



a



b

Sl. C.35a-b. Izvedeni krovovi u sistemu LKV nad stambenim blokovima u Studentskom gradu u Beogradu

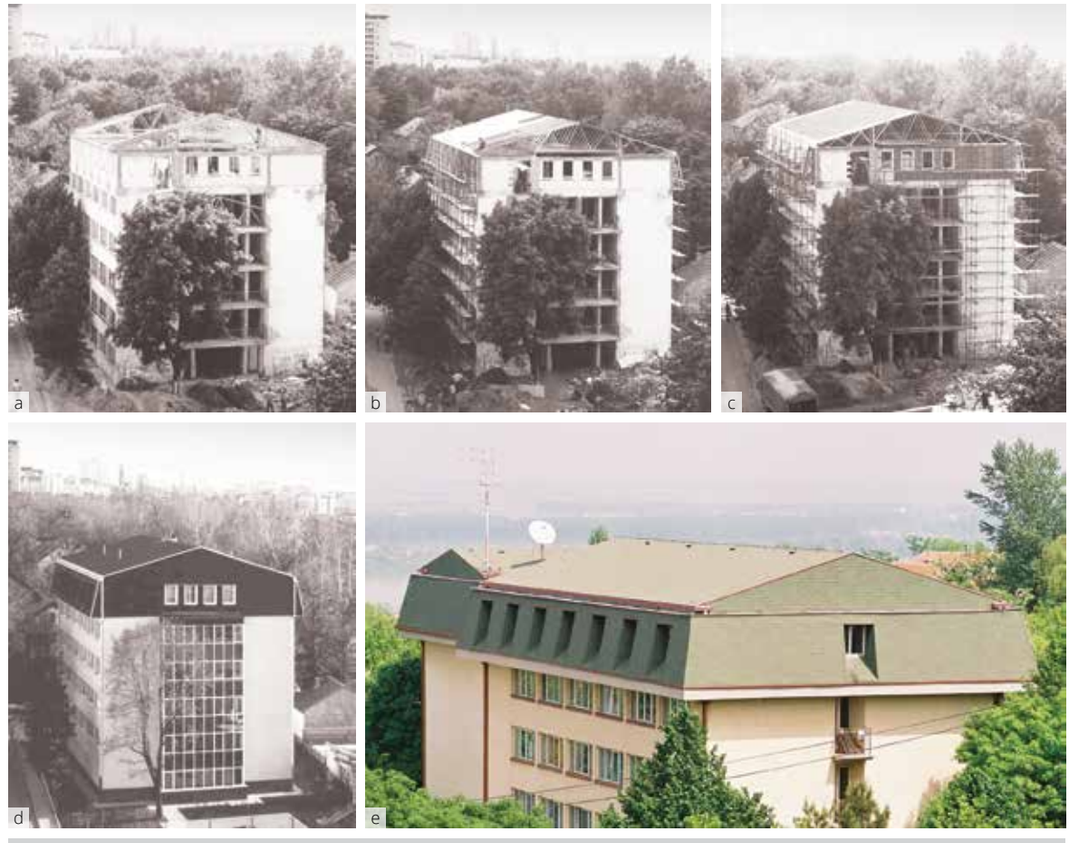
temeni čvor rešetkastog sistema. Kose krovne ravni su letvisane, čime je paket potpuno prostorno ukrućen.
- Po montaži paketa, krovne ravni se odmah pokrivaju predviđenim krovnim pokrivačem.
- Nakon izvedenih radova na montaži krovnih LKV nosača i pokrivanju krova, zidaju se nosivi fasadni zidovi i betoniraju fasadni stubovi i fasadni serklaž, tako da čelična fasadna konstrukcija postaje kruta armature u betonskim presecima stubova i serklaža.

Fasadni nivo LKV konstrukcije je formirao fasadne kose ravni, koje su sa krovnim dvovodnim nosačima ostvarile oblik mansardnog krova nad potkrovljem, u svemu prema principima primenjenim na nadogradnji stambenih objekata u naselju Konjarnik u Beogradu. Projekat rekonstrukcije i nadgradnje stambenih blokova u Studentskom gradu u Beogradu je uspešno realizovan uz ispunjenje svih projektnim zadatkom postavljenih uslova. Adaptacija i rekonstrukcija objekata studentskog standarda na teritoriji grada Beograda je bila sveobuhvatna akcija, tako da su, u nastavku rada, izgrađeni novi krovovi i stambena potkrovlja na dva bloka Studentskog doma "Patris Lumumba" na Zvezdari i na Studentskom domu "Vera Blagojević" u Beogradu. Izgrađen je i novi krov nad sportskom dvoranom Studentskog doma "4. april" na Voždovcu.

Investitor nadgradnje stambenog bloka u Jevrejskoj ulici u Beogradu je zahtevao da fasadni nosači budu nosivi i da se plafonski termoizolacioni sendvič izvede po vertikalnim unutrašnjim štapovima tih nosača. Zahtev sam sproveo u delo na taj način što su krovni trapezasti nosači bili oslonjeni na srednji zid, koji je formirao horizontalno nepromenjiv oslonac svakom LKV nosaču. Tokom montaže krovnih LKV nosača formirana je pomoćna skela, koja je na strani većeg raspona nosila montažno-demontažnu rožnjaču. Ovakav sistem je dozvoljavao puni završetak montaže krovnih nosača. Potom su montirani fasadni nosači koji su formirali pokretne oslonce u fasadnim ravnima objekta. Po izvođenju stabilnih veza fasadnih i krovnih nosača demontirana je i uklonjena pomoćna skela unutar potkrovlja.

Nadogradnja je izvedena u još jednom velikom gradskom naselju u Beogradu, Učiteljskom naselju, u neposrednoj blizini Konjarnika. Konstruktivni sistem LKV mansardnog krova je sada drugačiji od poznatih i primenjenih sistema nadogradnje objekata. Postojeći stambeni blokovi su izvedeni u klasičnom betonu, sa masivnim fasadnim i srednjim podužnim zidovima, tako da su, u ovom slučaju, LKV nosači poligonalnog oblika – fasadni i krovni nosač je jedna kolenasta rešetkasta prosta greda.

Montaža je izvedena bez primene kranova i dizalica, a formirani prostor potkrovlja je u svemu odgovarao postavljenim uslovima iz oblasti građevinske fizike. Proizvodnja LKV nosača, transport i montaža konstrukcije bili su povereni preduzeću "Graditelj" iz Bezdana. Oblici poligonalnih LKV nosača, koji na spoju fasadnog i krovnog sektora ostvaruju kruti ugao, formiraju statički sistem



Sl. C.35a-b. Izvedeni krovovi u sistemu LKV nad stambenim blokovima u Studentskom gradu u Beogradu



Sl. C.37a,b. Sportska dvorana Doma studenata "4. april" na Voždovcu u Beogradu



Sl. C.38a,b. Montaža krovnih LKV nosača na stambenom objektu u Jevrejskoj ulici u Beogradu i objekat u fazi montaže fasadnih nosivih LKV nosača



a



b

Sl. C.39a,b. Nadgradnja objekta “Kifla” u Brčkom, BIH



a



b



c

Sl. C.40a-c. Nadogradnja stambenih blokova u Banjaluci, Republika Srpska



a



b

Sl. C.41a,b. Krovovi na stambenim objektima Učiteljskog naselja u Beogradu



a



b

Sl. C.42a,b. Skladišni objekat sa velikom strehom u krugu „LKV centra“ u Dobanovcima, u toku izgradnje






Sl. C.43a-d. Nadgradnja Centra Mesne zajednice „Braća Jerković“ u Beogradu







Sl. C.44a-e. Skladišni objekat „LKV centra“ u Dobanovcima. Priprema za montažu i montaža LKV krova

koji je u stanju da prihvati vertikalna i horizontalna klimatska opterećenja u svojoj ravni. Za potrebe „LKV centra“ izgrađen je skladišni prostor sa velikom strehom pod kojom se organizuje prirodno prosušivanje drvne građe. Projektom sam predvideo poligonalne LKV nosače sa prepustom od 4.00 m, koji se oslanjaju, sa donje strane, na betonsku temeljnu kontragredu, u gornjem oslončakom čvoru na prečku metalnog okvira, koji je ukrućen samo u svojoj ravni, ispunom od siporeks blokova. U poprečnom smislu, u ravni LKV konstrukcije, stubovi okvira su tretirani kao balansiri, čime su obezbedili horizontalni pokretni oslonac poligonalnoj gredi sa prepustom. Montaža je izvedena jednostavno uz pomoć viljuškara.

Centar Mesne zajednice Braća Jerković u Beogradu je objekat denivelisane složene osnove. Niži deo objekta je formiran oko centralnog atrijuma, što je uslovilo geometriju mansardnog krova. Primenjeni su kolenasti – poligonalni oblici LKV nosača koji se oslanjaju na betonsku podnu konstrukciju, sa jedne strane, i na prečku čeličnog okvira na drugoj, višoj, strani. Projekat je veoma uspešno realizovan.

Sistem proste grede sa obostranim prepustima primenjen je, takođe, na skladišnim objektima „LKV centra“ u Dobanovcima kraj Beograda. Konzola prema proizvodnoj hali je dužine 4.00 m, dok je dužina konzole prema manipulativnom prostoru 6.00 m. LKV konstrukcija je montirana na ravnom, nasutom, manipulativnom prostoru, u paketima od po 6 komada LKV nosača, sa pripadajućim spregovima za ukrućenje i sa prikovanim krovnim letvama za krovni pokrivač. Podizanje konstrukcije krova površine 880.00 m2 trajalo je manje od tri sata.

Paralelno sa gradnjom mansardnih oblika krovova na objektima različite namene, projektanti su osvežili arhitektonski izraz novosagrađenih objekata ili nadograđenih objekata projektovanjem cilindričnih (bačvastih) oblika krovnih volumena. Tako nastaje serija lepih izazo-



Sl. C.45. Skladišni objekat „LKV centra“
u Dobanovcima.Streha širine 6.00 m



Sl. C.46a-i. Prva i druga faza dogradnje sedišta Instituta za biološka istraživanja "Siniša Stanković" u Beogradu



a



b



c

Sl. C.47a-c. Niz malih cilindričnih krovova na jednom objektu na Zvezdari u Beogradu



a



b



c

Sl. C.49a-c. Veoma smela kreacija poluobličastog krova u sistemu LKV na višespratnom stambenom objektu na Banjici, Beograd



a



b

Sl. C.48a,b. Krov na dograđenom objektu u Hadži Đerinoj ulici u Beogradu

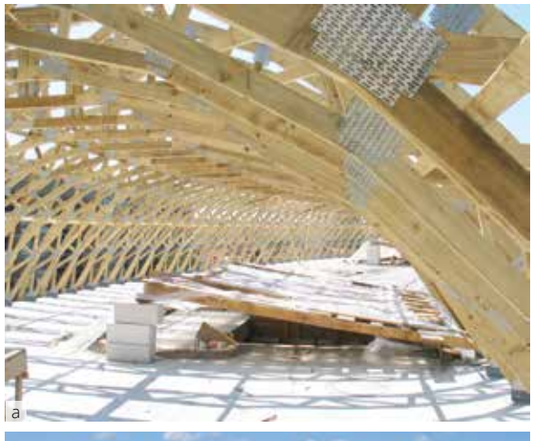


Sl. C.50. Krovna LKV konstrukcija u fazi montaže na objektu preduzeća "Prosoft" u Nišu





Sl. C.51a-c. Objekti u gradnji i izgrađeni stambeni objekti reprezentativnog nivoa u naselju Duvanište u Nišu.






Sl. C.52a-d. Segment torusa u sistemu LKV krova objekta na Obilićevom vencu u Nišu

va kojima nisam mogao da odolim, pogotovu što sam hteo da proverim već izraženu fleksibilnost sistema LKV. Prvi od zahteva te vrste došao je iz već pomenutog Instituta „Siniša Stanković". Jedan deo njihovog objekta u Bulevaru despota Stefana u Beogradu, već je imao izgrađen cilindrični krov nad formiranim potkrovljem. Logično je da se nastavak saniranja stanja dotrajale hidroizolacije ravnog postojećeg krova tretira na isti geometrijski način. Objekat sam parcijalno dograđivao tri puta: prva i treća intervencija se dogodila na glavnom traktu, a druga na bočnom traktu gde je formirano korisno potkrovlje. Glavni LKV nosač je imao zakrivljeno obrađene štapove gornjeg pojasa, dok su štapovi donjeg pojasa formirali poligonalnu liniju. Statčki sistem je i dalje bila prosta greda, s tim da je gornji pojas bio značajno prepušten da bi formirao strehu. Oplata krovnih ravni je izvedena od topolove građevinske furnirske ploče, koja se pokazala veoma uspelim rešenjem.

Više beogradskih mlađih arhitetakata je projektovalo na manjim novoizgrađenim stambenim objektima i nadograđenim objektima cilindrične oblike krovova. Izvedeni su, u sistemu LKV, kao dve zakrivljene proste grede, koje imaju u temenu krova zajednički oslonac – srednji zid ili betonsku podvlaku. Uspešno smo sarađivali na ovim projektima i oni su, takođe, uspešno realizovani.

Niški arhitekti su među prvima imali informacije o sistemu LKV, jer su prvi nosači proizvedeni u GP "Integral" u Beloj Palanci, nadomak Niša. Više lepih novih i dograđenih objekata ima krovove cilindričnog oblika sa različitim aplikacijama na fasadnim ravnima. U centru Niša, na Obilićevom vencu, dograđen je jedan sprat i nad njim potkrovlje na višespratnom stambeno-poslovnom objektu zakrivljene osnove. Krovna forma, koju sam predložio, bio je segment torusa – veoma interesantan oblik krova. Zakrivljeni LKV nosači su orijentisani radijalno, prema centru krivine osnove objekta. Bez velikih problema ovaj projekat je uspešno realizovan.

Krovne konstrukcije u sistemu lkv tipa dvozglobnog i trozglobnog luka

Davne 1996. godine, posle Sajma građevinarstva koji je održan u Beogradu, "LKV centar" je zaključio ugovor o nadgradnji objekta u Drinčićevoj ulici u Beogradu, i o pretvaranju ravnog krova u potkrovlje namenjeno komercijalnim delatnostima. Proizvodnja prvih nosača organizovana je u iznajmljenoj hali, u Krnješevcima kraj Beograda. Po specifikaciji i krojnoj listi, štapove je izradila pilana "Emma", vlasnika kompleksa gde je bila locirana naša proizvodnja. Dva radnika, direktor "LKV centra" i ja, ukupno četvorica, imali smo zadatak da za jednu noć proizvedemo LKV nosače i ujutru ih transportujemo na gradilište. Bila je to zamorna noć, ali je entuzijazam svih nas nadvladao sve napore koje smo uložili u realizaciju prvog krova u organizaciji "LKV centra" iz Beograda. Konstruktivni sistem nosača na ovom objektu bio



a



b

Sl. C.53a,b. Montaža prvog krova u organizaciji proizvodnje, transporta i montaže LKV nosača "LKV centra"



a



b

Sl. C.54a,b. Mansardni krov u sistemu dvozglobnog poligonalnog rešetkastog luka na kući u Topolskoj ulici u Beogradu



a



b



c

Sl. C.55a-c. Nadgradnja stambenog objekta u Malom Zvorniku



Sl. C.56. Novogradnja u naselju Medaković u Beogradu



a



b

Sl. C.57a,b. Komercijalno-izložbeni prostor kompanije „Đapa 8" na Starom sajmištu u Beogradu



a



b



c

Sl. C.58a-c. Pretvaranje ravnog krova zgrade Doma zdravlja u Lazarevcu u potkrovlje


a


b


c


d


e

Sl. C.59a-e. Adaptacija i rekonstrukcija
Sportskog centra Kunjak u Vladičinom Hanu


a


b


c


d

Sl. C.60a-d. Dvorišni objekat u gradnji u Crvenoj Reci



Sl. C.61. Montaža konstrukcije restorana na splavu na Savi kod Ade

je dvozglobni luk, koji smo uspešno montirali uz pomoć našeg kolege Zorana Pavlovića i njegovih montažera. Montažna veza u slemenu nosača izvedena je podvezama i zavrtnjima pre montaže, na licu mesta. Novo potkrovlje je u potpunosti odgovorilo zahtevima i očekivanjima investitora, što je za malu ekipu "LKV centra" bila izvanredna moralna pobeda i podstrek za uspešno dalje poslovanje na planu afirmacije i implementacije sistema u arhitekturi i građevinarstvu.

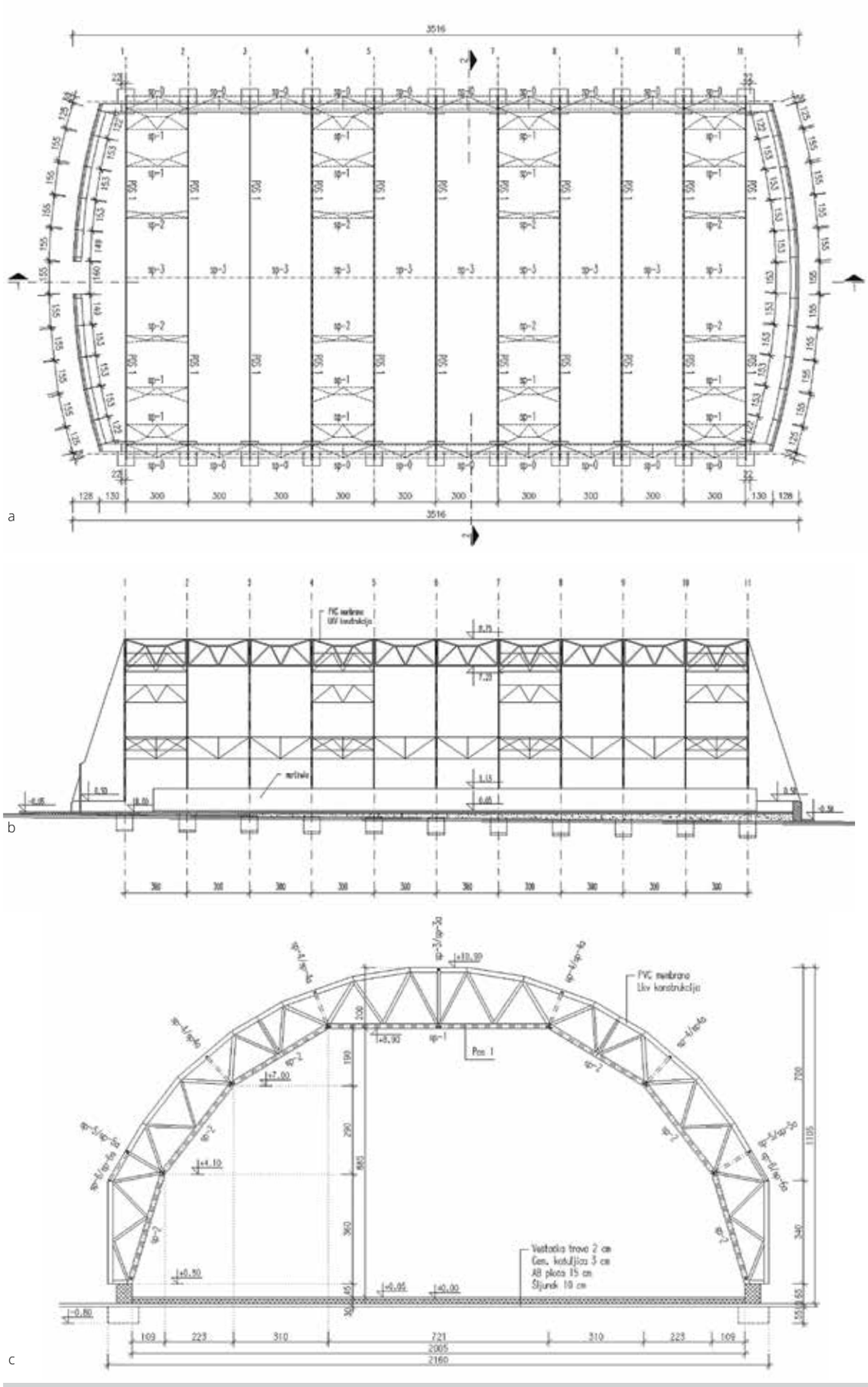
U ovom statičkom sistemu izveden je veliki broj krovova u Srbiji, Republici Srpskoj i Crnoj Gori, od veoma malih raspona do značajnijih raspona kada je dvozglobni rešetkasti luk dobijao oslonac u temenom preseku. U Beogradu, u Topolskoj ulici, nadograđena je jedna višespratnica male površine osnove, lepim mansardnim krovom, koji je obrađen skoro kao iz bajke o Ivici i Marici.

Dvoranski mali fudbal je zagospodario Beogradom poslednjih godina dvadesetog veka. Prva dvorana, uvezena iz Italije, pojavila se u Južnom bulevaru i izazvala veliko interesovanje. Bio je to šatorasti objekat sa nosivom konstrukcijom od lepljenog lameliranog drveta. Zahtev za takvim objektom je već 2000. godine stigao do „LKV centra". Moj mlađi kolega Ž. Tekić i ja napravili smo prve analize konstrukcije u sistemu LKV. Pokazalo se da je naš sistem ekonomičniji i od sistema sa domaćim lepljenim drvetom. Tako je, zapravo, krenula burna ekspanzija takvih sportskih dvorana, koje su, pogrešno, u žargonu ponele ime „balon hale". Prvu konstrukciju takvog objekta, raspona tek 16.00 m, montirali smo na Bežanijskoj kosi u Beogradu. Jedini problemi u realizaciji ovog objekta su se pojavili pri montaži konstrukcije. Pokušaj da se podigne samo jedan nosač i ankeruje za podnu betonsku konstrukciju sajlama,


a


b

Sl. C.63a,b. Montaža prvih paketa konstrukcije
na šatorastoj hali na Bežanijskoj kosi u Beogradu



Sl. C.62a-c. Izvod iz projekta tipske LKV šatoraste dvorane za mali fudbal



Sl. C.64a-e. Uspela realizacija projekta prve šatoraste hale za mali fudbal u sistemu LKV


a


b


c


d


e


f

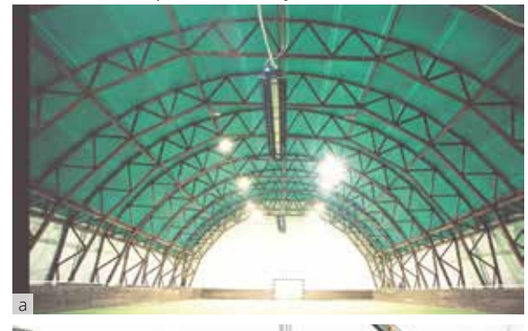

g

Sl. C.65a-g. Šatorasta LKV hala za mali fudbal u Kaluđerici kraj Beograda

bio je puni tehnološki promašaj: širina poprečnih preseka svih štapova dvozglobnog rešetkastog luka bila je samo 6.0 cm, i takav nosač je predstavljao nestabilnu formu na izvijanje pre montaže projektovanih spregova za ukrućenje.

Rešenje sam brzo našao. Nosač je položen na betonsku ploču borilišta, i tu je, u horizontalnom položaju, montiran kompletan paket koji se sastojao od prva dva LKV rešetkasta luka i svih spregova između njih, predviđenih projektom. Takav paket je bez ikakvih problema podignut i montiran na predviđenoj poziciji u strukturi objekta, kako bi napravio mesta za montažu sledećeg paketa. Postupak je nastavljen ovim redosledom i konstrukcija je zaživela na opšte zadovoljstvo projektanata, izvođača radova i investitora.

Moj stav da LKV konstrukcija može konkurisati lepljenom lameliranom drvetu u funkcionalnom i ekonomskom pogledu, koji sam zauzeo pri prvim analizama konstruktivnog sistema, pokazao se potpuno ispravnim, jer je investitor prve hale, posle prvih dana uspešne eksploatacije, naručio i drugu šatorastu halu, sada u Kaluđerici. Bili smo ohrabreni prvom lepom realizacijom i stečenim iskustvima. U drugom pokušaju je montaža protekla u najboljem redu i objekat je predat investitoru na opšte zadovoljstvo.


a


b


c

Sl. C.66a-c. Šatorasta LKV hala kod VI muške gimnazije, u Ulici Milana Rakića u Beogradu



a



b



c

Sl. C.67a-c. Šatorasta LKV hala u Pionirskom gradu na Košutnjaku, Beograd



a



b



c

Sl. C.68a-c. Šatorasta LKV hala na planini Goč



Sl. C. 69. Montaža LKV konstrukcije na dvorani u Lazarevcu



Sl. C. 70. Šatorasta LKV hala u Lazarevcu



a



b

Sl. C.71a,b. Šatorasta LKV hala u Sremčici kraj Beograda


a


b

Sl. 72a,b. Sajamska šatorasta LKV hala u Bijeljini


a


b

Sl. C.73a,b. Šatorasta LKV hala u Dobanovcima kraj Beograda


a


b

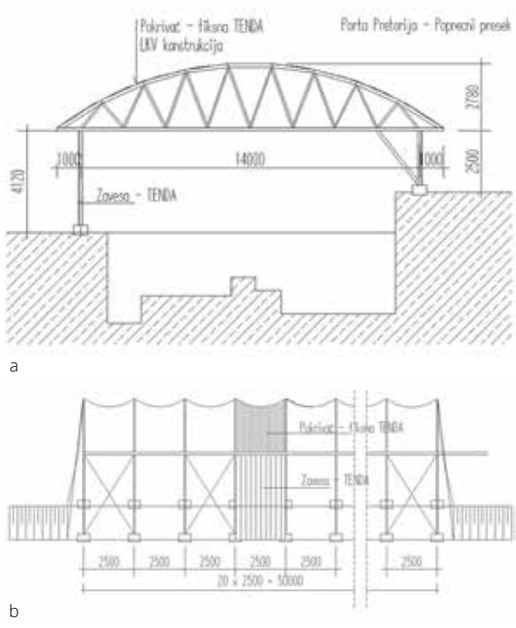
Sl. C.74a,b. Košarkaška LKV hala izvedena u Prištini 2006. godine

U poslednjih petnaestak godina projekat konstrukcije prve šatoraste hale na Bežanijskoj kosi u Beogradu, sistem rešetkastog LKV dvozglobnog luka, veoma je usavršen i sa početnog raspona od skromnih 16.0 m dostignut je raspon od 22.0 m. Mlađe kolege iz „LKV centra“, koje su preuzele projektovanje konstrukcija u sistemu LKV, veoma hrabro razvijaju i eksploatišu sistem za objekte različite namene. Prema evidenciji koja se vodi u „LKV centru“, ovakva konstrukcija je primenjena na više od 40 objekata koji su izgrađeni širom Srbije, Republike Srpske i Crne Gore, uvek kao uspešna konkurencija sistemima od lepljenog lameliranog drveta i čelika primenjenih na šatorastim objektima.

Na svega devedesetak kilometara od Beograda, nalazi se Arheološki park Viminacijum, lokalitet od veoma velikog arheološkog, istorijskog i kulturnog značaja za srpsko Podunavlje. Na skoro 400 hektara lesnog platoa uz Dunav nalazio se veliki rimski grad, metropola svog vremena, sa skoro 50.000 stanovnika. Viminacijum je porušen i spaljen pod najezdom Huna. Grad je petnaest vekova bio ukleto mesto na kome nije bilo života, jer tu nisu postojala naselja. Ostatke grada je prekrio pesak sa Ramske peščare, zatim je stigao humusni sloj iz Stiških polja, tako da je glavni grad rimske Mezije postao plodna velika njiva. Arheološka istraživanja Viminacijuma traju više od jednog veka, naravno sa kraćim i dužim prekidima. Prva zaštitna iskopavanja koja su obavljena pre trideset godina tek sada su nastavljena. Timski rad dr Miomira Koraća (Arheološki institut SANU) i Mirjane Blagojević (Republički zavod za zaštitu spomenika) doprineo je izvanrednim otkrićima na ovom lokalitetu, značajnom na svetskoj kulturno-istorijskoj sceni.Ovaj svojevrsni dragulj nalazi se u okolini Kostolca. Tokom svoje istorije Viminacijum je predstavljao najznačajniji vojno-politički, ekonomski i kulturni centar, glavni grad Gornje Mezije, što je doprinelo da odigra veliku ulogu u događajima koji su bili presudni za opstanak Rimskog carstva. Najintrigantnija priča smeštena je u vreme bitke rimskih legija protiv Gota. Tada je strelom proboden imperator Trajan Decije, koga je nasledio sin Hostilijan, koji je nakon samo godinu dana, prema starim zapisima, navodno umro od kuge. Pretpostavke su da se njegovi, kao i posmrtni ostaci njegove porodice, nalaze baš u Viminacijumu. Osim senzacionalnog otkrića carske nekropole i sarkofaga, ne manje značajni su i otkrivena dva akvadukta, Porta pretoria – severna kapija, kao i gradsko kupatilo − Terme. Otkriveno je preko 13.000 grobova sa raznovrsnim prilozima i samo je u Muzeju u Požarevcu smešteno više od 40.000 predmeta, od kojih je blizu 700 od zlata i srebra.Na veliku žalost, stvarnost je da su ovakva nalazišta osim arheolozima, veoma zanimljiva i pljačkašima. Osim te pošasti, i atmosferski uticaji su veoma jaki, tako da se ozbiljno pristupilo zaštiti objekata. Cilj je da se objekti adekvatno obezbede, a da pri tome ne budu zatvoreni za obilazak, razgledanje i posete svih zainteresovanih.

Podatak da je u okviru Viminacijuma postojao vojni logor sa više od 6.000 legionara potvrđuje značaj ove rimske metropole. Podaci o ovom logoru su, takođe, već poznati, ali su tek u leto 2003. godine otkriveni temelji zidova bedema i temelji ulazne severne kapije. Veoma očuvani ostaci temelja ukazuju na svu veličinu i značaj objekta koji je nad njima postojao. Ostaci kanalizacione mreže, takođe prisutni na ovoj lokaciji, svedoče o stepenu urbane organizacije ove rimske metropole i o visokom stepenu komunalne opremljenosti naselja. Budući da je otkriven sektor bedema od oko tridesetak metara dužine, i da se planira nastavak istraživanja u oba smera duž ose bedema, konstrukcija kojom treba zaštititi nalazište je koncipirana tako da se može dograđivati po podužnoj osi.U saradnji sa „LKV centrom“ napravljena je detaljna studija zaštite više otkrivenih objekata. Prvi zaštitni objekat koji sam projektovao, i koji je izgradio “LKV centar” tokom 2004. godine, bila je šatorasta zaštitna konstrukcija nad ostacima severne kapije bedema – Porte pretorie. Naravno, najpre sam izradio programsku studiju zaštitnog objekta i prezentovao naručiocu. Po usaglašavanju detalja, izvedena je interesantna šatorasta dvorana, nakon čije izgradnje su usledili pozivi za gradnju još dva, ali mnogo veća zaštitna objekta, i to nad termama i nad nekropolom.

Drvena konstrukcija u sistemu lakih krovnih vezača, konveksnog oblika sa gornje strane, omogućuje pokrivanje formiranog rova u širini od 14.00 m. Krovni pokrivač, ujedno i segment fasadne konstrukcije objekta, je delimično transparentna tenda vitopernog oblika, tako formirana da je pri dejstvu klimatskih opterećenja alternativnih pravaca uvek zategnuta. Po podužnim fasadnim ravnima, tenda je mobilna i može se pomerati kao zavesa. Na taj način je ostvarena potpuna ventilacija i osvetljenje natkrivenog prostora, zaštićenog od kiše i snega. Tokom radova na istraživanjima lokacije nekropole, pronađena je grobnica oslikana sa unutrašnje strane freskama. Neverovatan raritet u arheologiji je morao biti zaštićen pre izgradnje zaštitne konstrukcije nad celim Hostilijanovim mauzolejom. Napravljena je mala šatorasta konstrukcija u tehnici LKV koja je u svemu odgovorila svojoj nameni.



a

b



a



c



b



d

Sl. C.75a-d. Porta pretorija – programska studija zaštitne LKV konstrukcije u 3D prikazu



c



d



a

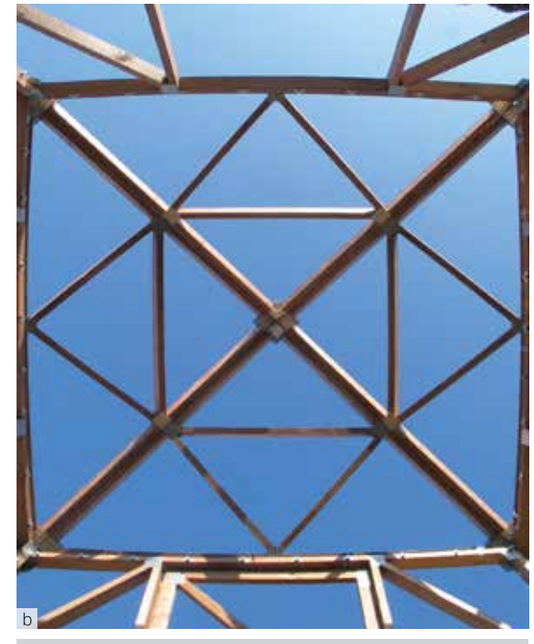


e



f

Sl. C.76a-f. Šatorasti zaštitni objekat nad arheološkim ostacima temelja Porte pretorije

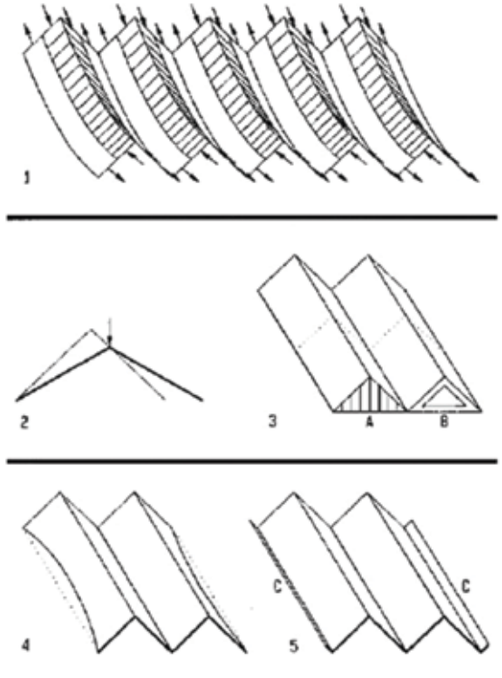


b

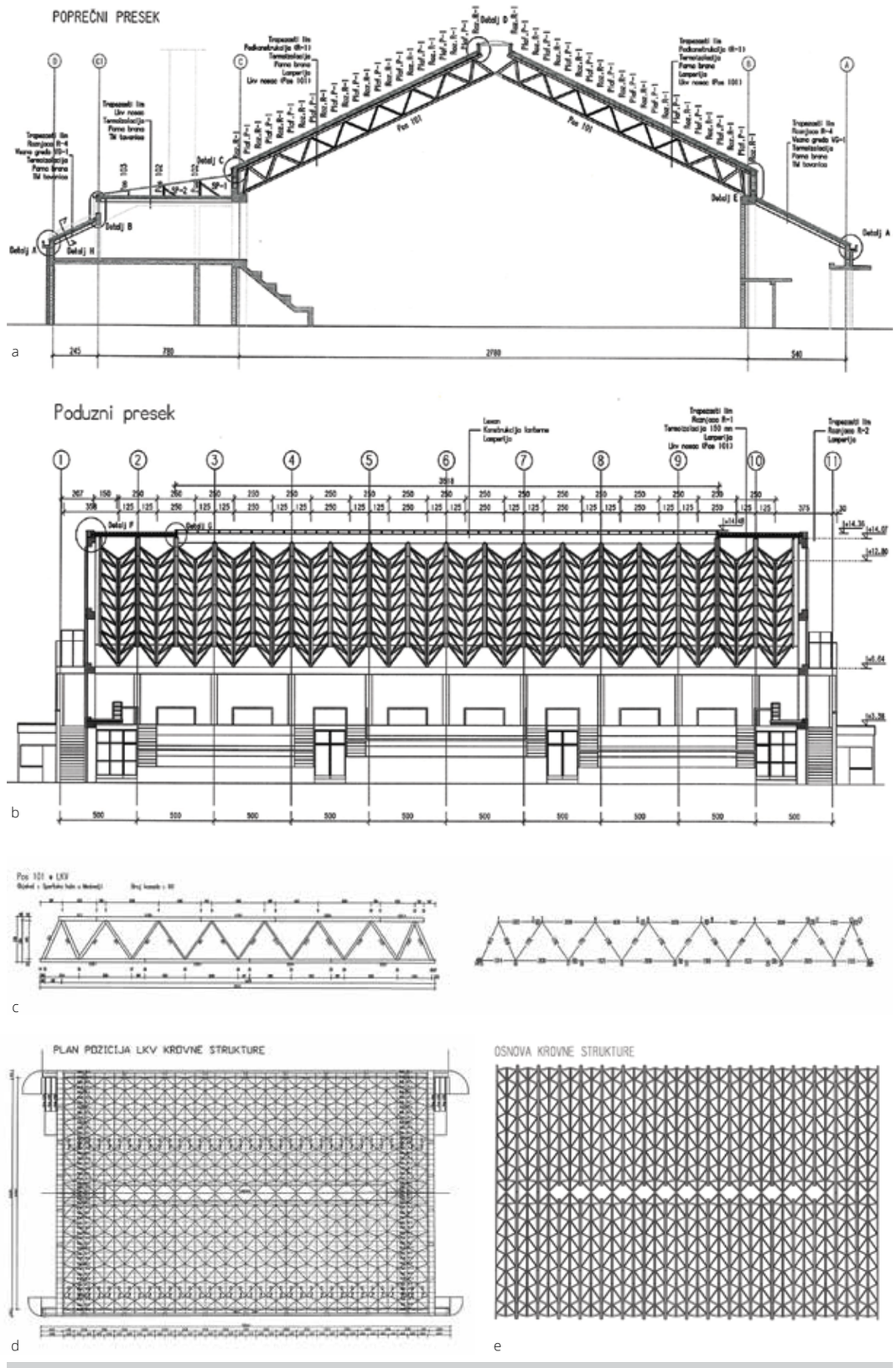
Sl. C.77a,b. Zaštitni šator nad grobnicom sa freskama u gradnji

NABORASTE I POLIEDARSKE
LKV KONSTRUKCIJE

Proučavajući konstruktivne sisteme primenjivane u arhitekturi tokom XX veka, bio sam zadivljen idejom primene armiranog betona u konstrukcijama nabora, ali isto tako i deprimiran cenom primene tako moćnih nosivih sistema. Još kao student, na časovima vežbi iz predmeta Konstruktivni sistemi prof. Đorđa Zlokovića, kasnije kao njegov asistent, uživao sam u radu na maketama od papira i u istraživanjima neslućenih estetskih potencijala ovih konstrukcija. U poznom profesionalnom dobu, sa više od trideset godina prakse, 2001. godine, našao sam se u prilici da realizujem projekat u kome sam mogao da primenim konstrukciju nabora u arhitektonskoj praksi na jedan drugačaji način, veoma opravdan sa funkcionalnog, tehnološkog i ekonomskog aspekta. Dobio sam priliku da primenim naborastu konstrukciju na Sportskoj dvorani u Medveđi, na jugu Srbije, ali ne u tehnologiji armiranog betona, već u LKV sistemu. Staru ideju, da dve pravougaone krute ploče koje imaju jednu zajedničku stranicu, a njihove ravni međusobno zaklapaju, najčešće, pravi ugao, mogu biti malih debljina (tanke ploče), jer jedna drugoj, na sektoru pritisnutih ivica isključuju mogućnost pojave izvijanja, mogao sam konačno da primenim od drveta. Dva rešetkasta nosača u sistemu LKV, koji imaju paralelne štapove gornjeg i donjeg pojasa, čije ravni stoje jedna prema drugoj pod pravim uglom, a spojeni su međusobno duž štapova gornjeg pojasa, mogu da formiraju prostornu prostu gredu, kod koje je, pri dejstvu gravitacionog opterećenja, iskjučeno bočno izvijanje štapova gornjih pojaseva.



Sl. C.78. Izvod iz Teorije tankih ljuski



Sl. C.79a-e. Izvod iz projekta konstrukcije krova



Sl. C.80a-e. Formiranje LKV paketa: katete sandučastog trougaonog preseka su LKV nosači, a hipotenuzu čine rožnjače

Osnovni element takvog sistema se može posmatrati kao perforirana ploča u kojoj figurišu svi elementi rešetkastog nosača. Utrošak konstrukcionog materijala za formiranje ovakvog elementa konstrukcije nabora, koji može u potpunosti zameniti ploču, veoma je mali. Za proces proizvodnje takvog elementa se koristi standardna LKV oprema, znači, nema oplate, nema mokrog postupka i čak i kod primene teških montažnih betonskih elemenata velike su uštede u ceni transporta i montaže. Ako se ovakvi elementi umnože i spoje duž štapova dodirnog pojasa i spreči njihovo pomeranje popreko na pravac nošenja, dobija se forma klasičnog nabora. Toliko o ideji i teoriji primenjenoj u ideji. Po projektu, par LKV nosača, zajedno sa rožnjačama i plafonskom lamperijom, kovanom po donjoj površini rožnjača, formira osnovnu konstrukcijsku jedinicu sandučastog preseka, oblika pravouglog trougla. Katete čine LKV nosači, koji su duž kontakta štapova donjeg pojasa mestimično međusobno povezani kratkim drvenim gredicama i vijcima. Montaža paketa je izvedena u samom objektu, tako što je jedan od nosača postavljen horizontalno na betonski pod buduće hale, a drugi vertikalno. Po formiranju njihove veze, preko slobodnih pojasnih štapova razvučena je parna brana. Po donjem pojasu montiranih rožnjača prikovana je plafonska lamperija, čime je paket potpuno ukrućen. Ovako oformljen paket, sa montiranim oslonačkim i temenim okovom, čini polovinu linijskog trozglobnog luka. Takva dva paketa, levi i desni (razlika je samo u obliku temenog okova), podižu se uz pomoć dve auto-dizalice. Najpre se formiraju oslonački zglobovi ubacivanjem trna sa čivijom u ušice okova, onda se nosači spoje u temenom zglobu. Kroz jedan od nosača, monter koji je izveo oslonačku vezu bezbedno prođe kroz LKV paket, dođe do slemena i tamo uspostavi temenu vezu trozglobnog poligonalog luka.

Oslonački okov koji pripada LKV paketima ugrađen je u krajnji donji čvor dva povezana LKV nosača. Temeni okov je lociran na suprotnom krajnjem, najvišem čvoru štapova zajedničkog donjeg pojasa. Ovako locirani zglobovi poligonalnog lučnog nosača formiraju značajni momenat ekscentriciteta – spreg sila, koje imaju veoma povoljan uticaj na sile u štapovima gornjeg i donjeg pojasa. Ove sile su značajno uticale na intenzitet pritiska u štapovima gornjeg pojasa i zatezanja u štapovima donjeg pojasa LKV nosača, izazvanih sopstvenom težinom nosača i pripadajućeg pokrivača i klimatskog opterećenja. Konačna naponska slika u elementima konstrukcije je zbilja bila veoma povoljna. Dimenzije štapova i izvedene čvorne veze su veoma elegantnih, takoreći filigranskih dimenzija. Naravno da je ekonomičnost ovakvog sistema na najvišem nivou, na šta je uticala i organizacija montaže na tlu, bez angažovanja teške mehanizacije, bez radova na montaži i demontaži skela i podupirača. Po podizanju para paketa, koji su locirani uz prethodno montirani par paketa, izvedena je međusobna kovana veza dva susedna gornja pojasa kosih LKV nosača.

Budući da su po krovnim ravnima, na taj način, završeni svi prethodni radovi, limarski radovi na pokrivanju hale su sinhronizovano pratili svaki podignuti segment konstrukcije. Samo dva sata po podizanju poslednjeg para paketa, limari su završili sve osnovne pokrivačke radove.Primena trozglobne konstrukcije je bila moguća jer su po podužnim stranama hale izgrađeni aneksi, čija konstrukcija je mogla da prihvati horizontalne komponente oslonačkih reakcija statičkog sistema.Uspešnom izgradnjom krovne konstrukcije na Sportskoj dvorani u Medveđi, nastavio sam sa analizama moguće primene i drugih oblika naborastih sistema. Elementi nabora mogu da budu i trouglaste ploče pri formiranju poliedarskih, cilindričnih ili kupolastih struktura.

Ideju o primeni LKV naborastih konstrukcija proveravao sam u saradnji sa mojim kolegom arh. Draganom Nikolićem na idejnom projektu dvorane za mali fudbal u Luci Beograd. Rešenje je bilo veoma interesantno, jer se sa veoma malim brojem osnovnih elemenata konstrukcije u sistemu LKV mogao natkriti prostor širine 30.0 m. Sredinom prve dekade 21. veka, moje mlađe kolege, arhitekte Nenad Šekularac i Nebojša Adžić su proverili ideju o opravdanoj primeni naborastih LKV struktura u arhitekturi. Uz veliku pomoć preduzeća “Lisina” iz Nikšića, oni su sa uspehom projektovali i izgradili LKV eksponat na Sajmu automobila u Budvi.


a


b


c


d

Sl. C.81a-d. Montaža prvih elemenata niza trozglobnih lukova


a

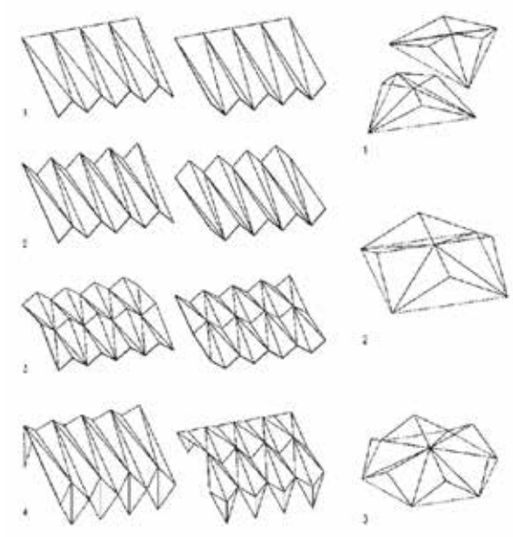

b

Sl. C.82a,b. Montirana prva polovina površine krovne LKV konstrukcije

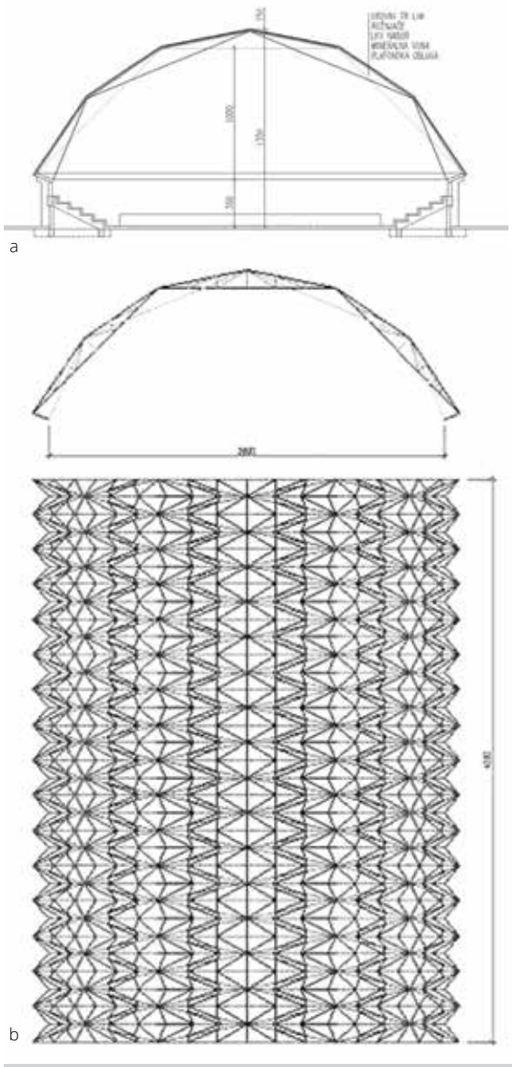

a


b

Sl. C.83a,b. Izvođenje završnih radova na izgradnji Sportske dvorane u Medveđi 2001. godine

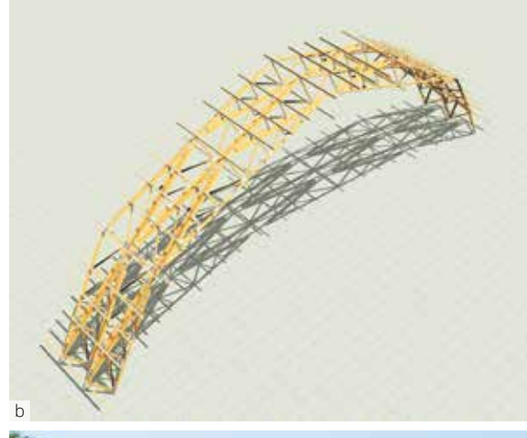


Sl. C.84. Izvod iz Teorije tankih ljuski



Sl. C.85a,b. Studija primene LKV nabora raspona 30.0 m





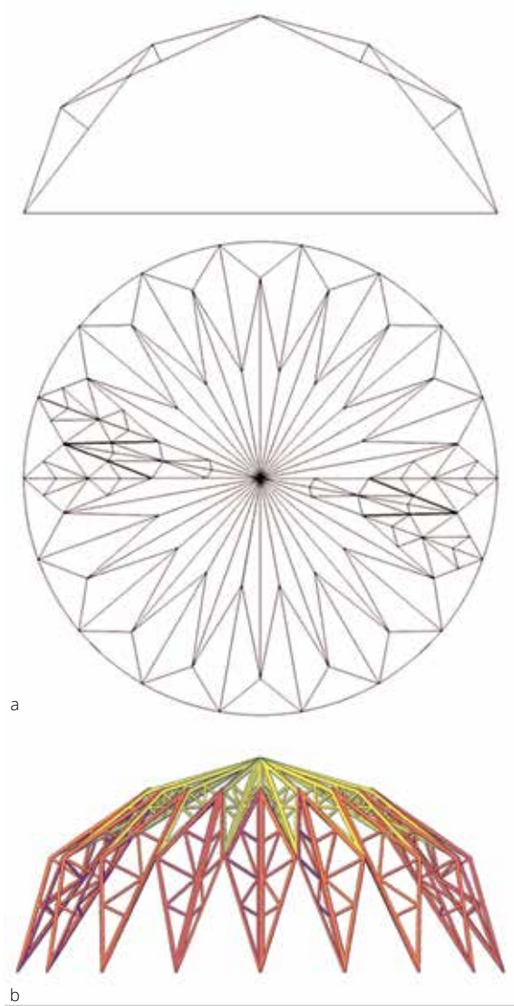








Sl. C.86a-f. Sajamski eksponat cilindričnog LKV naborastog krova na Sajmu automobila u Budvi, Crna Gora



a

b

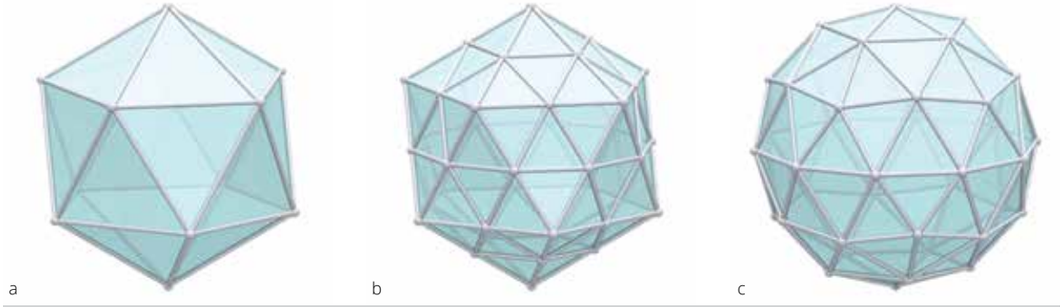
Sl. C.87a,b. Studija primene naborsate
LKV strukture nad kružnom osnovom

Moje dalje provere i analize primene LKV naborastih sistema ostale su na nivou teorijskih spekulacija, čekajući pogodne trenutke i prilike za realizaciju. Jedna druga ideja primene drveta u realizaciji kupolastih, bolje rečeno, poliedarskih struktura, dugo je okupirala moju pažnju. Malom teorijskom analizom došao sam do interesantnim podataka. Geodezijske kupole nastaju iteracijom iz nekog početnog Platonovog poliedra, tako da se u višem stepenu geodezijske iteracije približavaju sferi, odnosno geodezijske sfere nastaju od poliedara procesom geodezijske triangulacije njegovih strana i projektovanjem tih trouglova na sferu opisanu oko poliedra. Sa teorijskog aspekta, geodezijska linija je najkraća linija između dve tačke na matematički definisanoj površi. Polusfera, razložena na krivolinijske trouglove, čije su stranice njene geodezijske linije, čini geodezijsku kupolu. Tako nastaju tetraedarska, oktaedarska, heksaedarska, dodekaedarska i ikosaedarska geodezijska kupola.

Sisteme geodezijskih kupola izumeo je i primenio u praksi američki arhitekta, dizajner, filozof, pronalazač i pisac Ričard Bakminster Fuler (1895−1983). Ovaj vizionar u oblasti primene novih konstruktivnih sistema u arhitekturi, u svom radu bio je dosledan baš u istraživanjima formi koje daju najmanji broj različitih dužina ivica izvedenih poliedara iz uslova primene principa modularne koordinacije i unifikacije elemenata konstrukcije i njihovih međusobnih veza. Činjenica je da ideju, da se formira poliedar što približniji sferi sa malim brojem različitih dužina ivica, nije nimalo lako zadovoljiti. Veliki broj studija, radova i projekata Bakminstera Fulera na primeni geodezijskih kupola u arhitekturi nisu značajni samo za razvoj arhitektonskog inženjerstva. Engleski naučnik ser Harolod - Hari Kroto, dobitnik Nobelove nagrade iz oblasti hemije za otkriće fulerena, ističe da su ga geodezijske kupole Bakminstera Fulera inspirisale pri definisanju strukture molekula C60. U znak zahvalnosti taj molekul je dobio ime “buckminsterfulleren”, a cela porodica kavezastih ugljenikovih molekula je dobila ime “fullereni”.

Poseban doprinos razvoju i primeni geodezijskih struktura, u našem bližem okruženju, dao je zagrebački profesor dr Zvonimir Žagar sa svojim saradnicima. Početkom osamdesetih godina prošlog veka organizovao je industrijsku proizvodnju i montažu tipskih geodezijskih kupola i svodova od aluminijumskih cevi o koje je okačen krovni pokrivač od trevire.Sredinom 2009. godine u Zagrebu, pred grupom doktoranata i studenata Arhitektonskog fakulteta, prof. Žagar je montirao geodezijsku kupolu raspona 14.00 m. kao “... spoj zadovoljstva, radosti i znanosti”, kako to autor nadahnuto navodi.

U “LKV centru” sam se bavio razvojem sistema lakih krovnih vezača i primenom ovog sistema u industrijskoj prefabrikaciji drvenih krovnih struktura. Predmet istraživanja su mi, takođe, bili i drugi savremeni sistemi primene drveta u konstrukcijama arhitektonskih objekata i objekata parterne arhitekture. U istraživanjima i analizama novih formi i oblika šatorastih konstruktivnih sistema, pri čemu je princip negativne Gausove krivine (hiperbolični paraboloid, rotacioni hiperboloid) bio geometrijski imperativ za formu i oblik krovnog pokrivača tipa šatorastog platna – tende ili trevire, izveo sam zaključak da su izvedeni oblici iz geodezijskih struktura, dakle primenom izvesnih transformacija, veoma dobre nosive konstrukcije uz aktivno sadejstvo tog krovnog pokrivača. Za bazni oblik studija geodezijskih struktura usvojio



a b c

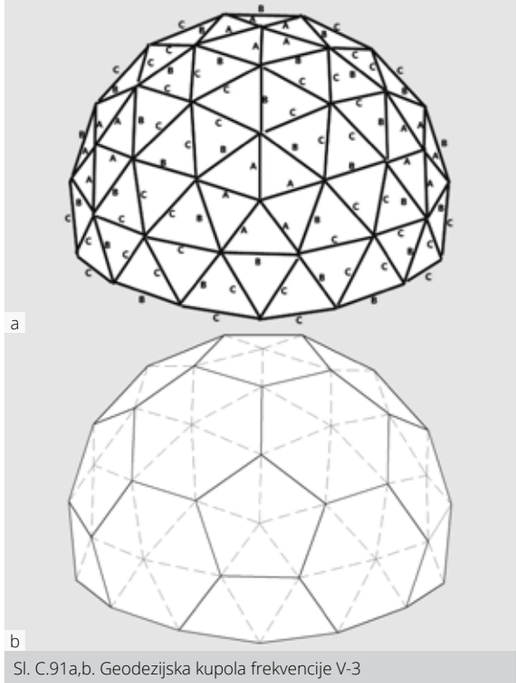
Sl. C.88a-c. Proces pretvaranja ikosaedra geodezijskom triangulacijom u geodezijsku sferu



Sl. C.89. Biosfera - geodezijska kupola B. Fulera u Montrealu, Kanada



Sl. C.90. Geodezijska kupola prof. dr Žagara, raspona 14.00 m



a

b

Sl. C.91a,b. Geodezijska kupola frekvencije V-3



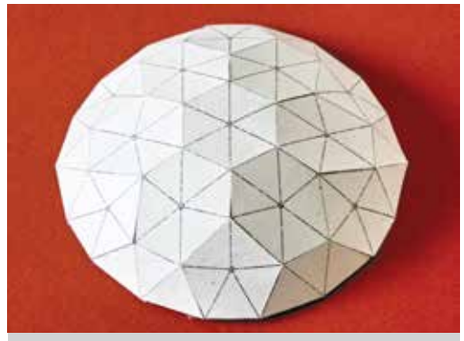
Sl. C.92. Poliedarska forma sa kvadratom na temenoj površi



Sl. C.93. Klasični oblik geodezijske kupole tip V3



Sl. C. 94. Model drvene poliedarske kupole nad elipsastom osnovom



Sl. C.95. Poliedarska kupola šestougaone forme nad kružnom osnovom



Sl. C.96. Poliedarska kupola šestougaone forme nad elipsastom osnovom

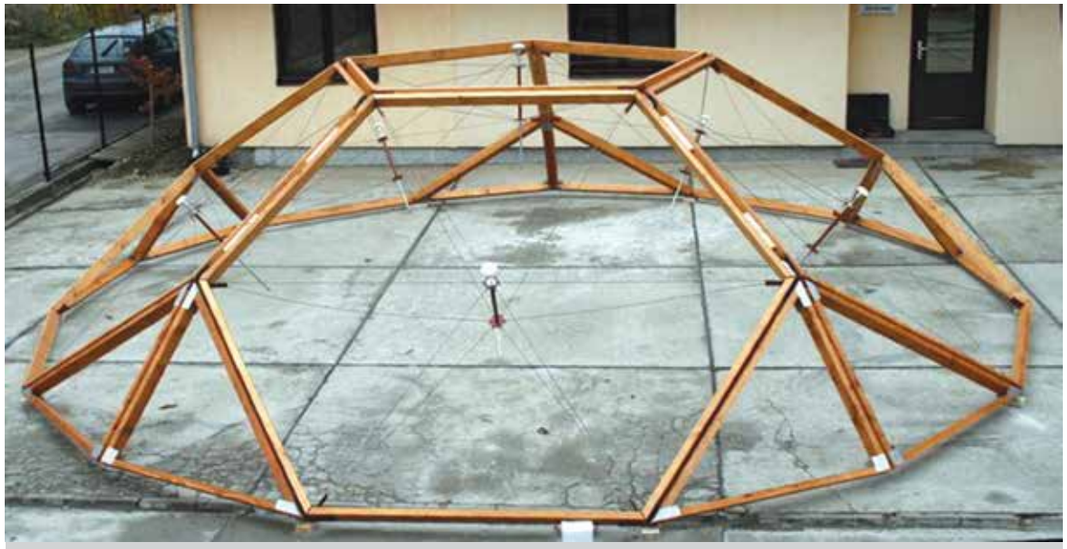
sam segment Platonovog ikosaedra. U zavisnosti od zahtevanog raspona konstrukcije, analizirao sam geodezijske kupole sa frekvencijom V2 – V6 (broj odsečaka na luku, na zakrivljenoj stranici sfernog trougla, koji je izveden nad jednom od 20 strana ikosaedra). Na slici 88. prikazana je geodezijska kupola frekvencije V3, sa poligonalnom ivicom A-B-A poliedarske forme nad osnovnom stranicom ikosaedra. Uprošćavanjem poliedarske forme, prelaskom sa trouglova na pentagone i heksagone, koje čine ti osnovni trouglovi, dobija se saćast oblik poliedra, sastavljen, dakle, od pravilno raspoređenih petougaonika i šestougaonika. Ovakvu formu poliedra preuzeo sam iz forme dualne geodezijske kupole, kakvu je definisao B. Fuler. Na istoj slici su to pentagoni i heksagoni sa dužinom ivice B.

Pri modeliranju geometrije kupole i pri pokušaju da se osnovna matematička poliedarska forma, zasnovana na postavci da se rogljevi poliedra nalaze na sferi (lopti), uvede u objekat sa utilitarnom funkcijom, izveo sam zaključak da takva kupola, čak i kad leži na parapetnim niskim obodnim zidovima, ima veoma veliku visinu u odnosu na prečnik osnove. Nizom varijacija na temu visina temena kupole/prečnik kružne osnove ili poligonalne osnove oko koje je opisana kružnica, odlučio sam da se u daljim istraživanjima značajno odstupi od izvornog oblika pentagona i heksagona, kako po njihovoj geometriji, tako i po njihovom položaju u strukturi kupole. Tako je formirana prosta kupola sa temenim kvadratom i četiri modifikovana heksagona, kako je provereno na modelu sa slike 89. To je veoma jednostavna forma, kojom mogu da se pokriju manji rasponi u osnovi, ali koja omogućuje laganu multiplikaciju osnovnih oblika po širini i po dužini osnove, što znači da se može natkriti niz kvadrata poređanih jedan uz drugi u dva ortogonalna pravca u osnovi, bez ikakvih drugih ograničenja.

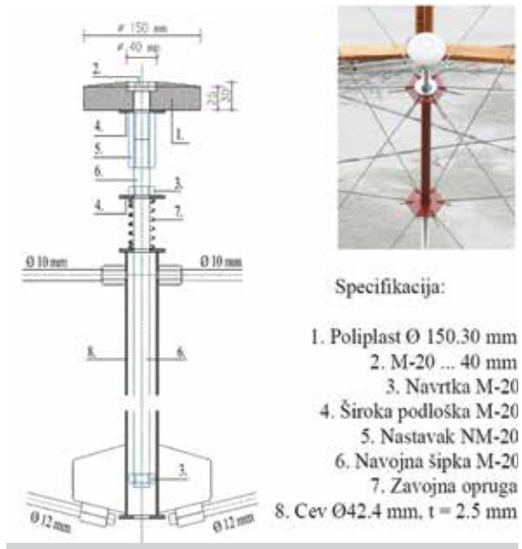
Transformaciji klasične forme geodezijske Fulerove kupole posvetio sam posebnu pažnju najpre u geometrijskom smislu. Varijacijom geometrije heksagona oko temenog pravilnog petougaonika (pentagona) smanjivana je vrednost količnika H/D, gde je H − visina kupole i D − prečnik opisanog kruga oko poligonalne osnove kupole, do mere koja daje prihvatljiv unutrašnji volumen. Korigovana je, takođe, iz tehnoloških uslova, geometrija petougaonika pri osnovi kupole, koji ima četiri ivice jednakih dužina i petu, baznu ivicu, različite dužine.Izvedena forma ima u vertikalnom preseku luk, deo kružnice, koji prolazi kroz rogljeve formirane poliedarske kupole, što je jedina veza sa izvornim oblikom Platonovog poliedra. Trouglovi, koji su pozicionirani između baznih petougaonika ne leže u jednoj ravni, već njihovo zajedničko teme leži na poligonalnoj osnovi kupole. Daljim varijacijama geometrije trouglova, petougaonika i šestougaonika, koji formiraju poliedarsku formu, izveden je veoma prihvatljiv oblik kupole nad elipsastom osnovom sa odnosom dužina glavnih osa d/D = 1.0/1.5, isključivo sa funkcionalnog aspekta. Tehnološki, ovakav oblik drvene poliedarske kupole je manje prihvatljiv od osnovnog oblika, zbog većeg broja različitih dimenzija pripadajućih poligona. Daljom varijacijom osnovnih poligona, koji mogu formirati poliedarske kupole, izvodi se poliedar sa heksaedrom u temenoj ravni, oko koga je postavljeno šest istih izduženih šestougaonika, šest, takođe izduženih petougaonika i šest grupa trouglova koji ne leže u istoj ravni. Sprovedena analiza mogućnosti primene ovakve formacije geometrijskih slika nad elipsastom osnovom dovodi do zaključka da, i sa oblikovnog i sa tehnološkog aspekta, ovakva forma ima svoje kvalitetno opravdanje. Ovi oblici kupola se ne mogu više nazivati geodezijskim kupolama, već samo poliedarskim kupolama, jer je kroz njihovu konstrukciju sprovedena samo osnovna ideja koju je davno definisao čuveni B. Fuler.

Razlog za prelazak sa osnovne strogo triangulisane forme geodezijske kupole, sa rogljevima na sferi, na poliedarsku formu formiranu od kvadrata (i pravougaonika), petougaonika i šestougaonika različitih dužina strana, dopunjenu trouglovima, zapravo je ideja da se formira jedan drugačiji statički sistem, kao viši nivo postojećeg sistema, i pojednostavi montaža takve strukture. Svaka od ovih kupola se prostom dekompozicijom može razdvojiti na niz ravanskih poligona. Poligoni oblika petougaonika i šestougaonika čine zasebne celine – komponente, koje se zasebno formiraju i kao autonomne krute ploče ugrađuju u kupolu, formirajući, pritom dvodelne drvene štapove po zajedničkim ivicama – izvodnicama poliedra.

Duž ose u težištu petougonih i šestougaonih poligona, koja je upravna na ravan slike, postavljen je razupirač teleskopske funkcije sa cevastim delom na koji su zavarene vezne pločice na oba njegova kraja i sa centralnom štapastom osovinom, kojom se menja visina razupirača. Gornja pločica centralnog cevastog dela razupirača stoji u ravni slike i povezuje dijagonalno postavljene gipke štapove, koji uz izuzetno malo natezanje besprekorno formiraju zadatu geometriju poligona, a koji pojavom pritisaka u štapovima poligona izazivaju početno prednaprezanje. Donja vezna pločica stoji u temenu obrnute višestrane piramide, čije izvodnice čine, takođe, gipki štapovi, koji u ovoj fazi montaže lagano obezbeđuju upravni položaj cevastog razupirača na ravan drvenog poligona. Centralnu štapastu osovinu razupirača čini navojna šipka, koja na svom temenu ima ugrađeni poludisk od



Sl. C.97. Prototip LKVC drvene poliedarske kupole u toku montaže



Sl. C. 98. Detalj konstrukcije centralnog cevastog razupirača



a



b

Sl. C.99a,b. Detalj ugaone veze drvenih krutih i metalnih gipkih štapova (zatega)



Sl. C.100. Montirana membranska opna

poliplasta za površinsko oslanjanje tende – krovnog pokivača. Navrtkom se reguliše visina odizanja poludiska iznad ravni poligona. Veza gipkih štapova - zatega u temenu drvenog poligona izvodi se pomoću vezne metalne pločice koja čini simetralu jednog od unutrašnjih uglova poligona. Ona je zavarena za savijenu poprečnu metalnu pločicu koja prati ugao drvenih štapova poligona sa spoljne strane, za koje je prosto zakovana ekserima. Proces formiranja drvene poliedarske kupole se svodi na prosto međusobno povezivanje montažno-demontažnom vezom prethodno formiranih krutih ploča oblika poligona, trouglova, petougaonika i šestougaonika, obrazovanjem dvodelnih drvenih štapova. Ovim jednostavnim postupkom formiranja veza izbegavaju se klasične čvorne veze, koje kod većih raspona geodezijskih kupola mogu biti i dovoljno složene.

Nakon prve faze montaže drvene strukture kupole, postavlja se tekstilna membrana poliedarske forme i pričvršćuje za bazni poligon standardnim vezama. Ona je ravnomerno nategnuta postepenim odizanjem van ravni poligona u zonama oslanjanja na poludiskove centralnih razupirača. Odizanje poludiskova upravno na ravan poligona se postiže izvlačenjem navojne šipke iz cevastog dela razupirača zavrtanjem standardne navrtke nad gornjom veznom pločicom. Ovim postupkom se unosi sila zatezanja u kose zatege i izaziva pritisak u štapovima petougaonih i šestougaonih drvenih poligona. Ovo je trenutak koji potvrđuje kvalitet napora da se modifikuje konstrukcija geodezijske strukture i podigne na novi nivo projektovanja, građenja i eksploatacije. Dovoljnim odizanjem tekstilne membrane – tende silama u određenim zonama, značajno zategnuta tenda dobija vitopernu formu sa potrebnom negativnom Gausovom krivinom. Takav krovni pokrivač je sposoban da nosi sopstvenu težinu i, po potrebi, sva klimatska opterećenja. Vezana za drvenu konstrukciju samo po obodnom ivičnom poligonu kod manjih raspona, ili po dodatnom obodnom

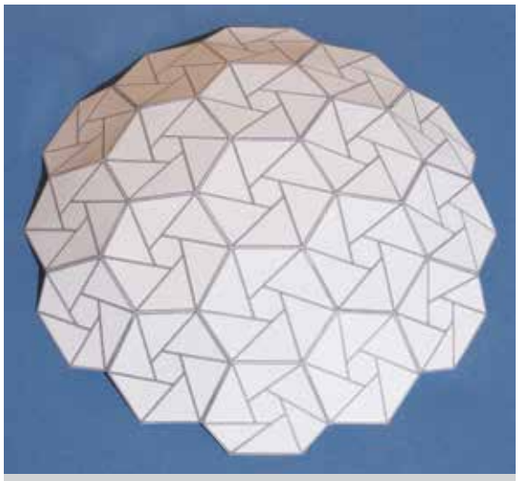


a



b

Sl. C.101. Poliedarska LKVC drvena kupola nad osnovom prečnika 10.00 m



Sl. Sl. C.102. Maketa ravne dvoslojne poliedarske konstrukcije

ivičnom prstenu, kod većih raspona, ona sva naprezanja, izazvana prednaprezanjem, prenosi na tu ivičnu konstrukciju bez ikakvog kontaktnog uticaja na drvene štapove poliedarske kupole. Čak i pri odižućem dejstvu vetra naponska slika pritisaka u štapovima poliedra ne može biti poremećena, jer se u njima računski određenim intenzitetom prednaprezanja isključuje svaka mogućnost pojave zatezanja. Moglo bi se čak reći da ovako koncipirani sklop poprima karakteristike konstruktivnih sistema poznatih pod imenom „tensegrity" konstrukcija. Pritisnuti drveni štpovi, izvodnice poliedarske kupole, u ovom slučaju su štapovi složenog preseka, sastavljeni od dva pravougaona preseka, čije unutrašnje strane zaklapaju međusobni ugao veći od 40°. To znači da se, iz ekonomskih razloga, mogu usvojiti drveni štapovi pojedinačnih poligona sa velikom vitkošću poprečnih preseka. Njihova poprečna krutost će biti značajno povećana međusobnim povezivanjem štapova mehaničkim spojnim sredstvima iz oblasti drvenih konstrukcija.

Nakon postavljanja tekstilne membrane i njenog prednaprezanja, drvena poliedarska kupola se, u ovoj konačnoj fazi, diže na svoje oslonce. To mogu biti stubovi složenog ili razuđenog preseka od drveta i metala, postavljeni tako da obezbeđuju prostornu stabilnost sistemu, ili zidane, odnosno montažne konstrukcije stabilne na dejstvo spoljnih horizontalnih sila. Izvedeni prototip LKVC drvene poliedarske kupole je pokazao dobre, jednostavne tehnološke performanse, izuzetan ekonomski kvalitet, zasnovan na podacima o utrošku materijala i na angažovanju radne snage, i ukazao na mogućnosti primene u raznim klimatskim sredinama i za razne potrebe. Činjenica da osnovne dužine štapova, koji čine stranice petougaonih i šestougaonih poligona, nisu tehnološka ni funkcionalna prepreka, jer i manja krutost na izvijanje ovakvog složenog preseka može biti dovoljno velika za ekonomski opravdan konstruktivni sistem. Problem naprezanja membranske opne usled opterećenja snegom se može rešiti na veoma jednostavan i ekonomski ispravan način montažom električnih ili gasnih kalorifera, koji se pri kritičnom opterećenju od snega automatski uključuju. Dovoljno je da temperatura vazduha sa unutrašnje strane membrane bude + 5°C, pa da uslovi topljenje snega i spreči njegovo nagomilavanje. Ovakva dopunska oprema je veoma dostupna, a njena ekonomičnost u primeni se svodi na eksploataciju samo u doba kad sneg pada.

Analize koje sam sproveo nakon stečenog iskustva pri montaži prototipa LKVC drvene poliedarske kupole, pokazuju da se mogu primeniti veoma ekonomična rešenja i nad ovalnim osnovama sa dužinama glavnih osa do 30.00 x 45.00 m. Istraživanja koja je nužno obaviti u sklopu studija ovako modifikovanih oblika Fulerovih geodezijskih kupola, treba da definišu uslove primene drvenih kupola višeg frekventnog nivoa i primenu drugih visećih i ovešanih konstrukcija krovnih pokrivača sa boljim karakteristikama iz oblasti građevinske fizike, a koje mogu da prihvate sva moguća stalna i klimatska opterećenja na lokacijama građenja i eksploatacije. Paraleno sa istraživanjima optimalnog rešenja poliedarske kupole stabilizovane napetom tendom, preda mnom i pred mojim saradnicima je i zadatak analize poliedarskih struktura formiranih takođe prema Platonovim principima, ali sa elementima konstrukcije izdvojenim u dva potpuno zasebna naponska nivoa – dvopojasnih poliedarskih kupola. Osnovni simbiontni oblik ove dvoslojne kupole višeg frekventnog nivoa čine poligonalne tanke furnirske drvene ploče, ili ploče od krstastog lameliranog drveta sa unutrašnje strane kupole, i drvena rebrasta konstrukcija nad poligonalnim tankim pločama od drveta. Niži nivo konstrukcije, tanke ploče, mogu biti isključivo napregnute aksijalnim i tangencijalnim silama u ravni ploče. Aksijalne sile pritiska ili zatezanja su izazvane uticajem spoljnih sila koje deluju u rogljevima poliedra kao reakcije izdvojene sekundarne structure, koja prihvata sva stalna i klimatska opterećenja koja mogu delovati na konstrukciju. Ako se pretpostavi da je sopstvena težina tanke drvene ploče zanemarljiva vrednost, onda su te ploče napregnute na aksijalna naprezanja bez savijanja pri dejstvu koncentrisanih sila u rogljevima poliedra. Gornji deo ove konstrukcije čine rebra nad poligonalnom osnovom u jednoj ravni. Jedno rebro se pruža iz temena poligonalne površi, tangira centralno postavljenu kružnicu i oslanja se na susedno rebro. Takva struktura preuzima sva stalna gravitaciona i promenljiva klimatska opterećenja. Svako rebro ove konstrukcije je napregnuto na savijanje i smicanje u poprečnom preseku, a zbog prirode centralne veze isključena je pojava aksijalnih unutrašnjih sila. Tako, u jednoj tehničkoj simbiontnoj vezi srebrasta struktura prihvata sva opterećenja na poligonalne ravni kupole i prenosi ih na temena tog poliedra, isključujući svaku mogućnost da tanka ploča, primarna konstrukcija, bude napregnuta na savijanje. Pri tome, gornja rebrasta konstrukcija ima veoma mnogo uticaja na stabilnost te donje tanke ploče kada je ona napregnuta na pritisak, jer joj značajno smanjuje dužine izvijanja.

Za ovako koncipiranu konstrukciju poliedarske kupole sa ravnim pločama važi Teorija tankih ploča na nivou membranskog naponskog stanja, pri čemu primenjeni materijal, furnirske ploče ili krstasto lepljeno lamelirano drvo, ima mogućnosti prihvatanja naprezanja u dva ortogonalna pravca skoro sa podjednakim kapacitetom nosivosti. Dubljom analizom, svi tehnički detalji proizvodnje, transporta i montaže ovakve poliedarske konstrukcije mogu biti rešeni na veoma jednostavan način. Polje primene sistema LKV sam postavio veoma široko. Mogućnosti su veoma velike, ali je plasman u našoj sredini još uvek na niskom nivou. Razlozi za to svakako leže u sveobuhvatnom sistemu organizacije projektovanja i građenja. Veoma je veliki broj učesnika u graditeljstvu van kontrole struke i odvija se u sivoj zoni. Standardi se ne poštuju, divlja gradnja cveta, a učesnici u takvom privrednom sistemu nemaju nikakvog interesa da primene atestirane i verifikovane sisteme u kvalitetnom arhitektonskom stvaralaštvu. Reda mora da bude, to je preduslov za naš priključak sa svetom, a tada će prave stvari biti na pravom mestu.

D. GENEZA TEHNOLOGIJE LEPLJENOG LAMELIRANOG DRVETA

Moj doprinos razvoju lepljenih lameliranih nosača u arhitektonskoj praksi

Na apsolventskoj ekskurziji kroz Evropu, 1964. godine, obreli smo se jednog junskog dana u Lozani, u Švajcarskoj. Posetili smo Godišnju nacionalnu privrednu izložbu i na sajmištu sam prvi put video lepljeno lamelirano drvo – trozglobni luk raspona 90.0 m − u jednom od sajamskih paviljona. Taj trenutak ostao mi je u sećanju, negde u podsvesti, ali je iskočio na površinu onog momenta kad se iz Nemačke vratio moj kolega i prijatelj arh. A. Josipović, i doneo pregršt prospekata i u njima mnogo osnovnih podataka o toj novoj tehnologiji. Prva promotivna akcija DI Gaj iz Podravske Slatine, prikaz mogućnosti koje pruža lepljeno lamelirano drvo u graditeljstvu, a koja je održana u Građevinskom centru u Beogradu, je dolila ulje na stidljivi plamičak, koji je tinjao u meni. Sve se pokrenulo u mom profesionalnom biću – drvo postaje moja opsesija, koja traje, evo, pola stoleća.

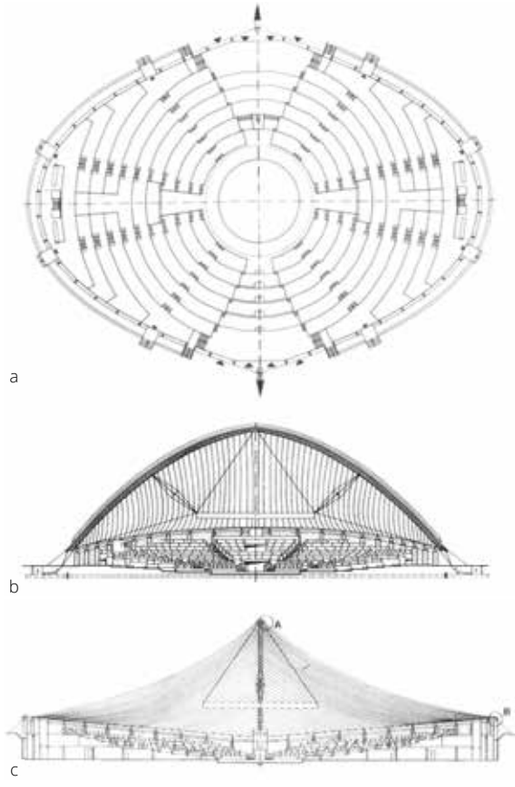
Kako sam već pomenuo, krajem 1976. godine obavio sam stručnu praksu u pariskom Centre technique du bois, i kao volonter u projektnom birou tada jednog od najvećih svetskih konstruktera u drvetu inž. Roberta Lurdena. U pariskom Tehničkom centru za drvo imao sam poseban status budući da je moj staž bio plaćen od strane DI Gaj iz Podravske Slatine. Na raspolaganju sam imao stručni deo arhive Centra i pristup svoj literaturi u veoma dobro organizovanoj biblioteci. Veoma počašćen ovakvim statusom, koji se pretvorio u veoma korektan kolegijalni i profesionalni odnos, prionuo sam zdušno na posao. Okružen sjajnim informacijama o primeni drveta i proizvoda drvene industrije u graditeljstvu, zaštiti drveta od insekata i vlage, otpornosti drveta u požarnim uslovima, principima projektovanja savremenih sistema drvenih konstrukcija − osećao sam se veoma srećnim profesionalcem. Prve informacije o statici savremenih drvenih konstrukcija našao sam u nemačkom časopisu „Informationsdienst holz“. Problemi analize naprezanja poprečnih preseka različitih sistema konstrukcija pod različitim opterećenjima bili su izloženi na veoma jednostavan inženjerski način. Iako nisam poznavao nemački jezik, stručni tekst je bio potpuno razumljiv i čitljiv. U to doba, kada se radilo na uvoženju te nove tehnologije, tehnologije lepljenih lameliranih konstrukcija, kada je u Evropi bila razvijena industrija lepljenog drveta, i kada su nemačke norme DIN 1052 propisivale striktna pravila projektovanja i građenja u drvetu, u Francuskoj se gradilo prema normama koje su propisivala osiguravajuća društva. Stanje je bilo veoma čudno: prelepi objekti sakralne arhitekture, raskošni sportski objekti, sajamske hale, industrijske hale i hangari na aerodromima velikih raspona, konstruisani su prema priručniku, koji je bio skromniji i elementarniji od našeg Građevinskog priručnika Tehničar. Ako su projekti konstrukcija objekata rađeni po pravilima iz tog priručnika, osiguravajuće kuće su pružale garanciju za izvođenje radova, što je bio uslov za dobijanje građevinske dozvole u Francuskoj. Sa jedne strane sam imao uvid u jednu lepršavu, filigransku, prelepu produkciju francuskih objekta, a na drugoj strani video sam surovu tehniku nemačkih inženjerskih pravila za građenje u drvetu i lepljenom lameliranom drvetu. Nisam bio u dilemi: smatrao sam da ta dva dijametralno supotna principa treba spojiti u jedan sveobuhvatni. Time se dobija na kreaciji, ali uz punu sigurnost konstrukcije objekta tokom eksploatacije.Iskoristio sam ukazanu mogućnost da sakupim kopije strudija, propisa i članaka iz najvrednijih svetskih stručnih časopisa i prospekata iz oblasti drvne industrije, a u samoj biblioteci Centra sam preuzeo gomilu vrednih svezaka CTB (Cahiers du CTB), stručnih studija, fotografija i prospekata. Formirao sam lepu malu stručnu biblioteku iz oblasti savremenih sistema drvenih konstrukcija.

Drugi deo mog staža u Tehničkom centru se odvijao u praktičnom radu na ispitivanju nosivosti drvenih konstrukcija u laboratoriji centra u mestu Šan sir Marn (Champs sur Marne) nadomak Pariza. Budući da sam u ekipi, koja je radila na projektima ispitivanja nosivosti lakih krovnih vezača i zakrivljenih prostih greda od lepljenog lameliranog drveta trenutnim opterećenjem do sloma, bio inženjer sa najviše prakse, pripala mi je dužnost koordinatora ispitivanja. Bilo je to sjajno iskustvo u radu sa sjajnim i vrednim kolegama i laborantima. Dobijene rezultate ispitivanja smo analizirali i rezultate tih analiza unosili u odgovarajuće izveštaje.

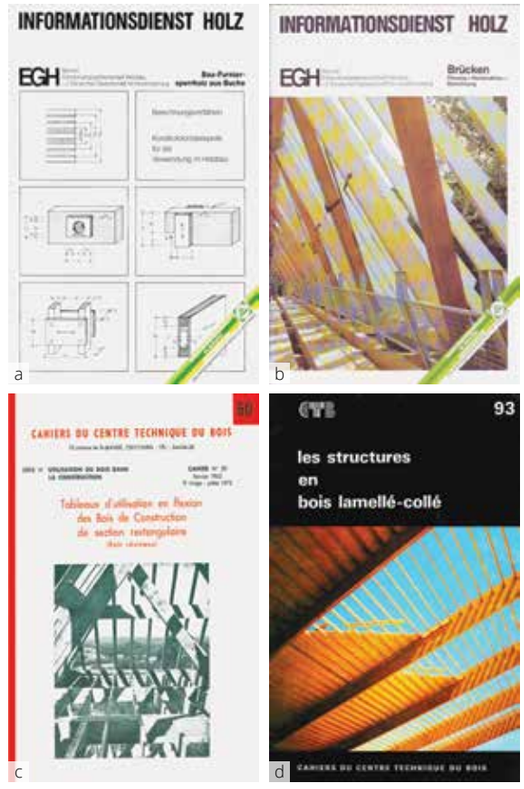
Treći deo mog usavršavanja iz oblasti drvenih konstrukcija se odvijao na volonterskom projektovanju konstrukcija u projektnom birou inž. Roberta Lurdena. U to vreme se radilo na projektu konstrukcije velike sportske hale u gradu Limož (Limoges), pa je meni pripala velika čast da izradim idejni projekat konstrukcije krova u lepljenom lameliranom drvetu. Imao sam zadovoljstvo da uradim još par manjih lepih idejnih projekata konstrukcija u drvetu, čime sam zaslužio fantastičan poklon od inž. Lurdena: vožnju po Parizu, posetu najvrednijim objektima čije je konstrukcije inž. Lurden izgradio i najprijatnije veče u Parizu uz slajdove izvedenih konstrukcija objekata moga domaćina.Tokom ovog kratkog stručnog staža u Parizu prikupio sam veoma vredna znanja iz oblasti tehnologije novih sistema konstrukcija u drvetu i iz oblasti projektovanja konstrukcija, i stekao vrednu praksu u saradnji sa jednim od vodećih projektanata konstrukcija u svetu.

Prve dve godine po mom povratku sa specijalizacije (1977. i 1978) veoma su značajne za razvojni proces primene drvenih konstrukcija u arhitekturi. Našao sam se u žiži događaja kao asistent predmetnog nastavnika prof. Milorada Dimitrijevića, uz čiju pomoć sam preuzeo jedan deo časova predavanja na predmetu Drvene i zidane zgrade, i posvetio ih savremenim drvenim konstrukcijama. Osim toga, nastavio sam sa radom na izradi novih standrada za drvo i postao ekskluzivni projektant konstrukcija u Drvnoj industrij Gaj iz Podravske Slatine.

U mojoj matičnoj kući, na Arhitektonskom fakultetu, najpre je prof. Milorad Dimitrijević, čiji sam saradnik bio u to doba, odvojio nekoliko časova predavanja iz predmeta Zidane zgrade i poverio ih meni da predstavim studentima novu tehnologiju građenja. Predavanja iz oblasti savremenih drvenih kon-



Sl. D.1a-c. Sajamski paviljon u Lozani, Švajcarska



Sl. D.2a-d. Primerci vrednih časopisa iz sedamdesetih godina XX veka



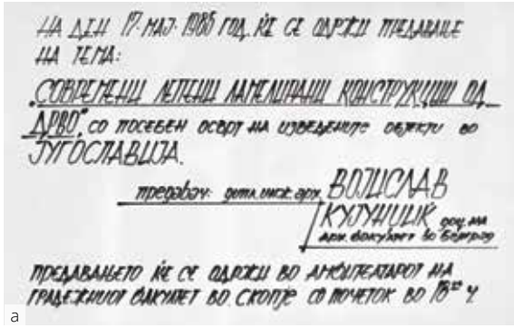
Sl. D.3a,b. Proces ispitivanja lakih krovnih vezača i LLD greda opterećenjem do sloma u CTB laboratoriji za ispitivanje konstrukcija

strukcija su bila obogaćena velikim brojem primera izvedenih objekata u Evropi. Bili su to kolor slajdovi fotografija koje sam doneo iz Francuske, i fotografija iz prospektnog i reklamnog materijala koje sam, na moju molbu, dobio od vodećih evropskih i kanadskih fabrikanata lepljenog lameliranog drveta. Taj mini kurs je naišao na lep prijem kod nastavnika i studenata, i predmet Drvene konstrukcije se brzo našao, kao samostalni predmet, najpre u izbornoj nastavi, a zatim i u redovnoj i poslediplomskoj nastavi na Arhitektonskom fakultetu u Beogradu. Studenti i kolege profesori, projektanti postajali su sve više zainteresovani za projektovanje u drvetu. Studenti su počeli da primenjuju savremene konstruktivne sisteme u lepljenom drvetu na svojim diplomskim radovima, a projektanti na svojim realnim projektima. Uspostavio sam divnu međukatedarsku saradnju sa prof. dr Milanom Gojkovićem sa Građevinskog fakulteta i sa prof. dr Zvonimirom Žagarom sa Građevinskog fakulteta u Zagrebu. Gostovao sam na predavanjima kod kolege Žagara u Zagrebu, a on je držao predavanja na poslediplomskoj nastavi kod mene, na kursu Konstruktivni sistemi u arhitekturi. Čest gost na mojim predavanjma bio je i inž. Petar Bajić, tehnolog u fabrici lepljenih konstrukcija Gaj iz Voćina. Krunski dokaz da su savremene drvene konstrukcije našle svoje mesto u univerzitetskoj nastavi arhitekture, bila je moja izložba projektovanih i izvedenih konstruktivnih sistema u lepljenom lameliranom drvetu na objektima različite namene, koju sam priredio povodom verifikacije stručno-umetničkih ostvarenja već 1981. godine. Konstrukcija Salona nameštaja Novi dom u Zrenjaninu je ocenjena kao značajno ostvarenje, nakon čega je usledio predlog grupe profesora sa Katedre za statiku konstrukcija da budem izabran u nastavničko zvanje docenta na predmetu „Konstruktivni sistemi – posebni problemi konstruisanja u drvetu“, i to pre sticanja titule doktora nauka.

Predano sam radio na promovisanju novih standarda za drvo nazvanih JUS U.C9.200,300,400. Bio je to veoma važan zadatak za sve nas koji smo radili na tom projektu. U radu na standardima, pod rukovodstvom prof. dr Stjepana Sablića iz Zagreba, učestvovali su svi nastavnici drvenih konstrukcija na arhitektonskim i građevinskim fakultetima sa republičkih univerziteta (osim Crne Gore), kao i predstavnici većih drvnih industrija u zemlji. Objavljeni standardi su u tom trenutku bili, po mom mišljenju, najbolji standardi na svetu, jer je to bila kompilacija najboljeg i najvrednijeg iz svetskih standarda, i služili



Sl. D.4a,b. Sportska dvorana u Limožu, Francuska



a



b

Sl. D.5a,b. Poziv za predavanja na Građevinskom fakultetu u Skoplju

su nam kao baza. Stari dobri PTP 8 – Privremeni tehnički propisi za drvo – je otišao u zaborav.Nastavnički kadar, koji je radio na novim standardima, i predstavnici firmi iz drvne industrije formirali su Akcioni odbor za unapređenje gradnje drvetom. Taj odbor je preuzeo zadatak da aktivnim radom unapredi primenu drveta u graditeljstvu. Organizovali smo tri velika kongresa konstruktera u drvetu − u Cavtatu, na Bledu i na Brionima. Obilazili smo univezitetske centre i fabrike drvne industrije, i aktivno propagirali primenu drveta u gradnji arhitektonskih objekata. Jedan od zadataka, koje sam ja dobio, tokom aktivnosti Odbora, bio je predlog da održim javno promotivno predavanje o drvenim konstrukcijama i analiziram konstruktivne sisteme koji su primenjeni u objektima raznih funkcija širom Evrope i Amerike, i to na Građevinskom fakultetu u Skoplju. Na prvom kongresu, koji je održan već novembra 1977. godine u Cavtatu, učestvovao sam sa dva referata: „Rezultati ispitivanja zakrivljenih štapova od lepljenog lameliranog drveta napregnutih na savijanje“ i „Laki rešetkasti krovni vezači“. Ovim saopštenjima sam prezentovao moj rad tokom obavljene specijalizacije u Francuskoj. Bio je to rani početak mog angažovanja na javnoj promociji savremenih drvenih konstrukcija. Usledili su članci u beogradskom časopisu Izgradnja, časopisu Sopštenja IAUS, časopisu Tehničke informacije i u italijanskom časopisu Mondo legno, iz Milana. Na Katedri za statiku konstrukcija Arhitektonskog fakulteta referisao sam iz oblasti teorijskog rada i prikazao izvedene konstrukcije u lepljenom lameliranom drvetu. Moj individualni rad na projektima i dalje se odvijao nesmanjenim tempom. Menadžment DI Gaja je vredno radio na obezbeđenju poslova za svoju fabriku konstrukcija, a ja sam imao tu sreću da budem zatrpan projektima koji su dolazili na realizaciju. Nisam propuštao priliku da se i dalje oglašavam člancima u stručnoj štampi, da učestvujem sa radovima na kongresima konstruktera, da u organizaciji DI Gaj, ili na poziv mojih kolega iz drugih gradova, držim predavanja u njihovim gradskim inženjerskim društvima.Te aktivnosti nisu bile uzaludne, jer je u Beogradu, na primer, primena drveta u konstrukcijama arhitektonskih objekata i objekata parterne arhitekture, bila sve veća i veća. Imao sam utisak da se kod projektanata arhitekata postavljalo pitanje projektovanja u drvetu kao pitanje profesionalne časti.

Već u prvoj polovini osamdesetih godina prošlog veka beogradska projektantska operativa je mogla da se osloni na konsultantske i direktne projektantske usluge dveju fabrika lepljenih lameliranih konstrukcija iz Jugoslavije – jedna je bila fabrika Krivaja iz Zavidovića u Bosni i Hercegovini, za koju su radili građevinski inženjeri Sreto Kuzmanović i Milorad Komnenović, a druga Drvna industrija Gaj iz Podravske Slatine, iz Hrvatske, u kojoj sam ja peuzimao projektantske zadatke, radio na predlozima rešenja konstruktivnih sistema, radio na glavnim projektima konstrukcije. Nas trojica operativaca bili smo glavni promoteri primene drveta u arhitektonskim objektima, sa jedne strane, a, sa druge strane, dr inž. Borislav Zakić, iz beogradskog Instituta za ispitivanje materijala NR Srbije, je pokrivao teoretsko područje primene drveta. Međufakultetska i međukatedarska saradnja postaje sve veća. Prof. dr Milan Gojković, profesor na predmetima iz oblasti drvenih konstrukcija na Građevinskom fakultetu, mi šalje svoje diplomce na konsultacije iz oblasti primene konstruktivnih sistema, a sa prof. dr Zvonimirom Žagarom, sa Građevinskog fakulteta u Zagrebu, veoma tesno



a



b

Sl. D.6a,b. Pozivnica za učešće na Okruglom stolu posvećenog primeni drvenih konstrukcija

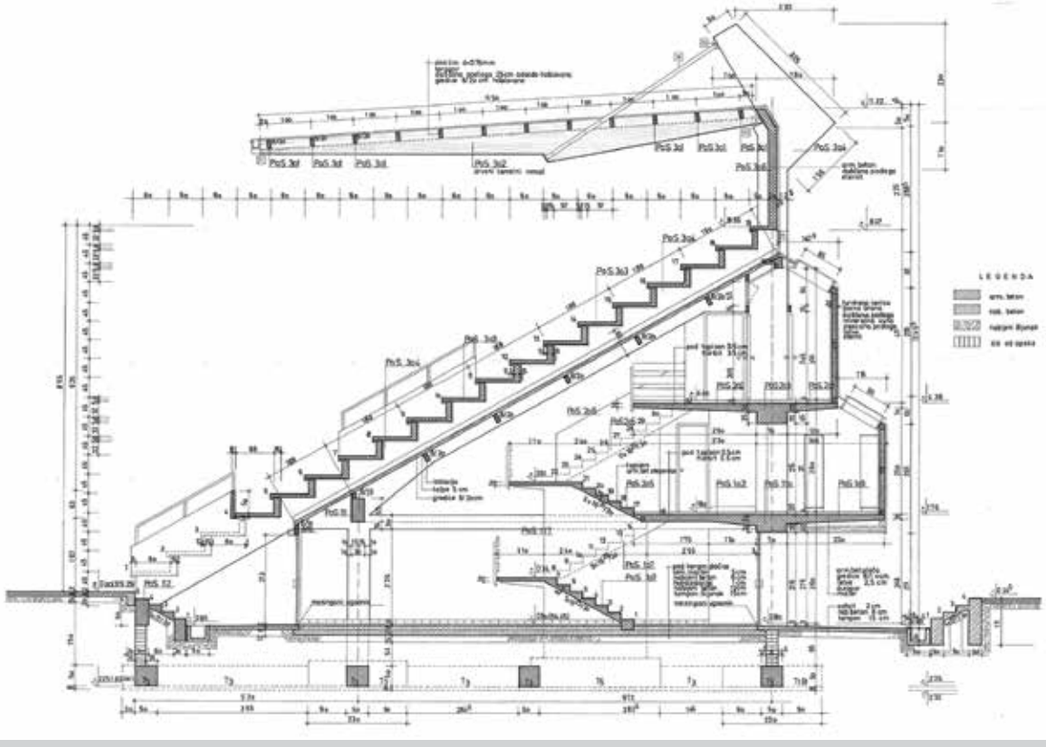
sarađujem: držimo predavanja – prof Žagar kod mene, na Arhitektonskom fakultetu, ja kod njega, na Građevinskom fakultetu. Istaknuti tehnolog iz fabrike lepljenih konstrukcija DI Gaj iz Podravske Slatine, inž. Petar Bajić, gostuje na mom fakultetu, u postdiplomskoj nastavi, predavanjima iz oblasti tehnološkog procesa proizvodnje lepljenih lameliranih konstrukcija.

Davne 1983. godine izlazi iz štampe moja prva knjiga pod nazivom „Oblikovanje struktura u lepljenom lameliranom drvetu“, u izdanju Građevinske knjige. U to doba se i u Građevinskom priručniku Tehničar, takođe u izdanju Građevinske knjige, pojavljuje veliko poglavlje iz iste oblasti savremenih sistema drvenih konstrukcija. Moja knjiga postaje udžbenik na Arhitektonskom fakultetu, a od prof. Žagara dobijam informaciju da je moja knjiga udžbenik i na njegovom fakultetu. Ubrzo dolazi druga knjiga, pa čak i treća − nastala u saradnji sa mojim najbližim saradnicima sa Fakulteta. Naravno da sam srećan što moj pionirski rad na tom planu nije bio uzaludan. I kad smo dostigli veoma visok nivo u nastavi, u obrazovanju kadrova, u edukaciji investitora, u tehnici i nauci, dolazi do sloma države i sve se zaustavlja. Sve stoji. Ne znamo gde je ko od nas − velikih prijatelja po drvetu. Sva sreća, veoma brzo, prekinuti kontakti se ponovo uspostavljaju. Najpre radim sa Krivajom − ugovaram isporuku nosača za sportsku dvoranu u Svetosavskom domu u Kaću. Zatim ugovaram sa „Gajem“, iz Podravske Slatine, isporuku nosača za sportsku salu Osnovne škole Filip Filipović u Nišu. Tom prilikom, zahvaljujući saradnji sa Fabrikom lepljenih konstrukcija iz Voćina na Papuku, ponovo se čujem sa kolegom Žagarom. Pomažem da Hoja, fabrika iz Ljubljane, isporuči konstrukciju za baziliku Katoličkog školskog centra u Ulan Batoru u Mongoliji. U Srbiji veoma dobro sarađujem sa kolegom Čedom Andrićem, vlasnikom Piramide iz Sremske Mitrovice.

Poslednje godine mog profesionalnog rada i dalje posvećujem promociji sistema drvenih konstrukcija. U okviru rada u Inženjerskoj komori držao sam predavanja o drvenim konstrukcijama u Beogradu, Kraljevu, Čačku, Vranju, Subotici... Posebno sam ponosan na priznanje koje su mi ukazale ruske kolege sa Državnog instituta arhitekture i graditeljstva iz grada Penze, pozvavši me da u okviru Okruglog stola govorim o dostignućima u primeni savremenih drvenih konstrukcija u Srbiji. Na sličnoj manifestaciji sam učestvovao na Građevinskom fakultetu u Ulan Batoru u Mongoliji, koja je održana povodom tehničkog prijema objekata Katoličkog obrazovnog centra izgrađenog u glavnom gradu ove azijske države.

Eto, imam utisak, da sam i na planu razvoja tehnologije građenja u lepljenom lameliranom drvetu učinio dovoljno dobrih koraka, i da je ta tehnologija pustila već duboki koren u projektovanju i proizvodnji ovih konstrukcija. Novi, lepi objekti, poput hale u Inđiji ili krova nedovršene sportske hale u Pančevu, potvrda su da sam uspeo, ovog puta ne sam već sa mojim kolegama pobornicima novih ideja u graditeljstvu, da dam moj lični doprinos ovoj tehnici građenja arhitektonskih objekata i objekata parterne arhitekture.

Saradnja na projektovanju konstrukcija sa Projektnim biroom Zavoda za fizičku kulturu u Novom Sadu započeta je početkom sedamdesetih godina prošlog veka na inicijativu mog starijeg kolege sa studija na Arhitektonskom fakultetu u Beogradu, arhitekte Ladislava Filepa. Obnovili smo i učvrstili prijateljstvo na odsluženju vojnog roka tokom 1965. godine u Ilirskoj Bistrici u Sloveniji. Kolega Filep je bio direktor projektnog biroa. Birou je nedostajao projektant konstrukcija tako da sam pozvan da honorarno radim na tom radnom mestu. Ubrzo se ukazala potreba za još jednim projektantom arhitekture, pa nam se pridružio naš kolega arh. Albert Josipović, povratnik iz Nemačke. Prvi projekat arhitekte Josipovića, koji je rađen u tehnici lepljenog lameliranog drveta, bila je nadstrešnica nad gledalištem fudbalskog stadiona u Gornjem Milanovcu. Konstrukcija je bila lepa i smela, u kombinaciji betona i drveta, i sa krutom zategom u vezi drvene konzole strehe i betonskog stuba. Projekat, nažalost, nije realizovan, ali je primena drveta u arhitektonskim inženjerskim konstrukcijama nastavljena.



Sl. E.1. Izvod iz projekta gledališta na fudbalskom stadionu u Gornjem Milanovcu

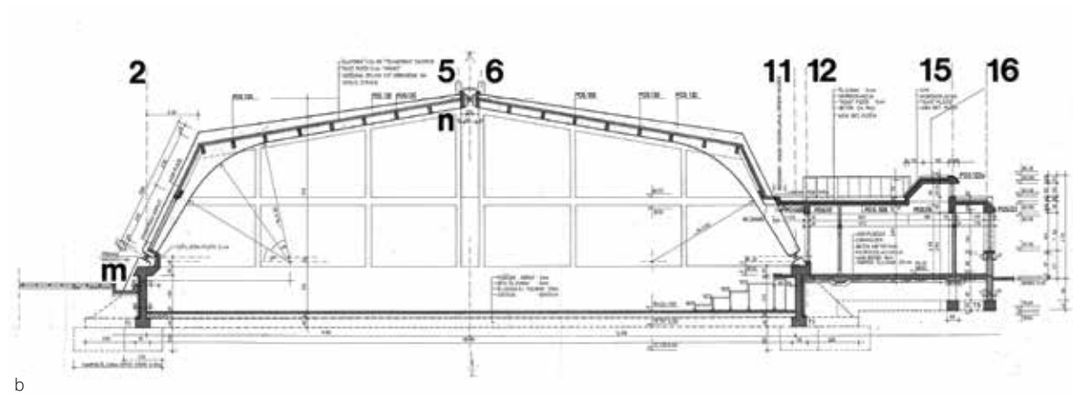
ŠKOLSKO-GRADSKA SPORTSKA DVORANA U KAĆU

Arhitekta Miodrag Grujić, projektant Zavoda, tokom 1976. godine se prihvatio izrade glavnog projekta sportske dvorane u Kaću, malom mestu u blizini Novog Sada, u kome se igrao kvalitetni rukomet. Investitor Samoupravna interesna zajednica za fizičku kulturu Vojvodine postavila je pred projektante komleksan zadatak da se izradi projekat sportske dvorane za male sportove sa višestrukom namenom. Objekat treba da služi kao školska sportska dvorana za zadovoljenje potreba iz programa fizičkog vaspitanja, ali i da služi kao gradska sportska dvorana. Poseban zadatak stavljen je pred projektanta konstruktivnog sistema, jer je konstrukcija objekta morala da bude tako koncipirana da predstavlja standardni proizvod Drvne industrije „Gaj" iz Podravske Slatine, a da u isto vreme bude zadovoljen uslov lakog transporta do mesta gradnje, i da montaža objekta može da se izvede uz pomoć mehanizacije koju je lako angažovati.

Rešenje objekta u osnovi moralo je da zadovolji stroge funkcionalne zahteve koji se postavljaju pred ovakvu vrstu objekta, a da u isto vreme to bude objekat sa dvojnom namenom, kako je zahtevano projektnim programom. Pored borilišta za male sportove (mali rukomet, košarka, odbojka, tenis...) i gledališta za 350 gledalaca, u okvire objekta su ušle i prostorije za sve prateće potrebe: teretana, ostava za rekvizite, mokri čvor, svlačionice za mušku i žensku školsku decu, odnosno dve sportske ekipe, i kabineti nastavnika fizičkog vaspitanja. Objekat je toplom vezom povezan sa školskim objektom, a sa ulične strane predviđen je ulaz, ulazni hol i garderoba za posetioce sportskih priredbi iz grada. Postavljanjem svetlopropusnih traka duž slemena i duž slobodnog podužnog fasadnog zida omogućeno je odvijanje svih sportskih aktivnosti u toku dana bez dodatnog veštačkog osvetljenja. Tokom izvođenja došlo je do izmena u gledalištu: predviđene teleskopske pokretne tribine zamenjene su fiksnim tribina-



a



b

Sl. E.2a,b. Školsko-gradska sportska dvorana u Kaću



a



b

Sl. E.3a,b. Školsko-gradske sportske dvorane u Kostolcu i Podravskoj Slatini

ma, što se u eksploataciji pokazalo opravdanim. Konstruktivni sistem objekta morao je da zadovolji sve programom postavljene zahteve. Pored toga, kao konstruktor i projektant konstruktivnog sistema, postavio sam sebi zadatak da svi elementi drvene konstrukcije objekta imaju i kvalitet više, tj. da, osim čisto statičkog i tehničkog kvaliteta, budu i elementi enterijera i da se svojim prisustvom uklope u opšti karakter objekata i njegov vizuelni karakter. Na tom planu je postojala izvanredna saradnja projektanta objekta i projektanta konstruktivnog sistema. Rezultat toga rada je buduća izgradnja više ovakvih objekata sa dvojnom namenom, sa istom sportskom dvoranom i sa korigovanim pratećim sadržajem funkcije u zavisnosti od lokalnih uslova. Poštujući tehnološke zahteve proizvodnje elemenata konstrukcije od lepljenog lameliranog drveta, zatim uslove transporta i montaže za sistem konstrukcije sportske sale, usvojio sam trozglobni poligonalni luk sa kružnim vutama u čvorovima, gde kosi stubac prelazi u prečku luka. Na taj način je vizuelno smanjen poprečni profil dvorane i dobijen topliji ambijent, što je posebno važno pri odvijanju programa iz oblasti fizičkog vaspitanja, jer se deca ne osećaju izgubljenom u prostoru, a dimenzije rekvizita ostaju u skladu sa elementima prostora, te ne izazivaju otpor pri savlađivanju vežbi. Raspon glavnog nosača − trozglobnog poligonalnog luka je 29.20 m, a međusobni razmak nosača iznosi 4.0 m. Glavni nosač je dimenzionisan na opterećenja (stalna i pokretna, odnosno klimatska) prema važećim propisima i prema lokalnim uslovima. Štapovi su izvedeni od četinarske građe kvaliteta II klase. Lepilo za podužne zupčaste spojeve i za međusobno lepljenje lamela je rezorcin. Zbog minimalnog zakrivljenja lamela sa poluprečnikom od 5.50 m na delu kružne vute usvojene su lamele debljine 32.00 mm. Geometrija jednog od dva elementa trozglobnog luka je tako utvrđena da zakrivljenje vute ne remeti visinu od 7.00 m na ivici borilišta, a da jednovremeno strela zakrivljenog nosača ne prelazi vrednost od 4.50 m. I levi i desni štap luka ima jednaku geometriju, što je vrlo značajno sa aspekta unifikacije elemenata i pojednostavljenja proizvodnje u fabrici lepljenih konstrukcija.

Oslonački zglobovi su podignuti na kotu +2.30 m, na nivo koji omogućuje nesmetano sedenje u zadnjem redu tribina sa jedne strane, a, sa druge strane koji omogućuje oformljenje parapetnih niša za postavljanje grejnih tela u ravni čela stubova. Temeljni stubovi u zidnim platnima prihvataju reakciju lukova u oslonačkim zglobovima i prenose je na stopu temelja, koja je postavljena centrično na rezultantu oslonačkih sila za totalno simetrično opterećenje sistema, bez dejstva vetra. Temeni zglob je projektovan kao dvosečni trn sa obostranim osiguračima protiv ispadanja, a omogućuje laku montažu uz pravilno centrisanje. Elementi oslonačkih zglobova i temenog zgloba su od građevinskog čelika, pocinkovani i obojeni zaštitnim premazom. Sekundarnu krovnu konstrukciju predstavljaju vidne rožnjače raspona 4.00 m. One su od masivnog drveta i obrađene su sa sve četiri strane. Nose daščanu oplatu koja je obrađena sa jedne strane i čini plafon dvorane. Daščana oplata nosi sloj mineralne vune − termoizolacioni sloj, a završni sloj sendviča je aluminijumski profilisani trapezasti lim. Veza između drvenih rožnjača i glavnog nosača izvedena je diskretno postavljenim limenim papučama. Poprečnu stabilnost objekta garantuje sistem spregova za ukrućenje koji su postavljeni u ravni rožnjača. Dijagonale sistema su profili od betonskog gvožđa postavljeni unakrsno, tako da prihvataju samozatežuću silu pri alternativnom dejstvu horizontalnih sila. Vertikale triangulisane strukture čine same rožnjače, dok glavni nosači predstavljaju štapove gornjeg, odnosno donjeg pojasa. Celi sistem je vidan sa donje strane, ali svojim prisustvom, budući da je vrlo pedantno izveden, ne narušava ambijent dvorane.Kalkanski zidovi

dvorane su masivni. Ojačani su vertikalnim i horizontalnim serklažima i sposobni su da prihvate sile koje deluju na njih. Aneks je izveden u klasičnoj armiranobetonskoj konstrukciji. Krovna konstrukcija aneksa se na strani sportske dvorane naslanja na vertikalne čelične stupce, koji su postavljeni u ritmu trozglobnih glavnih nosača i prenose svoju vertikalnu silu na zajednički temeljni stub.

Temelji objekta su tako projektovani da u dodirnoj površini tla i stope napon bude što ravnomernije raspoređen za različite šeme opterećenja. Kako je tlo, na kome je objekat fundiran, slabijeg kvaliteta, to su horizontalne sile trozglobnih lukova, koje se prenose na temelje, prihvaćene armiranobetonskim veznim temeljnim serklažima, ispod nivoa poda sportske dvorane. Sportska dvorana u Kaću je zadovoljila sve zahteve koje je investitor postavio sa funkcionalnog, oblikovnog i tehničkog aspekta. Estetske vrednosti prostora omeđenog drvetom su na nivou koji je svakako iznad prosečnog, a da u tu svrhu nisu korišćeni nikakvi dopunski elementi enterijera. Ti elementi drvene konstrukcije, koji imaju svoju jasnu tehničku vrednost i istovremeno oplemenjuju prostor, opravdali su svoje prisustvo i opredeljenje projektanata za njih i sa ekonomskog aspekta. Cena izgrađenog objekta je u svemu zadovoljila investitora, pa je po prilagođenim projektima, odmah po završetku gradnje sportske dvorane u Kaću, izveo još dve sportske dvorane u Novom Sadu.

Bio je to sjajan projekat, jer se ova gradsko-školska sportska dvorana nametnula po funkciji, jednostavnosti gradnje i rentabilnosti, kao tipska sportska dvorana za male sportove sa gledalištem od 300 mesta, idealna za primenu u manjim gradskim sredinama ili u prigradskim naseljima većih gradova. Ona je preko dana zadovoljavala sve potrebe u organizaciji nastave iz oblasti fizičkog vaspitanja učenika, a u večernjim časovima i vikendom je bila gradski rekreativni i sportski centar. U sledećih desetak godina ta konstrukcija trozglobnog luka u lepljenom lameliranom drvetu je montirana na više od desetak objekata u Srbiji i Hrvatskoj: u Novom Sadu, Kostolcu, Inđiji, Grockoj, Podravskoj Slatini, Vladičinom Hanu...

VELIKA SPORTSKA DVORANA U SVETOSAVSKOM DOMU U KAĆU

Projekat konstrukcije dvorane tipa Kać mi je doneo veliku ličnu projektantsku satisfakciju, jer je investitor nove sportske dvorane u Kaću Novograp iz Novog Sada, kada su mesne potrebe prevazišle kapacitete postojeće dvorane, tražio da se primeni isti konstruktivni sistem u lepljenom lameliranom drvetu u novoj hali sa gledalištem za 3.000 gledalaca. Projekat konstrukcije sam izradio, naravno, sa velikim zadovoljstvom koristeći sva iskustva stečena na projektu prethodne tri hale koje je investitor izgradio. Još je veće zadovoljstvo bila organizacija nabavke, transporta i montaže te konstrukcije. Naše porodično preduzeće LKV Centar, kao podi-



Sl. E.4a-h.Proces montaže LLD konstrukcije



a



b

Sl. E.5a,b. Sportska dvorana u okviru Svetosavskog doma u Kaću, tokom izgradnje i u punoj funkciji

zvođač Novograpa, zaključilo je ugovor o izgradnji drvene konstrukcije dvorane koja se gradila u okviru Svetosavskog sportskog centra.

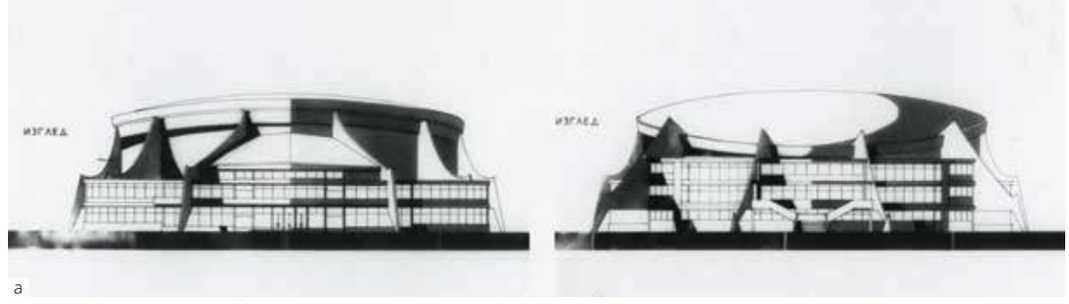
Tih dana, krajem 1999. godine, stupili smo u kontakt sa fabrikom lepljenih konstrukcija Krivaja u Zavidovićima, zaključili sa njom ugovor o proizvodnji i isporuci konstrukcije. Konstrukcija je kvalitetno proizvedena uz moje intervencije i kontrolu procesa proizvodnje u Zavidovićima. U Krivaji je radila nova posleratna ekipa majstora bez velikog iskustva, te je moje prisustvo tokom proizvodnje nosača bilo obostrano korisno. Montažu sam uspeo da sprovedem uz pomoć iskusnih beogradskih montažera, koji su i ranije radili na takvim poslovima u Krivaji.

DOM KULTURE I SPORTOVA U OBRENOVCU

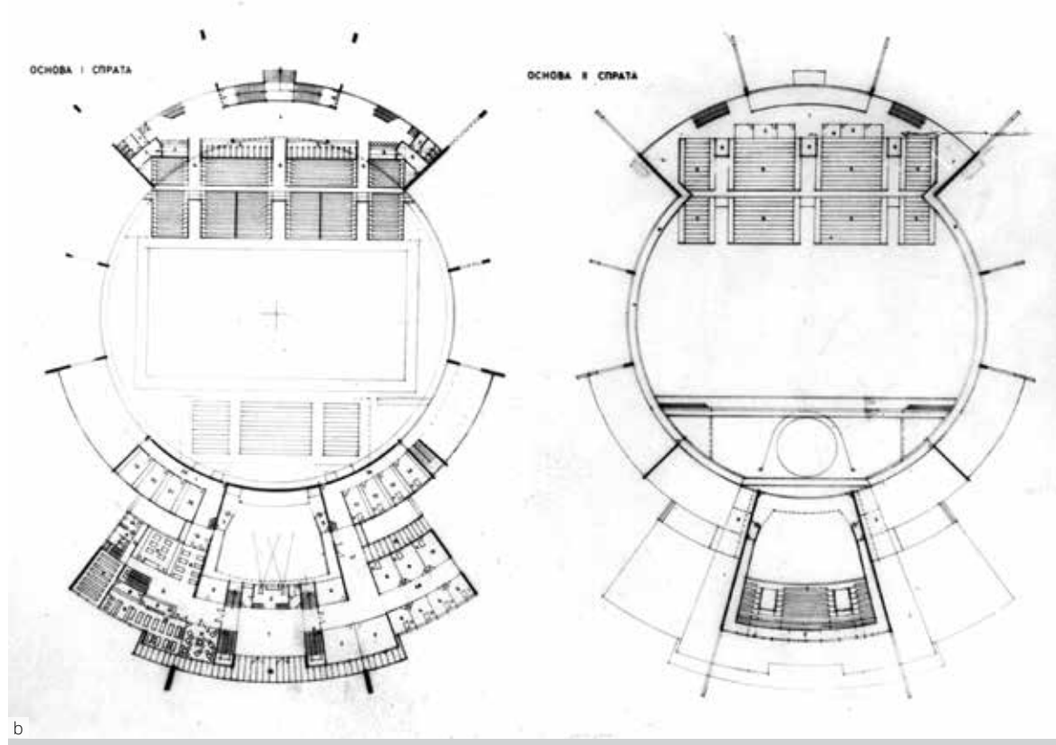
Velika dvorana Doma kulture i sportova u Obrenovcu ima višestruku namenu. Projektom je predviđeno da se u njoj odvijaju aktivnosti iz oblasti fizičke kulture i sporta, da deo dvorane, koji služi kao scenski prostor u okviru pozorišta, može da se pretvori u dodatno gledalište za velike sportske priredbe ili za total-teatar, odnosno za modne revije ili koncerte izvođača različitih žanrova. U tom smislu projektovana je dvorana nepravilnog kružnog oblika sa segmentima krugova iz četiri centra, čime se dobijaju glavne ose osnove od 58 i 60 metara.

Nad takvom dvoranom trebalo je projektovati laku krovnu konstrukciju čija će izgradnja biti jednostavna, a montaža laka, i koja mora imati što manji obodni prsten, jer je betoniranje velikih betonskih masa na prosečnoj visini od 18.00 m iznad poda dvorane vrlo skup zahvat. Investitor je poverio Arhitektonskom fakultetu u Beogradu da, kao alternativno rešenje rešenju u čeliku, u saradnji sa DI „Gaj“ iz Podravske Slatine izradi izvođački projekat krovne konstrukcije u lepljenom lameliranom drvetu. Ponuđeni projekat u drvetu je prihvaćen za izvođenje i početkom 1979. godine je izvedena krovna konstrukcija u drvetu nad velikom dvoranom Doma kulture i sportova u Obrenovcu.

Osnovni problem koji sam morao da rešim na samom početku postupka projektovanja, odnosio se na geometriju forme krovne konstrukcije u odnosu na nepravilnu geometriju osnove objekta. Za uspešnu realizaciju gradnje nije moglo biti prihvaćeno rešenje koje nije podrazumevalo kompletnu unifikaciju elemenata krovne strukture. Definišući ovaj princip, pošao sam od ideje da se nad nepravilnom osnovom postavi rebrasta kupola čija je baza kružnica. Ova kružnica mora da odstupa podjednako na obe strane od linije obodnih zidova dvorane. Iz uslova najvećeg pozitivnog i negativnog odstupanja trebalo je odrediti minimalnu širinu lakog betonskog kružnog prstena, nad kojim će biti izvedena rebrasta kupola. Utvrdio sam da prečnik kružnog betonskog pokrivnog prstena iznosi 59.00 m, da je širina prstena od 1.00 m dovoljna da pokrije razlike u odstupanjima osnove dvorane od osnove rebraste kupole, s tim da je u kritičkim tačkama minimalno prepuštanje betonskog prstena u odnosu na odgovarajuću površinu betonskog zida 5.00 cm. Ovakvo rešenje se pokazalo opravdanim, jer je, vizuelno, prsten odvojen od betonskog obodnog zida u svakoj tački. Veličina odstupanja površine prstena od površine zida nije lako uočljiva, jer se razlika sagledava kontinualno i postupno (na dužini od 46.00 m duž kružnog luka odstupanje od 5.00 cm dostigne meru odstupanja od 65 cm). Sledeći geometrijski problem bio je vezan za podelu sferne površine na jednaki broj segmenata i na što manji broj različitih elemenata konstruktivnog sklopa i osnovnih elemenata površne sfere. Pošto, iz statičkih razloga, rebrasta kupola ne predstavlja deo kalote već nastaje rotacijom kvadratne parabole, to nije mogla biti primenjena ni jedna poznata metoda podele lopte ili delova lopte na jednake elemente površine. Posebnim istraživanjem našao sam rešenje koje je i prihvaćeno, koje sfernu površinu zamenjuje poliedrom čija su temena na zadnjoj sferi nastaloj rotacijom kvadratne parabole, koja je bliska formi potporne linije osnovnog luka.

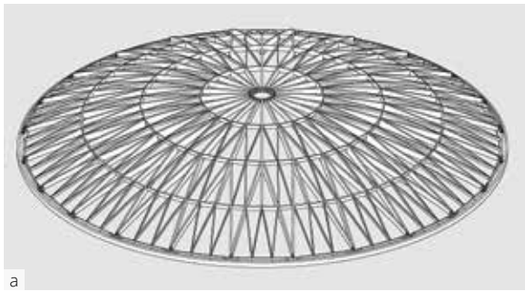


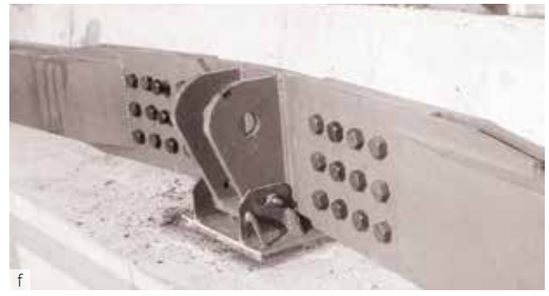
a



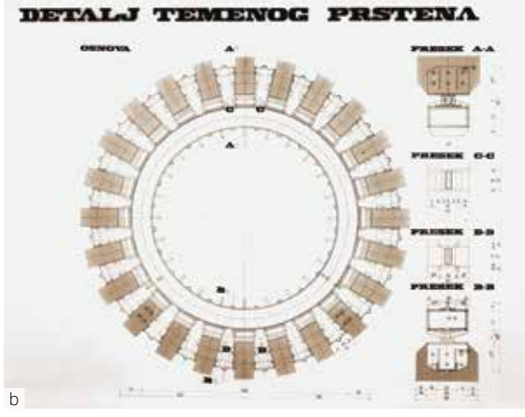
b

Sl. E.6a,b. Programska studija Doma kulture i sportova u Obrenovcu


a

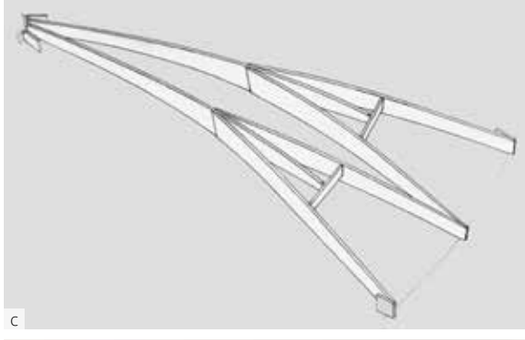

f


j



b


g


c


h


k


d


e


i


l

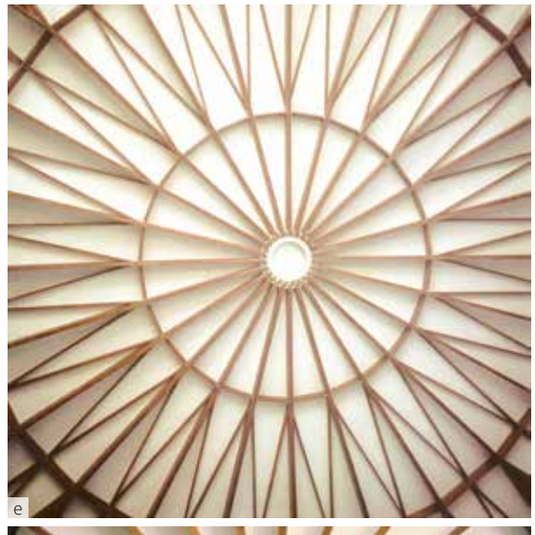
Sl. E.7a-l. Dom kulture i sportova u Obrenovcu u izgradnji 1978/79. godine


a


b


c


d


e


f

Sl. E.8a-f. Dom kulture i sportova u Obrenovcu u izgradnji 1978/79. godine

Tako je osnovni element krovne strukture račvasti nosač - polovine trozglobnog luka, koji predstavlja stabilni prostorni nosač. Njegovom multiplikacijom obrazovana je rebrasta kupola, koja u poprečnom preseku daje formu koja se odlikuje u statičkom smislu velikim normalnim silama i vrlo malim momentima, naprezanjima koja vrlo dobro odgovaraju mehaničkim karakteristikama drveta. Osnovni poluluk je sastavljen iz jednog srednjeg drvenog rebra, dva bočna rebra, koja se u polovini ukupne dužine poluluka račvaju, i jedne drvene prihvatnice koja u četvrtini dužine poluluka prihvata kraj srednjeg rebra i prenosi sile na bočna rebra. Na ovakav način obrazovan je jedan prostorni sistem, koji pokriva znatnu površinu osnove, a koncipiran je tako da se dobija nosač ukupne dužine od blizu trideset metara. Ako bi konstrukcija kupole bila sastavljena iz radijalno postavljenih jednodelnih štapova, ovako dug nosač ne bi mogao da bude transportovan našim putevima iz fabrike lepljenih konstrukcija. Izvođenjem predloženih račvastih štapova, koji se iz kraćih delova montiraju na samom gradilištu, postiže se željena dužina, pokriva se veća površina, a u predviđenim čvorovima se moraju prihvatiti mehaničkim spojnim sredstvima samo transverzalne i normalne sile, što je daleko lakši zahvat u odnosu na izvođenje montažnog nastavka opterećenog i momentom savijanja. Pored 24 ovako komponovana nosača, u kojima je najduži štap dužine 21.00 m, postoji i sekundarni nivo drvenih rebara koji prihvataju opterećenja sa površina koje nisu pokrivene površinom glavnih nosača, i prenose ih posredno ili neposredno na čvorove glavnih nosača. Pravac ovih rebara je blizak radijalnom pravcu. U karakterističnim odstojanjima, mereno od centra kružnice, obrazovana su tri koncentrična prstena od drvenih elemenata. Oni imaju poligonalni oblik, a zadatak im je da međusobno povežu glavne nosače, da spreče njihovo bočno izvijanje usled normalne sile pritiska i da upotpune kompletnu triangulaciju elemenata poliedra. Njihovom montažom je dobijen krut kavez od elemenata u drvetu, a svi elementi triangulisane rešetkaste strukture su međusobno zglobno vezani. Sve te međusobne veze elemenata strukture su prostudirane sa konstruktivnog i estetskog aspekta. Težio sam da, uz zadovoljenje uslova prenošenja sila, jedna takva veza ima i svoju estetsku vrednost u okviru kompletnog vizuelnog rešenja. Obodni prsten, dakle, ima dvojako naprezanje: zatezanje usled radijalnih horizontalnih sila i savijanje usled vertikalnih sila − reakcija krovne drvene strukture. Iz slova, postavljenih u projektnom zadatku, odabrao sam varijantu u kojoj je obodni prsten razdvojen na dva autonomna dela: čelični deo prstena, poligon sa 24 strane ima isključivo zadatak da prihvati horizontalne sile i međusobno ih uravnoteži, i betonski deo prstena koji ima zadatak da prihvati gravitaciono opterećenje od krova, sopstvenu težinu i težinu čeličnog dela prstena, i da ih prenese na 12 oslonačkih tačaka. Betonski deo prstena ujedno ima zadatak da svojom širinom pokrije razliku između nepravilne površine osnove i pravilne baze krovne strukture. Čelični prsten je zategnuti element bez savijanja (osim za dejstvo vetra usled sopstvene težine), dok je betonski prsten oslobođen svake normalne sile, a napregnut je isključivo na savijanje i zanemarljivu torziju. Ovakvom konstruktivnom koncepcijom u razdvajanju različitih faza naprezanja masa betonskog prstena je svedena na minimum i omogućena je laka montaža i jednostavno izvođenje radova na velikoj visini. Oslobađanjem betonskog dela prstena od pojave zatezanja po montaži kompletne konstrukcije, sprečena je pojava prslina i korozija armature, što bi moglo da spreči samo betoniranje u dve faze. Ovakav tehnološki postupak bi u ovoj situaciji bio neizvodljiv, kao što bi bilo vrlo skupo i tehnički teško izvodljivo prednaprezanje betonskog dela prstena. Betonski prsten je oslonjen na betonska platna – kontrafore, preko posebno projektovanih ležišta. Ova ležišta prenose vertikalnu silu na betonska zidna platna – na kontrafore, i ne dozvoljavaju bilo kakvo pomeranje u tangencijalnom pravcu, dok su potpuno pokretna u radijalnom pravcu. Na taj način prsten je rasterećen uticaja promena temperature u osi prstena. Odizanje prstena je sprečeno povezivanjem prstena po celom obimu, van oslonca, sa betonskim obodnim zidovima preko elastične veze koja prima samo zatezanje, a dozvoljava svako pomeranje po horizontalnom pravcu.

Međusobne veze štapova izvedene su isključivo zavrtnjima, a tamo gde takva veza nije mogla biti ostvarena projektovane su metalne papuče, koje su najčešće ukopane u drvnu masu, kako bi samo matice zavrtnja i podloške bile vidne na površini drvenog stapa. Račvasti glavni nosači – polulukovi, se u temenom zglobu oslanjaju na temeni čelični prsten prečnika 2.00 m. Međusobna veza drvenih račvastih elemenata konstrukcije i temenog prstena je tako projektovana da omogućuje rotaciju oko horizontalne ose, a da sprečava podužno i vertikalno pomeranje, kako je u statičkom sistemu bilo predviđeno. Pri konstruisanju ove veze poseban problem je predstavljalo prihvatanje sile usled dejstva vetra. Pri ovom dejstvu dolazi do raspada sistema ukoliko veza ne može da prihvati i zatezanje. Iz tih razloga predviđen je sistem „zabravljivanja“ već izvedene veze na kontakt i uspostavljena stabilna veza u temenom zglobu za zatežuću normalnu silu. Ovako koncipirana veza omogućila je vrlo laku montažu elemenata na malom međusobnom rastojanju uz punu sigurnost i pokrivanje svih naprezanja koja se javljaju u spoju za sve vrste opterećenja. Na nivou oslonačkih zglobova račvastih glavnih nosača postavljen je obodni kružni prsten koji ima dvojaki zadatak u statičkom smislu: da prihvati horizontalne komponente reakcije glavnih račvastih nosača i međusobno ih uravnoteži, i da prihvati vertikalne komponente reakcija i prenese ih samo na 12 tačaka na koje može da se osloni obodni prsten. Obodni betonski zidovi dvorane se ne smatraju osloncima prstena već su oslonci radijalno postavljeni betonski zidovi − kontrafori.

Veza između čeličnog dela prstena i betonskog dela prstena morala je da zadovolji više uslova. Izvedena je uz pomoć neoprenskih ležišta koji omogućuju pomeranja u radijalnom pravcu, a prenose vertikalnu silu koja se kao komponenta reakcije opterećenja krovne strukture uključuje na nivou obodnog čeličnog prstena. Montaža čeličnog dela prstena je obavljena u letnjem periodu, što se i očekivalo, pri temperaturi od 30 ºC. Neopterećeni čelični prsten zauzeo je svoj sistemni položaj. Uključivanjem horizontalne komponente reakcije krovne strukture, pojavom sila zatezanja došlo je do povećanja obima poligonskog prstena i radijalnog pomeranja njegovih čvorova od centra ka periferiji osnove. Takva radijalna pomeranja su sračunata i iznose 17 mm. S druge strane, usled mogućeg pada temperature u narednom periodu na -15 ºC, za temperaturne promene od 45 ºC u osi poligonskog prstena dolazi do smanjenja obima prstena i do skraćivanja prečnika opisanog kruga oko poligona, odnosno do vraćanja čvornih tačaka ka centru osnove. Za rešenje ovog problema najjednostavnije je bilo ubaciti neoprenski uložak u oslonačku vezu, čime se onemogućuju bilo kakva parazitska ili nepredviđena naprezanja čeličnog i betonskog dela obodnog prstena.

Pomeranja oslonačkih tačaka krovne strukture u radijalnom pravcu se odražavaju i na vertikalna pomeranja temena konstrukcije. Ovaj efekat je uzet u obzir i pri određivanju geometrije elemenata krovne strukture. Zadato je nadvišenje konstrukcije od 25 cm, što će pri najnepovoljnijoj kombinaciji opterećenja dati sistemu linija lukova formu blisku proračunatoj ili će odstupanja biti na strani sigurnosti. Zbog potrebne veće visine nad scenom pozorišne dvorane, koja pripada velikoj dvorani, ravan obodnog prstena je nagnuta u pravcu podužne ose objekta za ugao od 6,59o. Pri proračunu krovne strukture ovaj nagib nije uzet u račun, ali pri koncipiranju oslonačkih veza elemenata obodnog prstena između sebe i sa betonskim zidnim platnima – kontraforima, ovaj efekat je ozbiljno razmatran. Sistemom oslonca svako tangencijalno kretanje krovne strukture ili njenih delova je sprečeno.

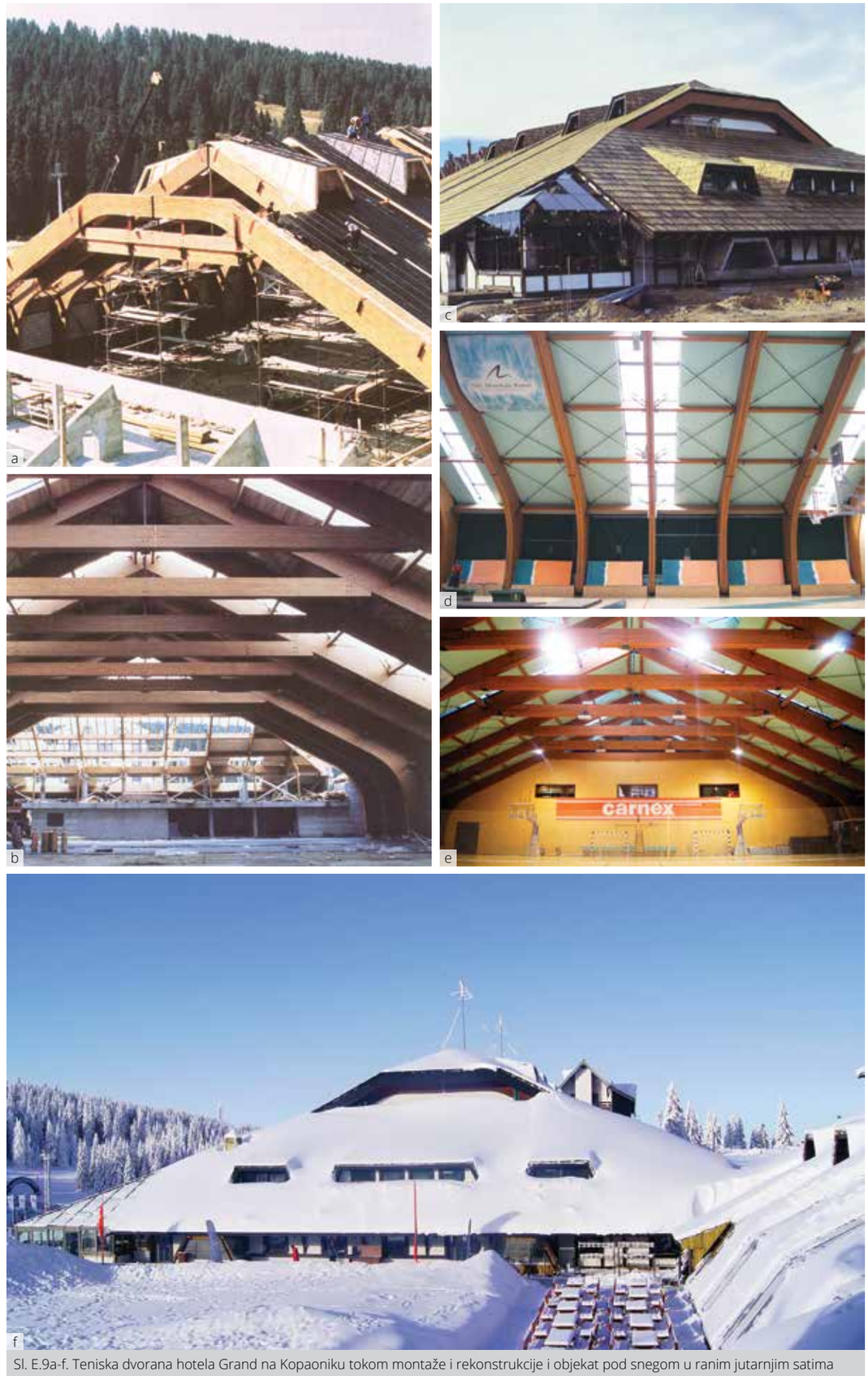
Preko triangulisane krovne strukture postavljen je sendvič od oplemenjene iverice u ukupnoj debljini od 10.00 cm. Izmedju gornje i donje iverice postavljena su drvena noseća rebra, a međuprostor je ispunjen mineralnom vunom. Sa samo šest tipova ovakvih krovnih sendvič-ploča pokrivena je celokupna poliedarska forma krovne strukture, što pokazuje da je podela kupole na osnovne krovne elemente bila uspešna. Ovako oformljena krovna površina zaštićena je od uticaja vlage klasičnom hidroizolacijom sa završenim spojevima. Konstruktivni sistem je proračunat za tri šeme mogućeg opterećenja: za totalnu šemu opterećenja od sopstvene težine i klimatskog opterećenja snegom, bez dejstva vetra po celoj površini reprezentativnog segmenta konstrukcije; zatim za totalno opterećenje po jednoj polovini reprezentativnog segmenta, dok je na drugoj strani to isto opterećenje umanjeno za polovinu intenziteta od snega, takođe bez dejstva vetra; dok treća šema opterećenja uključuje dejstvo vetra po celoj površini u kombinaciji sa stalnim teretom. Kako je za ovakve oblike krovnih površina dejstvo vetra sišuće, to je za proračun međusobnih veza elemenata konstrukcije bila vrlo važna ova šema opterećenja koja

je dala uticaj suprotnog znaka od uticaja u šemama I i II. Došao sam do zaključka da se u kombinaciji opterećenja od stalnog tereta i vetra, bez dejstva snega, krovna konstrukcija odiže i da je treba ankerovati za obodnu betonsku konstrukciju.

Tokom svog postojanja krovna konstrukcija je dokazala svoju nosivost u dva slučaja kada je opterećenje po njoj bilo van svih propisa i normi. Odmah po montaži kompletne drvene strukture, čemu je služila centralna skela od čeličnih profila postavljena ispod temenog prstena, konstrukcija je bila izložena velikoj koncentrisanoj sili u samom temenu. Zapravo, da bi čelični temeni prsten zauzeo svoje mesto u prostoru, bila je podignuta centralna skela za koju je, po centrisanju, zavaren čelični prsten kako se ne bi pomerao po horizontali pri montaži prvih polulukova. Njegovo centrisanje po vertikali je vršeno velikim zavrtnjima - „špinglama". Prilikom skidanja skele, trebalo je prvo odvrnuti „špingle" kako bi konstrukcija preuzela opterećenje i kako bi se uspostavilo dejstvo luka. Radnik, koji je vodio montažu, smetnuo je sa uma da postoji zavarena veza između „špingli" i temena čeličnog prstena, pa je dozvolio da se visina skele toliko skrati, da je ona praktično bila obešena o konstrukciju što je dovelo do pucanja varova i oslobađanja skele. Da bi se shvatila veličina ovog neželjenog probnog opterećenja, treba imati u vidu da je centralna skela bila visoka 27.00 metara. U zimu 1979/80. godine je pao veliki sneg. Prvog sunčanog dana došlo je do otapanja i klizanja snega sa južne strane kupole, dok je na severnoj strani sneg ostao u punom intenzitetu. Ni ovo enormno asimetrično opterećenje nije imalo nikakvog uticaja na stabilnost strukture, što dokazuje da su radovi na projektovanju i izvodjenju obavljeni korektno. Svi elementi drvene strukture izvedeni su od četinarske građe I i II kvalitetne klase i svi međusobni spojevi lamela, kao i podužni zupčasti spojevi, izvedeni su rezorcinskim lepilom. Sprovedena je striktna zaštita drveta protiv insekata, gljivica, vlage i požara na bazi xylodecora i pirostopa. Elementi veza i okova od čelika zaštićeni su osnovnim premazima i obojeni belo. Donja površina krovnih ploča je oplemenjena belom melaminskom folijom, pa u kombinaciji sa kestenjasto obojenim elementima drvene strukture, daje poseban šarm enterijerskom rešenju velike sportske dvorane. Objekat je bio prikazan na Salonu arhitekture 1979. godine. Tokom razaranja Srbije 1999. godine, pokrivač kupole je neznatno oštećen, dok je sama konstrukcija lako podnela sva vanredna opterećenja.

TENISKA DVORANA U OKVIRU HOTELA GRAND NA KOPAONIKU

Arh. Zoran Đorđević, projektant, čiji je zadatak bio da rekonstruiše kopaonički hotel Karavan, opredelio se da prateći sadržaj novoprojektovanog hotela Grand, sportsku tenis dvoranu sa tri terena, solarijum i hotelski bazen, projektuje u tehnici lepljenog lameliranog drveta. Uključio sam se u ovaj projekat



Sl. E.9a-f. Teniska dvorana hotela Grand na Kopaoniku tokom montaže i rekonstrukcije i objekat pod snegom u ranim jutarnjim satima

i sarađivao sa projektantom betonskog dela konstrukcije objekta inž. Rankom Ristićem, čiji je zadatak bio da prihvati uticaje drvene konstrukcije, iz dela mog projekta konstrukcije, i prenese na betonsku konstrukciju. Ta saradnja je bila divna. Obilovala je silnom profesionalnom borbom mišljenja i iznedrila divan projekat konstrukcije kompleksa hotela. Enormno opterećenje od snega na ovoj visokoj i surovoj planini bilo je nešto što do tada nisam imao u svojoj već dugoj praksi. Dvodelni preseci glavnih nosača u sistemu trozglobnih lukova mogli su da prihvate ta velika opterećenja, ali je dijagonalni nosač u grebenu krovne četvorovodne konstrukcije morao da bude čak trodelnog preseka. Bojao sam da će u eksploataciji ovakvi preseci biti veoma teški u enterijeru. Pokazalo se, međutim, da to što su preseci dvodelni i trodelni, da baš ta fuga od samo 10 mm izmedju dva dela preseka, čini nosače veoma elegantnim u tom ogromnom prostoru.

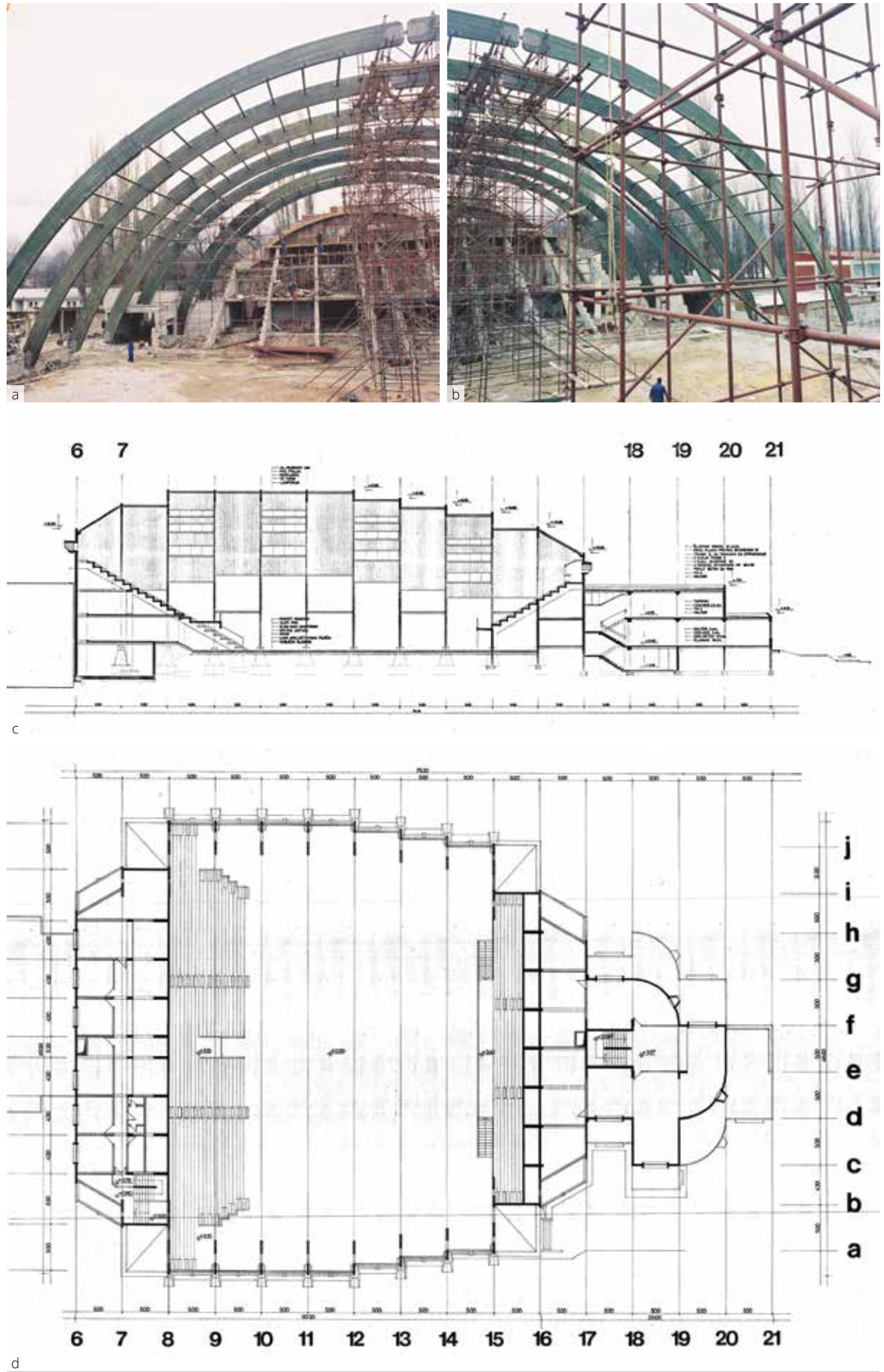
Pri prvom obilasku izgrađenog objekta, kada sam sa porodicom došao na Kopaonik na skijanje, našao sam se u kafeu na galeriji, sa koga se videla kompletna teniska dvorana, sa svim glavnim nosačima i onim dijagonalnim trodelnim nosačima koji formiraju drugo čelo dvorane. Sve mi je izgledalo veoma, veoma ukusno i skladno tako da sam seo za sto kafea, tačno u osi hale, naručio dva pića i neskromno čestitao sam sebi.

Hotelski kompleks, uključujući dvoranu, solarijum i bazen, detaljno su renovirani i prilagođeni inoviranoj funkciji hotela, koji je preuzela holding kompanija MK Group. Imao sam sreću i veliko zadovoljstvo da konsultativno učestvujem u toj akciji. Radilo se na manjim dopunama i izmenama programske funkcije objekta, na šta je značajno uticala konstrukcija objekata. Pedantant investitor me je konsultovao i posle iznenadnog požara na stambenom delu hotelskog kompleksa, kada je drvena konstrukcija nad solarijumom bila neznatno zahvaćena vatrom. Briga o kompleksu i primenjenoj drvenoj konstrukciji na objektima kompleksa nije baš česta pojava u našoj sredini.

SPORTSKA DVORANA U GOSTIVARU, MAKEDONIJA

U užem centru Gostivara projektovan je i izveden objekat čijim volumenom je jednostavno obuhvaćeno više funkcija od interesa za grad. Tri osnovna sadržaja se izdvajaju po funkciji: sportska dvorana sa gledalištem za 2.500 gledalaca i svim pratećim sadržajem, pionirski dom i trgovački centar.

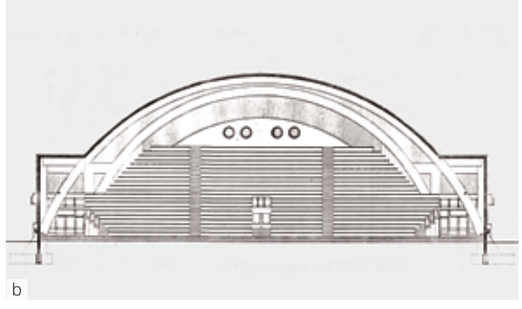
U konstruktivnom sistemu objekta zastupljena su dva osnovna materijala: betonska skeletna konstrukcija na delu pionirskog doma i trgovačkog centra, uključujući i konstrukciju gledalista sportske dvorane, i drvena struktura nad borilištem i gledalištem sportske dvorane. Osnovni element krovne strukture je trozglobni luk nad rasponom od 47.60 m. Luk ima kružnu osu sa temenim zglobom na visini od 16.72 m. Međusobno rastojanje lukova je 5.00 m. Sportsku dvoranu pokriva niz



Sl. E.10a-g. Konstrukcija sportske dvorane u Gostivaru tokom montaže, Makedonija



a



b



c

Sl. E.11a-c. Konstrukcija sportske dvorane u Gostivaru tokom montaže, Makedonija

kružnih drvenih lukova različitog raspona koji se kaskadnoređaju u pravcu gledališta, koje se nalazi na obe podužne strane borilišta. Preko drvenih lukova postavljene su takođe drvene rožnjače koje nose krovni sendvič: aluminijumski lim − kao hidroizolaciju, mineralnu vunu − kao termoizolaciju, tampon i plafon od lamperije. Bočno izvijanje nosača vitkog poprečnog preseka (18 x 120 cm) sprečeno je ugrađivanjem posebnih spregova za ukrućenje, a daščani plafon, zajedno sa sistemom ispune od ukrštenih mekih dijagonala čini dodatni sistem za sprečavanje izvijanja ravni nosača. Elementi strukture krova su jednovremeni elementi enterijera sportske dvorane, što čini posebni kvalitet u oblikovanju i koncipiranju prostornih rešenja objekata u odnosu na funkciju, konstrukciju i utilitarnost. Elementi drvene konstrukcije zaštićeni su premazima protiv vlage, gljivica i insekata, a poprečni presek elemenata osnovne noseće konstrukcije garantuje vatrootpornost objekta u trajanju od jednog časa.

SPORTSKA DVORANA U MOJKOVCU, CRNA GORA

Lokacija za izgradnju sportske dvorane definisana je urbanističkim uslovima u krugu Školskog obrazovnog centra. Objekat, prema projektnom zadatku, treba da služi za svakodnevno odvijanje aktivnosti iz oblasti fizičkog vaspitanja školske dece i da služi za zadovoljenje potreba sportskih aktivnosti omladine i sportista Mojkovca. Posebno je uslovljena veza sa budućim bazenom za plivanje, koji će biti sagrađen u drugoj fazi gradnje celovitog sportskog kompleksa, i njihova topla veza sa školskim objektom.

Sa građevinskog aspekta, uslovljena je montažna gradnja, a prihvaćen je predlog projektanata da se objekat izvede u lepljenom lameliranom drvetu i drvetu, u tehnici suve montaže. Funkcionalna dispozicija prostora u osnovi morala je da zadovolji oštro postavljene uslove i omogući nesmetano obavljanje različitih aktivnosti vezanih za fizičko vaspitanje, sport i rekreaciju. U tom smislu je projektovana sportska dvorana sa borilištem za male sportove, gde se alternativno može igrati rukomet (jedan teren), košarka (tri terena) i odbojka (četiri terena), odnosno gde se može odvijati kompletan školski program iz domena fizičkog vaspitanja i borilačkih veština. U okviru same dvorane projektovano je gradilište sa 350 fiksnih sedišta za gledaoce. Niži deo objekta, u kome nije neophodna minimalna visina od 7.00 m, koliko se traži nad sportskim terenima, sadrži neophodne prostore koji omogućuju odvijanje svih aktivnosti vezanih za održavanje časova fizičkog vaspitanja: spravaonicu, kabinet za nastavnike fizičkog vaspitanja, svlačionice za mušku i žensku decu, mokri čvor i toplu vezu sa školskom zgradom, prostor za održavanje treninga i sportskih priredbi iz domena malih sportova i borilačkih sportova: prostorije za sedište uprava klubova, svlačionice za sudije (sportisti koriste svlačionice u alternaciji sa korisnicima iz škole) sa jedne strane, i ulaznu partiju sa biletarnicom, holom, mokrim čvorom i garderobom pred ulazom na tribine sa druge strane. Osnovno funkcionalno rešenje sa minimalnom kvadraturom površine prostora potpuno je zadovoljilo projektne uslove i želje investitora.

Lepljeno lamelirano drvo i masivno drvo kao građevinski materijal koji je predložen investitoru od strane projektanata, i koji je prihvaćen u realizaciji objekta, odabran je među ostalim materijalima zbog mogućnosti da se jedinstvenim zahtevom reše mnogi tehnički i estetski zahtevi koji se postavljaju pred objekte ovakve vrste. Primenom drveta mnogi problemi vezani za građevinsku fiziku su unapred rešeni: problemi termičkih mostova, kondenzacije i korozije ne postoje, a problem protivpožarne stabilnosti konstrukcije je manje izražen u odnosu na druge materijale, što garantuje izvanrednu sigurnost korisniku u slučaju incidenata takve vrste. Poseban kvalitet u primeni drveta kao materijala za konstruktivni sistem objekta predstavlja činjenica da je svaki noseći element u isto vreme i konačni element enterijerske obrade prostora. Na ovaj način su ušteđena značajna sredstva u rešavanju estetskih zahteva pri oblikovanju prostora, što opet, pred projektanta konstukcije postavlja niz zahteva pri rešavanju detalja veza i čvorova i pri oblikovanju konstruktivnih elemenata noseće strukture. Kao projektant konstrukcije, budući da sam jednovremeno bio i koautor projektnog rešenja, pri koncipiranju konstruktivnog sistema vodio sam računa o svim elementima konstrukcije, s tim da svaki detalj mora da zadovolji najpre uslove stabilnosti, a zatim, sa tehničkog aspekta, uslove montaže i ugradnje, i najzad da se uklopi u opšti koncept prostornog enterijerskog rešenja. Posebno su projektovani i oblikovani čvorni elementi veza glavnog nosača u osloncima i u temenom zglobu u čeliku. Takvi čelični elementi, koji moraju da prenesu znatne sile, mogu da naruše harmoniju vitkih drvenih elemenata koji praktično lebde u prostoru, zbog svojih velikih dimenzija i po pravilu u lošoj radioničkoj izradi. Na ovom projektu se težilo da se svi takvi neophodni konstruktivni elementi prilagode toku sila i dimenzijama elemenata u drvetu, da se postave između drvenih elemenata ili ukopaju u drvo, kako bi vizuelno bili što manje prisutni. Ovakav stav ima i posebno opravdanje: čelični elementi veza u drvenoj konstrukciji, ako su vidni i ako se ne nalaze u masi drvenih elemenata konstruktivnog sistema, su najslabija mesta na konstrukciji pri pojavi požara − do raspada konstruktivnog sistema može doći upravo zbog deformacija čeličnih elemenata, a ne zbog narušene otpornosti elemenata od drveta. Zaklanjanjem čeličnog okova postiže se, pored vizuelnog efekta, i povećana sigurnost konstrukcije. Svuda gde je to bilo moguće, međusobne veze elemenata drvene konstrukcije izvedene su drvenim umetcima i zavrtnjima ili samo zavrtnjima, u besprekornom redu, što je izvođača radova obavezivalo na vrlo precizan i pedantan rad, u čemu je on u potpunosti zadovoljio. Osnovni element konstruktivnog sistema je trozglobni luk osovinskog

raspona L= 30.90 m. Međusobni razmak glavnih nosača je 4.00 m. Forma trozglobnog luka − osnovnog elementa konstruktivnog sklopa, je proizišla iz osnovnog funkcionalnog uslova objekta: raspon iz uslova smeštaja borilišta i gledališta, a visina temenog zgoba iz uslova minimalne visine od 7.00 m nad površinom borilišta, odnosno iz potrebnog nagibnog ugla pokrivača. Na formu luka uticao je i poseban problem vezan isključivo za transportne uslove. Ravni štapovi nisu mogli biti duži od 15.00 m, jer ne bi mogli biti transportovani iz fabrike lepljenih konstrukcija u Podravskoj Slatini do mesta montaže u Mojkovcu zbog oštrih krivina i serpentina na tom putu. Ovaj uslov je isključio osnovnu formu trozglobnog luka sa kolenastim štapovima, čak i ako je tetiva tako zakrivljenog štapa manja od 15.00 m. Tuneli na putu ne omogućuju prolaz transportu visine preko 4.00 m. Iz tih razloga osnovna polovina trozglobnog luka je montirana na licu mesta i sastavljena je iz jednodelne prečke i razuđenog stupca. Deo čvornog momenta koji pripada stubu u tački gde stub prelazi u prečku, rastavljen je na spreg sila: pritiskujuću silu tog sprega prihvata dvojni kosi drveni stubac, a zatežuću silu prihvata međuprozorski čelični vertikalni stubac. Veza između drvenog udvojenog stuba sa prečkom izvedena je zavrtnjima i drvenim uloškom. Elementi drvenog stupca međusobno su vezani drvenim ulošcima i zavrtnjima − mehaničkom vezom – i sračunati kao pritisnuti elementi složenog preseka. Čelični zategnuti element razuđenog stupca – zatega, izvedena je od valjanih čeličnih profila i preko specijalno oblikovane papuče prenosi svoju silu na prečku preko značajne kontaktne površine, jer je isključeno svako gnječenje drveta usled pritiska upravno na pravac pružanja vlakana drvenog štapa. Sa druge strane, zatega je vezana za element čeličnog oslonačkog zgloba jednim montažnim zavrtnjem prečnika 40.00 mm. Ova čelična zatega ima višestruku funkciju. Pored osnovnog elementa konstrukcije, to je element fasadne bravarije, a služi kao oslonac krovnim nosačima aneksa − nižeg dela objekta. Angažovanje zatege, kao nosača krovnih elemenata aneksa, ima svoj novi puni smisao, jer reakcija koja se uključuje na mestu veze krovnih nosača aneksa, smanjuje normalnu zatežuću silu u štapu i omogućuje elegantniju vezu zatege u oslonačkom čvoru. Volumen objekta ograničen je fasadnim ravnima u ravni zatega. Tako oformljen prostor vizuelno je smanjen koso postavljenim drvenim stupcima i spregovima za ukućenje objekta u podužnom smislu, postavljenim između drvenih stubova, bez stvarnog smanjenja kubature prostora neophodne za nesmetano odvijanje sportskih aktivnosti. Oslonački zglobovi su podignuti za 2.70 m od poda borilišta. Na taj način kosi stubovi ne smetaju gledaocima na delu gledališta dok na suprotnoj stani omogućuju oformljenje niša u koje su, iza maski, postavljena grejna tela. Preko prečki glavnog nosača postavljen je sistem drvenih rožnjača. Raspon rožnjača je 4.00 m, što je i komercijalna dužina rezane građe, a o čemu su projektanti vodili računa pri koncipiranju konstruktivnog sistema hale. Rožnjače nose alu-sendvič čija je debljina



Sl. E.10. Montaža drvene konstrukcije Sportske dvorane u Mojkovcu 1979. godine

ispune utvrđena termičkim proračunom, odnosno nose svetlopropusnu traku širine 2.00 m po celoj dužini sportske dvorane (duž slemena). Niži deo objekta je takođe prokriven alu-sendvičem preko drvenih rožnjača. Rožnjače se oslanjaju na drvene podvlake sistema proste grede najvećeg raspona od 12.40 m, a podvlake na čelične fasadne stupce na slobodnoj fasadi aneksa i na čelične zatege − međuprozorske stupce u ravni fasade sportske hale, tako da je konstruktivna koncepcija celog objekta ostvarena u istom maniru.

Stabilnost objekta na dejstvo horizontalnih sila je posebno tretirana. Dejstvo horizontalnih sila usled vetra, koji na teritoriji Mojkovca može biti izvanredno veliki, a koji je uzet u obzir pri analizi opterećenja i dimenzionisanju elemenata konstrukcije, veće je od dejstva horizontalnih sila usled seizmičkih uticaja. Dejstvo horizontalnih sila u ravni glavnih nosača (upravo na podužnu fasadu sportske dvorane) povereno je samom osnovnom konstruktivnom sistemu i svi elementi trozglobnog luka dimenzionisani su za asimetrično opterećenje od snega, vetra i sopstvene težine. Upravo na ravan osnovnog sistema, tj. upravo na kalkanske ravni sportske dvorane, dejstvo vetra je povereno samim kalkanskim zidovima, koji su ojačani moćnim betonskim kontraforima sposobnim da prihvate ukupno dejstvo vetra i prenesu ga na asimetrično postavljene temelje. Za minimalno horizontalno opterećenje i za sprečavanje izbočavanja pritisnutih prečki osnovnog konstruktivnog sistema, postavljen je sistem spregova za ukućenje od mekih ukrštenih dijagonala od čelika. Na delu kosih drvenih udvojenih stubaca trozglobnog luka ukrsna tačka spregova je podignuta iznad polovine stubaca iz estetskih i funkcionalnih razloga. Objekat je fundiran na temeljima samcima i trakastim veznim temeljima na tlu, koje ima sasvim dobre karakteristike. Podzemnih voda na nivou kote fundiranja nema. Temelji ispod betonskih stubaca – platna, koja primaju reakciju trozglobnih lukova, su asimetrično postavljeni kako bi raspored napona po dodirnoj površini stope i tla bio ravnomeran za osnovno opterećenje. Ti temelji, da bi se sprečilo njihovo klizanje, međusobno, u poprečnom smislu, su povezani veznim temeljima − zategama. Sportaska dvorana u Mojkovcu je objekat kome je u rekordno kratkom roku, krajem 1979. godine, montiran konstruktivni sklop u lepljenom lameliranom drvetu. Investitor je još pri ugovaranju utvrdio fiksnu cenu konstrukcije objekta i pri tom dobio racionalnu i ekonomsko vrlo opravdanu strukturu objekta. Sa estetskog aspekta dobijena je konstrukcija koja se odlikuje suptilnosću forme, i koja zadovoljava sve zahteve u odnosu na sigurnost i enterijer. Uticaj konstrukcije na oblikovanje objekta je pun i saradnja arhitekte − projektanta objekta, sa arhitektom − projektantom konstruktivnog sistema, daje puni smisao i opravdava misao da bez odgovarajućeg pristupa u rešavanju konstruktivnog sistema u okviru projektovanja objekta nema pravog projektovanja i oblikovanja funkcije i konstrukcije objekta.

Pred kraj 2012. godine pozvan sam u Mojkovac da utvrdim stanje upotrebljivosti konstrukcije objekta, jer su u međuvremenu otpočeli radovi na rekonstrukciji funkcije objekta. Taj poziv je bio za mene divan izazov, jer je to bila prilika da analiziram i proučim stanje konstrukcije objekta na licu mesta nakon tri decenije intenzivne eksploatacije.

Podneo sam izveštaj korisniku objekta, koji ovde prenosim u potpunosti. Pravilno projektovan i izveden konstruktivni sistem drvene konstrukcije objekta, i pažljivo i predano održavanje objekta do momenta njegove rekonstrukcije, je dovoljan razlog što je konstrukcija objekta i posle trideset i dve godine pune funkcije u vrlo dobrom stanju. Detaljnim vizuelnim pregledom svih oslonačkih čvorova na istočnoj strani objekta i vizuelnim pregledom prvog i jedanaestog oslonačkog čvora sa spoljne zapadne strane, utvrdio sam da stanje drveta, kao građevinskog konstrukcionog materijala, nije izmenjeno u kvalitativnom smislu.

Izuzetno mala fizička oštećenja drvenih delova stubova na delu gledališta sa istočne strane mogu se potpuno zanemariti. Čak i veoma malo izražena pojava truleži na osloncima stubova 02 i 11, sa zadnje, skoro zatvorene, strane prema pregradnom zidu, se mogu zanemariti, jer ne umanjuju nosivu funkciju oslonačke zglobne veze. Može se primetiti da od trenutka montaže konstrukcije, pa sve do poslednjih dana decembra meseca 2012. godine, osnovni premazi lazurnim lakovima drvene konstrukcije nisu obnavljani, a da još uvek imaju punu zaštitnu funkciju, čak i na delovima konstrukcije na sektoru gledališta, gde je svakako bilo fizičkog kontakta gledalaca i drveta na stubovima. Ispisana imena i pismene poruke korisnika sportske hale se uočavaju na malom broju pozicija, što govori o pozitivnom odnosu korisnika prema ambijentalnim vrednostima objekta.

Drvena krovna konstrukcija nad pratećim prostorima u aneksu objekta takođe je u dobrom stanju, iako je plafonski sendvič pokrio kompletnu sekundarnu strukturu konstrukcije. Vidni delovi su zdravi, bez vidnih deformacija, bez diskontinualnih podužnih prslina, koje su se mogle očekivati. Sve to svedoči da je krovni pokrivač celog objekta i dalje stabilan, da nije bilo i da nema ni danas mesta na kojima je došlo do prokišnjavanja. Po rečima korisnika, tokom zime 2011/2012. godine, u vreme velikih snežnih padavina i pojave visokog snežnog pokrivača, tokom čišćenja snega, uočen je veći ugib nekih srednjih nosača, koji se povukao po uklanjanju snega. Ta pojava se mogla očekivati, jer je pored sveg opterećenja na krovu u prvom trenutku, opterećenje konstrukcije bilo povećano prisustvom većeg broja sportista na krovu koji su čistili krovni pokrivač. U takvim akcijama, pogotovu ako sneg nije jednovremeno uklanjan sa obe strane krovnih ravni, kada nosač ima veliko asimetrično opterećenje, moguća je pojava većih elastičnih deformacija konstrukcije pod kratkotrajnim opterećenjem. Do pojave plastičnih, trajnih deformacija ili loma konstrukcije dolazi nakon pojave tečenja drveta pod dugotrajnim uvećanim optrećem koje deluje na konstrukciju.

Na metalnom okovu, koji povezuje elemente drvene konstrukcije, nisu uočene pojave korozije, iako je okov bio obojen samo osnovnom zaštitnom bojom. Elementi oslonačkog okova, koji leže na betonu, su jako zaprljani prašinom, šutom, otpacima mineralne vune, što je potencijalna opasnost usled pojave korozije i destrukcije konstrukcije objekta.



Sl. E.12. Projektovane i izvedene zglobne temene veze drvene konstrukcije



Sl. E.13a,b. Projektovani i izvedeni detalji veza osnovnih elemenata drvene konstrukcije



Sl. E.14. Stanje oslonačkog metalnog okova glavnih nosača



Sl. E.15. Nesrećno ukopano drvo u beton



Sl. E.16. Dispozicija spregova za ukrućenje



Sl. E.17. Otklon kosog stuba iz vertikalne ravni

Izvedenim građevinskim radovima, u svemu prema projektnoj dokumentaciji, na formiranju gledališta na zapadnoj strani sale narušen je, u potpunosti, integritet drvene konstrukcije i dovedeno je u pitanje dalje očuvanje drveta u konstrukciji hale na nivou, koji je definisan projektom. Zapravo iz razloga potpune neobaveštenosti projektanta o principima projektovanja drvenih konstrukcija i prirodnim zakonitostima primene drveta i njegovoj trajnosti u arhitektonskim i građevinskim objektima, pristupna kota poda na ovom gledalištu je podignuta tako visoko da je veliki deo oslonačke veze kosih drvenih stubova ostao zarobljen betonom. Namera izvođača radova da ublaži negativni uticaj na drvo formiranjem zaštite od stiropora je kratkog daha, jer će se u tako obrazovanim kadicama skupljati prljavština i vlaga, što čini sredinu pogubnu po trajnost drveta i metala. Prostornu stabilnost konstrukcije objekta čine izbor konstruktivnog sistema, koji obezbeđuje stabilnost sistema konstrukcije u svojoj ravni u poprečnom pravcu sportske hale, i izbor sistema spregova za ukrućenje i spregova protiv vetra, koji obezbeđuju parcijalnu podužnu stabilnost objekta. U poprečnom pravcu konstrukcija je sračunata da nosi sva gravitaciona stalna i klimatska opterećenja, uključujući dejstvo vetra na podužne fasadne ravni. Izabrani sistem trozglobnog luka sa razuđenim stubovima uspešno obavlja zadatu funkciju. U poprečnom pravcu prihvatanje dejstva vetra na kalkanske fasadne ravni povereno je betonskoj konstrukciji sa pilastrima promenljive visine poprečnog betonskog preseka. Unutar objekta predviđen je sistem spregova za ukrućenje, koji je trebalo da sprečava pojavu bočnog izvijanja pritisnutih delova konstrukcije, odnosno prevrtanje glavnih nosača konstrukcije oko ose koja prolazi kroz njegove oslonačke tačke.

Spregovi za ukrućenje od mekih ukrštenih dijagonala su pozicionirani i izvedeni prema projektu. Iz neutvrđenih razloga ukrštene dijagonale uopšte nisu zategnute španerima, koji su, takođe, ugrađeni prema projektu. Zatege su potpuno neaktivne i ne preuzimaju funkcije elemenata za obezbeđenje bočne stabilnosti glavnih nosača. Iz tih razloga došlo je do neravnomernog otklona stubova u odnosu na vertikalnu ravan nosača, što je utvrđeno kontrolom na licu mesta. Na veliku sreću po objekat, funkciju bočnih pridržajnih tačaka preuzela je betonska konstrukcija u zabatnim zidovima, čiji su pilastri sa promenljivom visinom poprečnog betonskog preseka uklješteni u moćne temelje samce. Na ovaj, posredan način, sprečeno je veće pomeranje glavnih nosača iz vertikalnih ravni i pojava parazitskih naprezanja u elementima konstrukcije, koja je ostala stabilna dugi niz godina. Pedantnim vizuelnim pregledom konstruktivnog sklopa sportske sale u Mojkovcu u danima realizacije projekta rekonstrukcije sportske sale u Mojkovcu, koji je sačinjen u projektnoj organizaciji Orto projekt d.o.o. iz Bijelog Polja, na čelu sa odgovornim projektantom Vladimirom Perišićem, dipl. inž. građevine, a uz finansijsku podršku Evropske unije, Vlade Crne Gore i Opštine Mojkovac, utvrdio sam sledeće činjenično stanje:

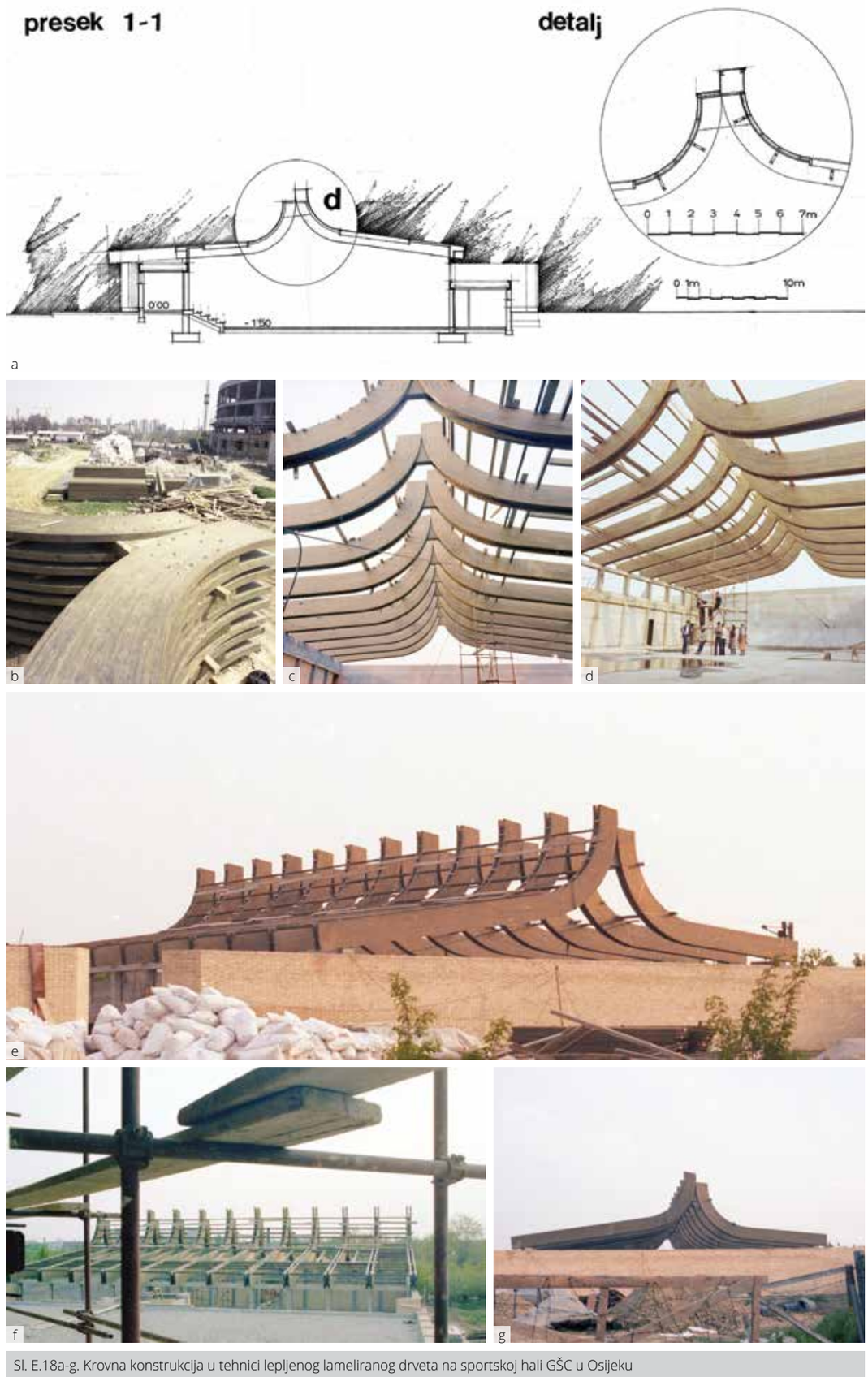
- Sportska dvorana u Mojkovcu je izgrađena 1980. godine.
- Osnovnu nosivu konstrukciju objekta čini drvo i lepljeno lamelirano drvo, koje je zatečeno u veoma dobrom stanju sa neporemećenim projektovanim fizičkim i mehaničkim osobinama tokom eksploatacije objekta. Veoma mala uočena oštećenja drveta u konstrukciji, koja su mogla biti očekivana, nemaju nikakav uticaj na globalnu stabilnost konstrukcije objekta i na njenu osnovnu funkciju da prihvati sva stalna i klimatska opterećenja, koja joj pripadaju i koja na nju deluju, a koja su projektom precizno definisana i prema kojima je sračunata i izvedena konstrukcija objekta.
- Elementi betonske konstrukcije, na koje se oslanja drvena krovna konstrukcija, su, takođe, u dobrom stanju. Izvedena je veoma kvalitetno i omogućila je stabilnost objekta na dejstva računskih opterećenja i formirala krute, u kalkanskim ravnima, horizontalno nepomerljive oslonačke tačke, koje su obezbedile globalnu stabilnost drvenom krovnom konstruktivnom sistemu.
- Elementi metalnog okova su, takođe, u dobrom stanju, iako nisu bili propisno zaštićeni od korozije čelika. U ovu kategoriju elemenata konstrukcije spadaju i spregovi za ukrućenje u krovnim ravnima i u ravni kosih pritisnutih drvenih stubova osnovne konstrukcije u lepljenom lameliranom drvetu. Sticajem čudnih okolnosti (loša montaža ili popuštanje veza) sistem zatega u ravni kosih stubova je potpuno van funkcije. Zatege su olabavljene i ne ispunjavaju ulogu elemenata konstrukcije.
- Projektom rekonstrukcije sportske sale, prema kome su izvedeni određeni radovi na objektu, naneta je veoma velika šteta postojećem objektu. Najpre je narušena funkcija sportske sale, jer je izvedeno novo gledalište na zapadnoj strani sale na račun neophodnog prostora koji je rezervisan za osnovne sportske funkcije (zapisnički sto, klupe za rezervne igrače i sl.). Na tom mestu su formirane tribine sa tri reda sedišta bez ikakve analize vizura. Na tako velikoj visini gledaoci iz drugog i trećeg reda mogu da vide samo deo borilišta uz suprotnu aut-liniju. Ovim nepromišljenim i neprostudiranim zahvatom značajno je skraćen životni vek sportske dvorane, jer će već za nekoliko godina nastati pogubna korozija čeličnog oslonačkog okova i pojava procesa truljena drveta kosih stubova na zapadnoj strani objekta, koji su okruženi betonom i koji se nalaze u sredini kojoj nema pristupa, a koja se ne može kontrolisati. Ideja da se formiraju nesrećna nova mesta na novoj zapadnoj tribini zahtevala je još dva nova ulaza u dvoranu, bez pretprostora, sa pogubnim uticajem na klimu sale, i sa opasnostima po sigurnost i integritet objekta. Katastrofalna odluka projektanta da van objekta, između dva nova stepeništa, bez nadstrešnice, samo da bi formalno zadovoljio sanitarne uslove, formira poljski WC, vraća ovu sportsku i kulturnu instituciju u srednji vek.

Za nastalu povredu autorkih prava na objektu moguće je postaviti pitanje odgovornosti predstavnika investitora za angažovanje nepodobne projektne organizacije, kao i odgovornog projektanta, građevinskog inženjera, koji se potpuno pogrešno (i nelegalno) bavi arhitektonskim projektovanjem, a u oblasti svoje struke pravi pogubne greške zalivajući drvene stubove betonskom masom. Odgovornost je i na vršiocu tehničke kontrole projekta, koji nije ukazao na masu propusta koji su spovedeni u delo, a koji se teško mogu ispraviti.

Generalna konstatacija: Stanje upotrebljivosti i održivosti drvene konstrukcije sportske sale u Mojkovcu je u decembru mesecu 2012. godine na potpuno zadovoljavajućem tehničkom i tehnološkom nivou, iako spregovi za ukrućenje nisu u punoj funkciji. Budućnost konstrukcije, pak, nije ružičasta, jer, i pored preke potrebe, da se rekonstruišu spregovi za ukrućenje u ravni kosih stubova, da se konstrukcija očisti od naslaga prašine, šuta i otpadaka, da se drvo nakon trideset godina osveži novim premazom lazurnim lakom, da se dostupni okov konačno oboji i zaštiti od korozije, drveni stubovi na zapadnoj strani objekta i pripadajući im okov neće izdržati ni delić vremena u odnosu na to koliko je do sada ova atraktivna konstrukcija uspešno odgovarala svojoj funkciji – naravno, uz veliku dosadašnju brigu o njoj i podršku sportista i ljudi koji su upravljali ovim objektom.

SPORTSKA DVORANA GRAĐEVINSKOG ŠKOLSKOG CENTRA U OSIJEKU, HRVATSKA

Po obavljenoj specijalizaciji u Francuskoj 1977. godine, postao sam stalni spoljni saradnik Drvne industrije GAJ iz Podravske Slatine. Godine koje slede, bile su moje najplodnije konstrukterske godine. Ekipa mladih, sposobnih i energičnih menadžera ove industrije veoma uspešno je obrađivala srpsko i hrvatsko tržište. Ja sam ih pratio u promotivnim akcijama i u realizaciji mnogih preuzetih projekata. Imao sam prilike da se susretnem sa neobičnim zahtevima projektanata objekata i da pokušam da sledim njihove želje. Vrlo sam se trudio da primenim oblike konstruktivnih sistema koji će biti sastavni deo arhitekture projektovanih objekata, da ne sputavam funkciju i da predlažem rešenja, koja su moje kolege, takođe arhitekti, najčešće prihvatali, jer su obogaćivali enterijerske i eksterijerske kvalitete objekta. Tako sam, na primer, dobio zahtev da na objektu sportske dvorane Građevinskog školskog centra u Osijeku, sa gledalištem za 200 posetilaca, projektujem krovne nosače neobične forme. Projektovana dvorana je bila namenjena studentima GŠC-a i trebalo je da služi za odvijanje redovne nastave iz oblasti fizičkog vaspitanja, za rekreativno vežbanje i za održavanje manjih sportskih priredbi. Konstrukcija objekta je izvedena u tehnici dva materijala: krovna konstrukcija je od drveta i lepljenog lameliranog drveta, dok su stubovi i zidovi od betona. Bočni zidovi delimično imaju oblogu od opeke, koja u kombinaciji sa odgovarajućom bojom



Sl. E.18a-g. Krovna konstrukcija u tehnici lepljenog lameliranog drveta na sportskoj hali GŠC u Osijeku


a


b


c

Sl. E.19a-b. Krovna konstrukcija u tehnici lepljenog lameliranog drveta na sportskoj hali GŠC u Osijeku

drveta kalkanskih ravni i krovne strukture ostavlja povoljan utisak. Objekat čini celinu za sebe u okviru kompleksa objekata Centra, a toplom vezom povezan je za centralni objekat. U veznom delu su locirani svi prateći prostori. Karakteristično za drvenu strukturu objekta je to što je svaki od elemenata osnovnog nosećeg sistema udvojeni krovni nosač tako oblikovan da je bilo neophodno izvesti montažni nastavak na mestu najvećeg momenta savijanja grede. Rešenje ovog problema bio mi je poseban konstrukterski izazov. Vezu sam izveo uz pomoć drvenog umetka odgovarajućeg poprečnog preseka i niza vijaka i trnova koji mogu da prihvate momenat savijanja. Kontinuitet je uspešno ostvaren, a elementi su montirani iscela. Preko niza paralelnih rožnjača postavljena je daščana oplata, kovana pod uglom od 45o, čime je krutost krovne ravni povećana. Elemente drvene konstrukcije u atrijumu centralnog objekta i vertikalne brisoleje na fasadi centralnog objekta takođe je izvela Drvna industrija „Gaj“ iz Podravske Slatine.

SPORTSKA DVORANA DUVANIŠTE U NIŠU

Projekat sportske dvorane kraj Osnovne škole Duško Radović u naselju Duvanište u Nišu izrađen je u gradskoj projektnoj organizaciji Nišprojekt iz Niša. Drvena konstrucija nad sportskom dvoranom je projektovana uz napomenu da je isporučilac drvene konstrukcije dužan da izradi izvođački projekat prema uslovima primenjene tehnologije. Kako je ovaj projekat stigao na realizaciju u LKV Centar, u našu porodičnu firmu, preuzeo sam zadatak da detaljno definišem projekat konstrukcije prema tehnologiji preduzeća Gaj iz Podravske Slatine u Hrvatskoj, kod koje je naručena lepljena lamelirana konstrukcija ove hale. U mojoj praksi je ovakav oblik trozglobnog luka već je bio primenjen na sportskoj dvorani u okviru Svetosavskog doma u Kaću pre veoma kratkog vremenskog perioda. Nikakvih posebnih problema nije bilo u definiciji elemenata konstrukcije, njihovoj nabavci i isporuci naručiocu iz Niša. Konstrukcija je uspešno montirana. Gradnja objekta je završena na vreme na zadovoljstvo investitora i korisnika.


a


b


c

Sl. E.20a-c. Sportska dvorana u naselju Duvanište u Nišu

ŠKOLSKO-GRADSKA SPORTSKA DVORANA U SMEDEREVSKOJ PALANCI

Smederevska Palanka je dugo čekala realizaciju projekta Gradske sportske dvorane. Čeka još uvek, ali za malu utehu je realizacija projekta školsko-gradske sportske dvorane uz OŠ Vuk Karadžić sa konstrukcijom u lepljenom lameliranom drvetu. Na projektu konstrucije ove dvorane za male sportove koristio sam iskustva stečena na ranijim projektima, najviše na projektu mojkovačke sportske dvorane. Projekat je dobio laskava priznanja čelnika palanačke opštine na svečanom otvaranju dvorane.


a


b


c

Sl. E.21. Sportska dvorana Osnovne škole Vuk Karadžić u Smederevskoj Palanci

GRADSKA SPORTSKA DVORANA U MILIĆIMA, REPUBLIKA SRPSKA, BIH

Fabrika montažnih kuća Intal iz Milića u Republici Srpskoj raspolaže opremom za proizvodnju elemenata konstrukcija u lepljenom lameliranom drvetu. Tehnologija je bila usmerena na proizvodnju pravih štapova – elemenata konstrukcija u gradnji montažnih objekata. Gradske vlasti MIlića su odlučile da 2008. godine nastave sa davno započetom izgradnjom Gradske sportske dvorane. Lokalni interes je bio da se krovna konstrukcija preprojektuje u konstrukciju od lepljenog lameliranog drveta, što sam i učinio uz veliku pomoć arh. Dušana Tomića, mog saradnika iz LKV Centra, koji je izneo na plećima najveći deo tog projektantskog opterećenja. Usvojen je trouglobni luk sa zakrivljenom prečkom i sa razuđenim stubovima dvojnih preseka. Ovo udvajanje poprečnog preseka je pojednostavilo tehnološki proces proizvodnje štapova nosača, a sa estetskog aspekta je omogućilo skrivanje najvećeg dela veznog okova, i to bez uticaja na vidnu površinu drveta. Postavljen mi je i jedan, za mene neočekivani tehnološki zadatak, da dogradim pistu za proizvodnju LLD nosača, tako da može da prihvati i formiranje zakrivljenih formi nosača. I taj problem je rešen uz pomoć Intalovih tehnolaga relativno jednostavno, te je proizvodnja LLD konstrukcije mogla da započne. Montaža konstrukcije je protekla bez ikakvih incidenata ili problema. Tehnološki proces proizvodnje velikih i to zakrivljenih nosača, sproveden je po već prethodno apsolviranoj tehnici. Vizuelnim pregledom proizvedenih nosača nisam utvrdio veće nepravilnosti, ali sam, ipak, predložio da se ova prva veća lepljena konstrukcija proizvedena u Intalovoj fabrici proveri probnim opterećenjem. Predlog je prihvaćen i taj zadatak je poveren Građevinskom fakultetu u Sarajevu. Nosilac tog zadatka bio je mr inž. Davorin Lončarić, prekaljeni poznavalac proizvodne tehnologije lepljenog drveta i iskusni organizator ispitivanja konstrukcija. Na opšte zadovoljstvo rezultati probnog opterećenja izabranog trozglobnog luka su po svim parametrima bili u granicama dozvoljenih vrednosti. Konstrukcija hale, interesantne geometrije, izvedena je na već više puta proveren način i hala je bila spremna za organizaciju završnih radova, nakon čega je prepuštena sportistima i rekreativcima na korišćenje.


a


b


c


f


g


h


i


j

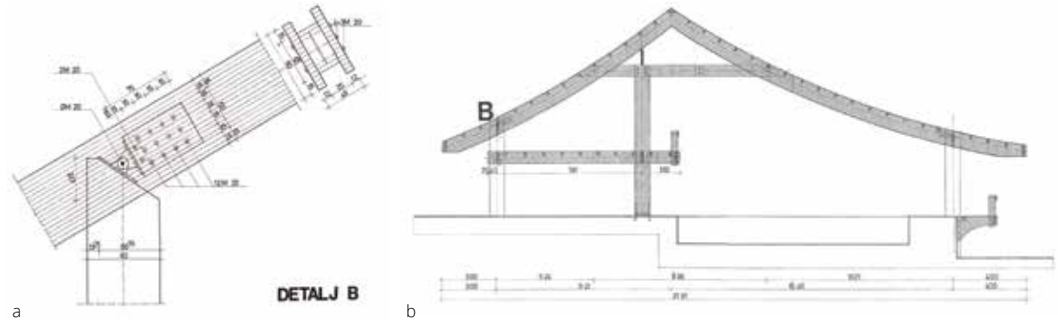

d


e

Sl. E.22a-j. Gradska sportska dvorana u Milićima, Republika Srpska

BAZEN HOTELA LEPENSKI
VIR U DONJEM MILANOVCU

U Donjem Milanovcu u okviru hotela Lepenski Vir, koji je tokom 1975. i 1976. godine izgrađen sa konstrukcijom u lepljenom lameliranom drvetu, projektom je bila predviđena i izgradnja hotelskog bazena. Krovna konstrukcija nad bazenom i galerijom bila je projektovana u lepljenom lameliranom drvetu. Izvođački projekat konstrukcije sam izradio po nalogu koji sam dobio iz DI Gaj iz Podravske Slatine. To je bio vrlo nepovoljan oblik trozglobnog luka, jer su ose štapova bile konkavnog oblika, te su tako bile veoma udaljene od potporne linije tog luka. Dvodelni štapovi sa ugrađenim drvenim umetcima su na fasadama formirali strehu, tako da je njihova zglobna oslonačka veza izvedena između masivnih umetaka i betonskih fasadnih stubova, koji su konstruisani da prime i horizontalne komponente reakcija luka. Jednodelni štap, koji stoji na mestu klešta u klasičnoj krovnoj stolici, nije uključen u statički sistem, jer bi u takvoj dispoziciji štapova bio pritisnuti štap, zbog čega bi se horizontalne oslonačke reakcije luka povećale i izazvale veći intenzitet momenta savijanja na mestu uklještenja betonskog stuba. Isključenje ovog štapa iz statičkog sistema trozglobnog luka izvedeno je obrazovanjem ovalnih rupa na jednoj od veza na krajevima ovog štapa. Konstrukcija za ukrućenje štapova drvenih lukova uspešno je zamenjena kovanjem daščane krovne oplate pod uglom od 45°, naizmenično, u dva pravca.



Sl. E.23a,b. Detalj oslonačke veze i poprečni presek kroz krovnu konstrukciju i galeriju pokrivenog bazena Hotela Lepenski vir











Sl. E.24a-h. Bazen hotela Lepenski Vir u Donjem Milanovcu na Dunavu

MANJEŽ ERGELE ZOBNATICA
U BAČKOJ TOPOLI

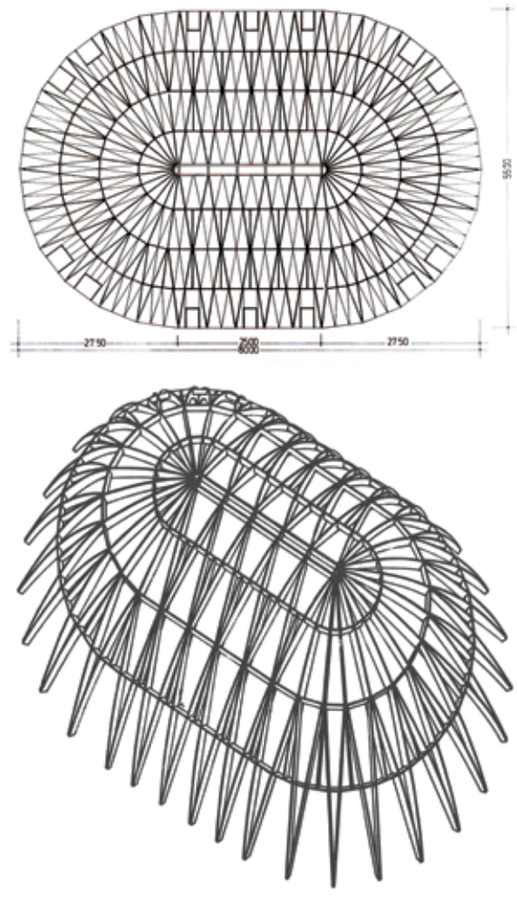
Veoma lepa iskustva, koja sam stekao gradnjom Doma kulture i sportova u Obrenovcu, iskoristio sam pri projektovanju krovne konstrukcije još jednog tako velikog objekta. Reč je o manježu ergele Zobnatica u Bačkoj Topoli. To je složenija konstrukcija od već izgrađene u Obrenovcu, jer se geometrija njene osnove sastoji od centralnog pravougaonika dimenzija 55.00 x 25.00 m, i sa obe strane tog pravougaonika sa po jednom polovinom kružnice prečnika D = 55.0 m. Na taj način je formirana osnova složenog oblika osnih dimenzija 55.00 x 80.00 m.

Krovna struktura se sastoji iz samo dva komponovana nosača: račve - račvastog rebra nad polukružnim sektorima osnove, i mašnice - razuđenog rebra uslovnog "X" oblika. Rebra se u temenu oslanjaju na čelični okvir koji se sastoji iz dve razmaknute polukružnice i dva rebra koja ih spajaju, čineći jednovremeno i okvir krovne lanterne. Bočno izvijanje štapova komponovanih nosača vitkog poprečnog preseka sprečeno je kovanjem daščane oplate debljine 24 i 36 mm. Na strmijim površinama rebraste kupole gde je upravno komponentalno gravitaciono opterećenje manje, debljina daščane oplate je manja, dok je veća na vršnim sektorima sa manjim nagibom krovnih ravni, gde je to komponentalno opterećenje veće, iako su rasponi oplate svuda podjednaki. Razlika između ova dva objekta je u tome što je konstrukcija manježa oslonjena na betonske trapezaste niske stubove, koji su projektovani da prihvate kose oslonačke reakcije drvene strukture. U formiranju nosača i montaži lepljene lamelirane konstrukcije su primenjeni svi principi rada provereni montažom krovne konstrukcije u Obrenovcu.Po krovnoj daščanoj oplati direktno je kovana tegola kao krovni pokrivač. U prvoj fazi gradnje nisu izvedeni svi slojevi krovno-plafonskog sendviča. Bez parne brane i termoizolacionog sloja, vodena para iz vazduha unutar hale lako je prodirala kroz fuge daščane oplate do donje hladne površine tegole. Pojava obilne kondenzacije vodene pare izazvala je kvašenje daščane oplate. Usled povećanja vlage, došlo je do bubrenja drveta u lamelama oplate. Kako je oplata gusto kovana, bubrenje je izazvalo odizanje lamela iz ravni oplate i kidanje listova tegole. Vetar je odnosio delove tegole tako da je investitor vrlo brzo morao da organizuje drugu fazu gradnje, koja je podrazumevala sanaciju krovne oplate, zamenu krovnog pokrivača krovnim TR limom i montažu regularno projektovanih slojeva termoizolacije u krovno-plafonskoj ravni.

Na konkursu za najbolje konstruktersko ostvarenje u 1988. godini u okviru SDGK Jugoslavije, za potrebe prezentacije konstrukcije krova ove velike hale, a koja je prethodno proglašena najboljim ostvarenjem u oblasti u Republici Srbiji, napravio sam sledeću analizu utroška konstrukcijskog materijala po jedinici osnove objekta:

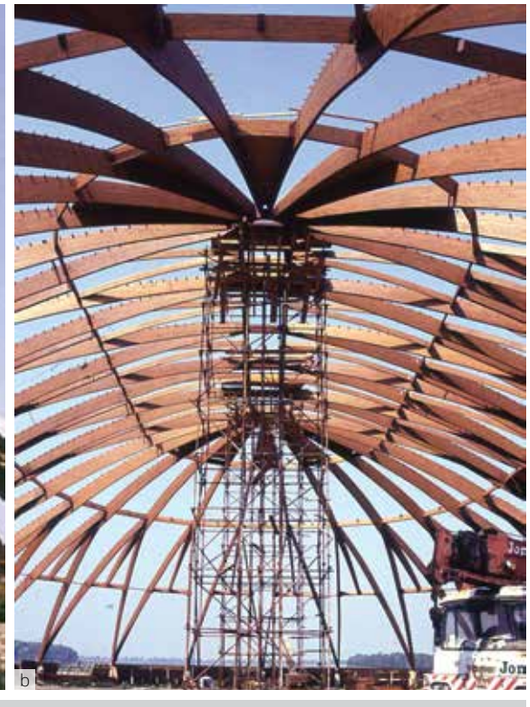
- Podužna osa osnove	L = 80.00 m
- Poprečna osa osnove	B = 55.00 m
- Kota temenog prstena	+ 17.10 m
- Površina osnove objekta	P = 3.750 m^2
- Površina omotača konstrukcije	Po = 6.022 m^2
- Daščana oplata	v = 0.043 m^3/m^2
- Lepljeno lamelirano drvo	v = 0.079 m^3/m^2
- Metalni okov	g = 3.172 kg/m^2

Analiza pokazuje da je primena drveta u konstrukcijama velikih raspona ekonomski veoma opravdana.



Sl. E.25. Osnova krovne konstrukcije i 3D prikaz strukture krova


a


b

Sl. E.26a,b. Manjež ergele Zobnatica u Bačkoj Topoli















Sl. E.27a-g. Manjež ergele Zobnatica u Bačkoj Topoli

ŠATORASTA HALA TENISKOG KLUBA CRVENA ZVEZDA U BEOGRADU

Forma lepljenih lameliranih nosača, čije ose čine segmenti kružnice, je veoma zahvalna forma kod izgradnje šatorastih objekata. Nad nizom zakrivljenih nosača veoma se lako formira stabilna šatorasta površ sa negativnom Gausovom krivinom. Teniski klub Crvena Zvezda, u Ruzveltovoj ulici u Beogradu, je naručio projekat šatoraste hale, kojom bi bila pokrivena tri postojeća teniska terena. Raspoloživa površina, na kojoj figurišu ovi tereni, između potpornog zida, saobraćajnica i postojećeg objekta, je dimenzija 36.00 x 48.50 m. Projektom konstrukcije sam predvideo montažu 11 lukova osovinskog raspona 35.50 m koji stoje na međusobnom rastojanju od 4.45 m. Konstrukciju je uspešno proizvelo i montiralo preduzeće Piramida d.o.o. iz Sremske Mitrovice.


a


b


c


d

Sl. E.28a-d. Lokacija i konstrukcija šatoraste teniske LLD hale „Crvena zvezda" u Beogradu

FISKULTURNA SALA POLJOPRIVREDNE ŠKOLE U VALJEVU

Školska fiskulturna sala Poljoprivredne škole u Valjevu je izgrađena prema projektu Projektog biroa Valjevoplan i prema projektu konstrukcije koji sam izradio u LKV Centru. Ovoga puta, na malom rasponu od samo 18.00 m, projektovao sam dvozglobni luk sa razuđenim vertikalnim stubovima i kosim fasadnim zategama. Prečka ovog poligonalnog luka ima male pozitivne momente u polovini raspona, a kako je poluprečnik zakrivljenja veliki, radijalni naponi zatezanja su manji od dozvoljenih i za stalno i za kritično klimatsko opterećenje. Montažu je izveo LKV Centar na zadovoljstvo naručioca. Kose zatrege su bile veoma lako uklopljene u oblikovno rešenje fasadnih ravni, jer je arhitektonskim projektom bila predviđena streha čiji kraj je posebno oblikovan za formiranje oluka i nesmetanu vezu zatege sa prečkom. Veza vertikalnog stuba i kose zatege u oslonačkom zglobu, koji je formiran na visoko podignutom betonskom parapetu objekta, je izveden na klasičan način.


a


b


c

Sl. E.28a-c. Konstrukcija sportske sale Poljoprivredne škole u Valjevu



a



b

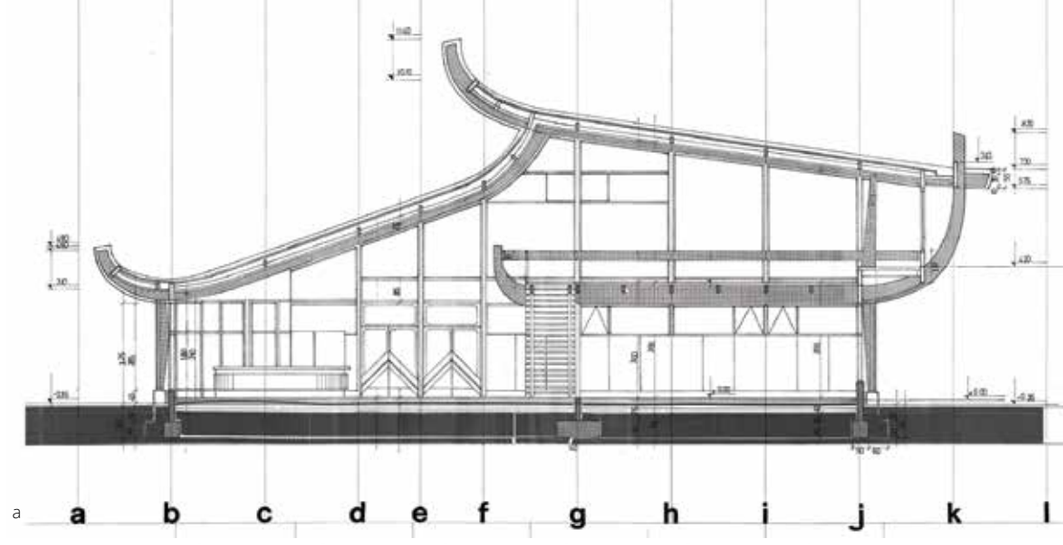


c

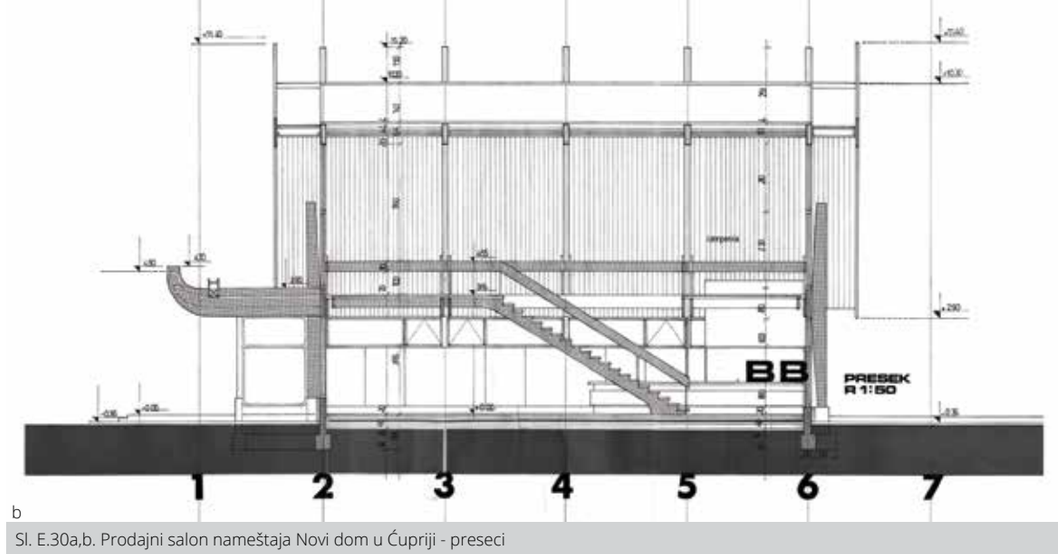
Sl. E.29a-c. Konstrukcija sportske sale Poljoprivredne škole u Valjevu

SALON NAMEŠTAJA
NOVI DOM U ĆUPRIJI

Iz saradnje Trgovinske organizacije Novi Dom iz Beograda i Drvne industrije Gaj izvedena su dva interesanta poslovna objekta. Bili su to prodajni saloni nameštaja Novi dom u Ćupriji i Zrenjaninu. Izgradnjom ovih objekta započelo je ostvarivanje ideje o formiranju trgovinskog lanca prodajnih salona Novi dom. Investitori su želeli da objekti budu atraktivni za kupce nameštaja sa jedne strane, a da promovišu gradnju u drvetu sa druge, i da imaju prepoznatljiv izgled. Zadatak koji sam dobio od mojih investirora, je bio veoma delikatan, pogotovu što su za ocenu uspešnosti bili presudni individualni ukusi naručilaca. Taj program smo počeli da analiziramo poznati slikar, dizajner i arhitekta Petar Marković i ja tako što smo pokušavali da se vratimo izvornim vrednostima nekada neraskidive veze arhiteture i konstrukcije u graditeljskom stvaralaštvu. Tehnološke i mehaničke karakteristike drveta su nam išle na ruku i iz ove saradnje su proistekla najpre ova dva interesantna objekta, provokativna i drugačija od svih drugih prodajnih salona. Prvi iz usvojenog programa gradnje novih prodajnih objekata je Prodajni salon nameštaja u Ćupriji, objekat jednostavne funkcije sa prodajnim prostorom u dva nivoa na ukupnoj površini od oko 500.00m². Programski zadatak bio je imperativ projektantima u opredeljenju za tehniku grejanja objekta i za izvor građevinskog materijala pri koncipiranju konstruktivnog sistema. Tehnološki postupak proizvodnje elemenata konstrukcije od lepljenog lameliranog drveta omogućuje izvođenje elemenata konstrukcije koji bi u svakoj drugoj tehnici bili ili vrlo neracionalni ili potpuno neprihvatljivi. Skladno koncipiran konstruktivni sistem je u isto vreme obogatio, odnosno obojio enterijersko rešenje, i doprineo realizaciji ideje o jedinstvu funkcije, forme i materijala. U jedinstvenom volumenu objekta, nad polovinom površine osnove projektovana je i izvedena lagana galerija, koja je povećala ukupnu površinu objekta za 30% u odnosu na površinu osnove. Time je utvrđen produžni



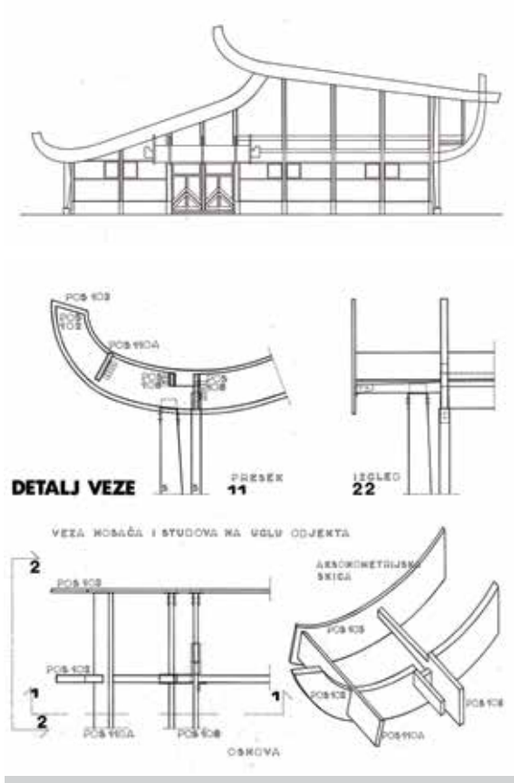
a



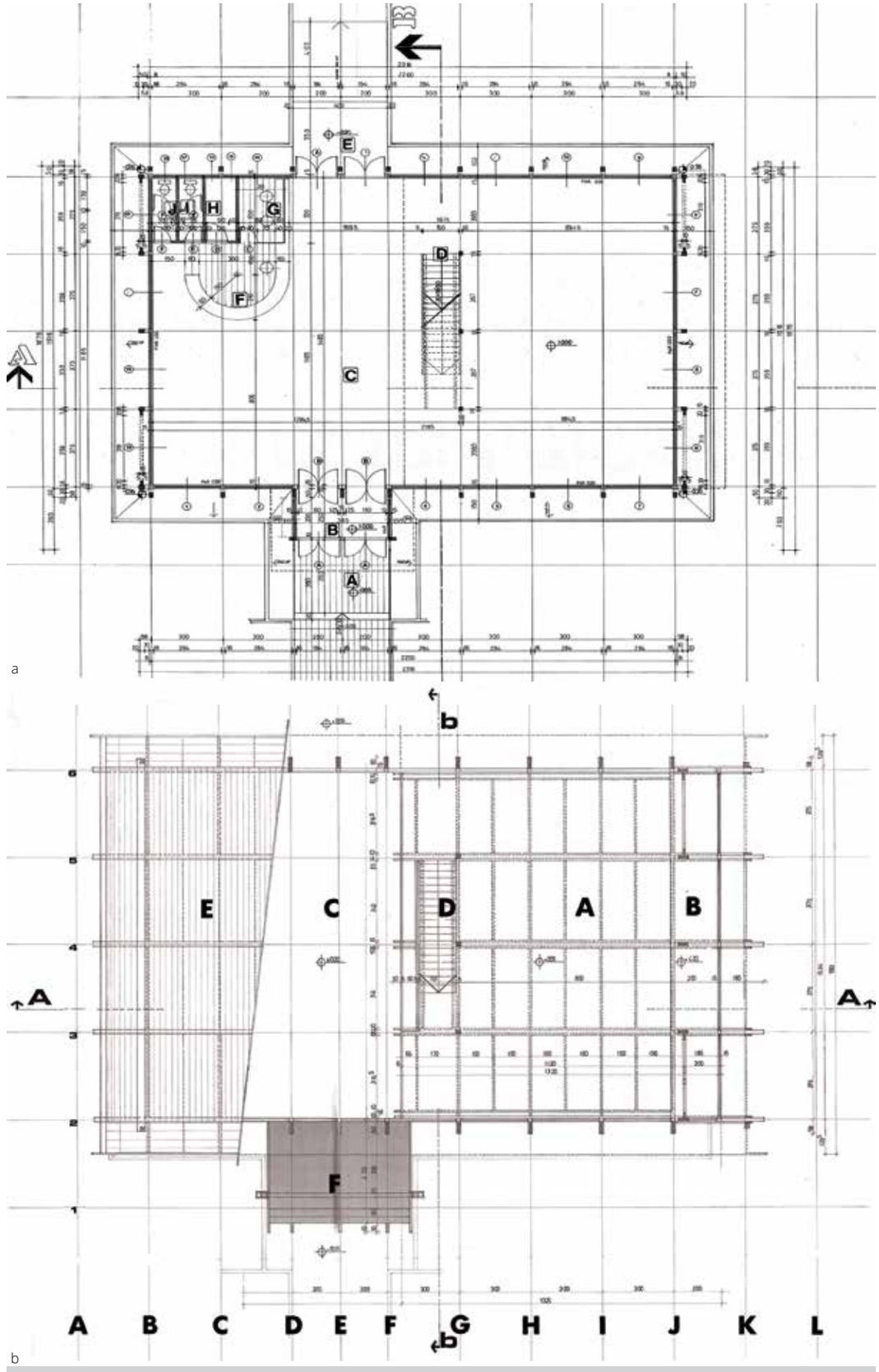
b

Sl. E.30a,b. Prodajni salon nameštaja Novi dom u Ćupriji - preseci

presek objekta u kome figurišu niži i viši deo objekta sa galerijom. Krovne ravni imaju različite nagibe i prate ovaj odnos. Nad nižim delom objekta strmiji deo krova počinje u slemenu ovalnom kaskadom i time vizuelno odvaja deo objekta bez galerije. Nad galerijom je nagib krova manji tako da u visini prodajnog prostora na galeriji nema velikih razlika u podužnom pravcu. Krovni glavni nosači su zakrivljene grede koje po sistemu Gerberovih greda premošćuju podužni raspon objekta. Krovni nosač nad nižim delom objekta se oslanja sa jedne strane na fasadni drveni stubac, a sa druge strane na krovni nosač dela galerije. Krovni nosač na delu galerije je kontinualni nosač na dva polja sa prepustom. Pored toga što se oslanja na dva stuba, on se oslanja i na udvojeni zakrivljeni nosač galerije, koji na delu fasade u blagom luku prelazi iz horizontale u vertikalu do veze sa krovnim nosačem. Ovakva koncepcija ima svoju posebnu karakteristiku u pogledu stabilnosti: zakrivljeni dvojni nosač, koji se oslanja na dva stuba (obuhvata ih) u nivou galerije, vezom za krovni nosač omogućuje stvaranje stabilne trouglaste strukture, nepomerljive u ravni sistema bez deformacija stubova i greda, znači formu koja obezbeđuje objektu stabilnost u podužnom smislu. Na ovaj način izbegnuti su, inače neophodni, konstruktivni elementi za ukrućenje objekta u fasadnim ravnima. U poprečnom smislu postoje u fasadnim ravnima i u ravni srednjih stubova vertikalni spregovi za ukrućenje. Oni su izvedeni od okruglog betonskog čelika. Ukrsna tačka dijagonala podignuta je iz polovine ukrsne visine posebnim konstruktivnim zahvatom, čime je dobi-



Sl. E.31. Detalj veze



Sl. E.32. Prodajni salon nameštaja Novi dom u Ćupriji - planovi





Sl. E.33a,b. Realizacija objekta prodajnog salona nameštaja Novi dom u Ćupriji







Sl. E.34a-c. Prodajni salon nameštaja Novi dom u Ćupriji

jeno na funcionalnosti, a da nije narušena osnovna konstruktivna uloga elemenata. Obezbeđenju prostorne stabilnosti ovog objekta je posvećena puna pažnja. Neophodne elemente konstrukcije, koji obezbeđuju ovu sigurnost, projektanti su prilagodili, u oblikovnom smislu, osnovnoj ideji organizacije prostora i oblikovnih istraživanja. Krovni spregovi za ukrućenje na taj način su skriveni i smešteni u međuprostor koji obrazuje pokrivač sa jedne strane i plafonska lamperija sa druge strane. Postavljanje ukrštenih drvenih dijagonala ovih spregova, i njihovu ulogu u obezbeđenju globalne stabilnosti objekta, pospešuje i plafonska lamperija, gusto kovana, koja predstavlja izvanrednu dijafragmu u svojoj ravni, tako da je plafonska, mirna i blago zatalasana ravan, oformljena isključivo od vidnih, paralelnih glavnih nosača i pedantno ugrađene drvene lamperije. Sistem drvene sekundarne strukture na galeriji i na krovu, prihvata, preko krovnog prokrivača, odnosno preko podne konstrukcije galerije, korisna opterećenja i prenosi ih na glavne nosače. Sve međusobne veze ovih nosača su izvedene zglobno uz pomoć limenih papuča i eksera ili uz pomoć zavrtnja.

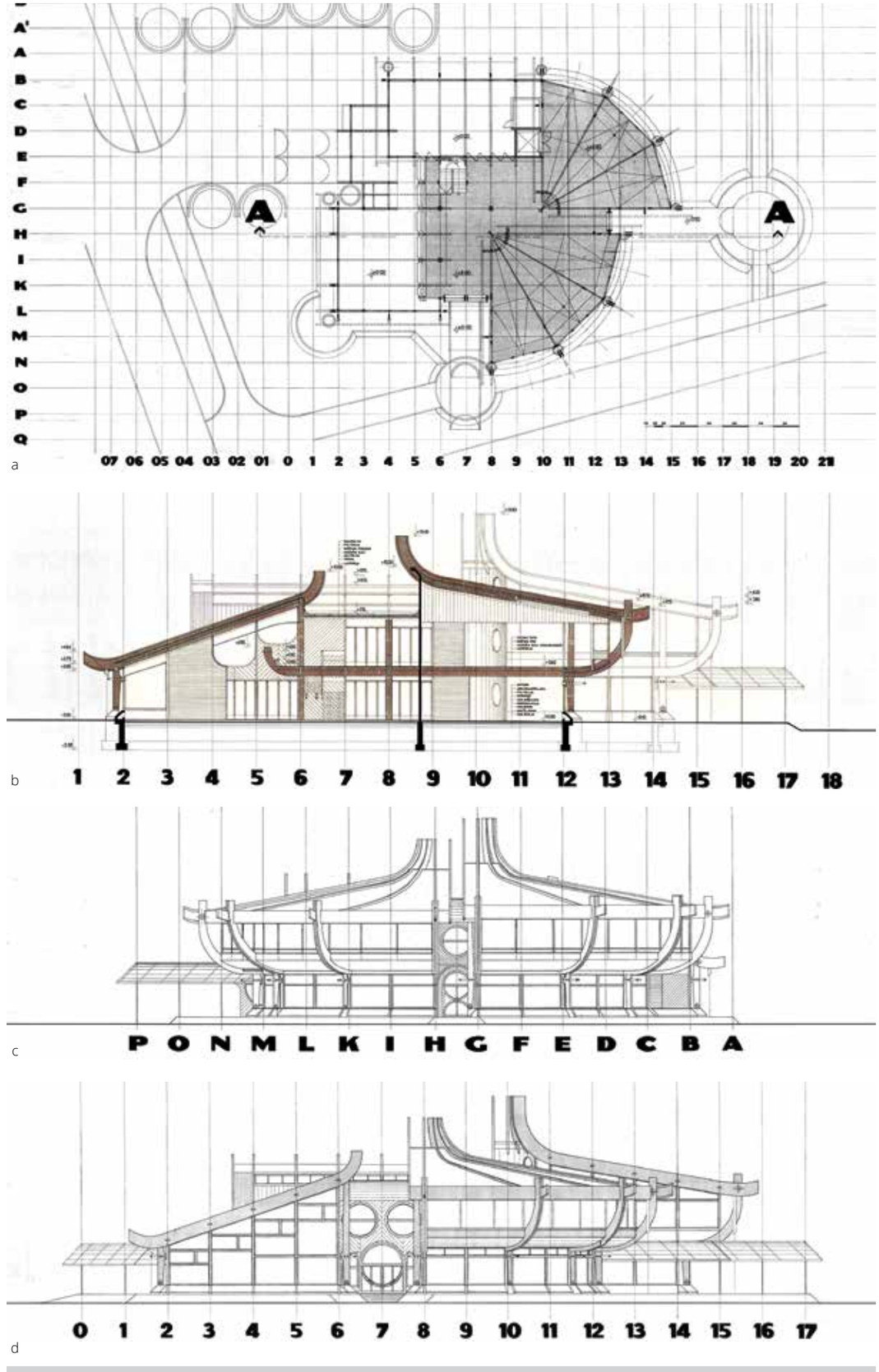
Svi fasadni stupci od drveta su promenljivog preseka po visini. Njihova forma je prilagođena položaju u sistemu konstrukcije. Često su postavljeni tako da u svom gornjem delu odstupaju od fasadne ravni kako bi obrazovali još jedan oslonac nosaču strehe. Njihova veza sa temeljnim betonskim stupcem je izvedena iznad nivoa trotoara, na visini parapeta, što je iz uslova zaštite drveta opravdano. Krovni pokrivač je izveden od rebrastog (trapezastog) aluminijumskog lima. Kako krovne ravni u pravcu pada nisu ravne već zakrivljene – konkavne - bilo je nemoguće postaviti aluminijumski lim sa kanalima i rebrima u pravcu nagiba krova. Zbog toga je krovni pokrivač postavljen popreko, sa kraja na kraj podužnih fasadnih ravni. Oformljena je

željena zakrivljena površina kod koje se niz pad kišna voda kaskadno preliva iz kanala u kanal rebrastog lima do sabirnih olučnih kanala na bočnim fasadnim ravnima. Sav višak vode, koji nije u stanju da se prelije preko rebra, dovodi se duž kanala rebrastog lima u ravan podužnih fasada, gde takođe postoji sistem olučnih kanala. Pri postavljanju, limene table su blago nategnute preko glavnih nosača tako da su duž jednog kanala krajevi kanala, uz sabirni olučni kanal, na nižem nivou od sredine kanala. To omogućuje efikasno odvođenje atmosferske vode sa cele krovne površine. Treba naglasiti da je ovakav sistem odvodnjavanja krova postignut samo uz višestruko preklapanje tabli alu-lima. Neprekinute table alu-lima pružaju se od jedne do druge fasadne ravni tako da nikakvih podužnih nastavaka lima nema, niti prilike za podlivanje i propuštanje vode kroz krovni pokrivač.

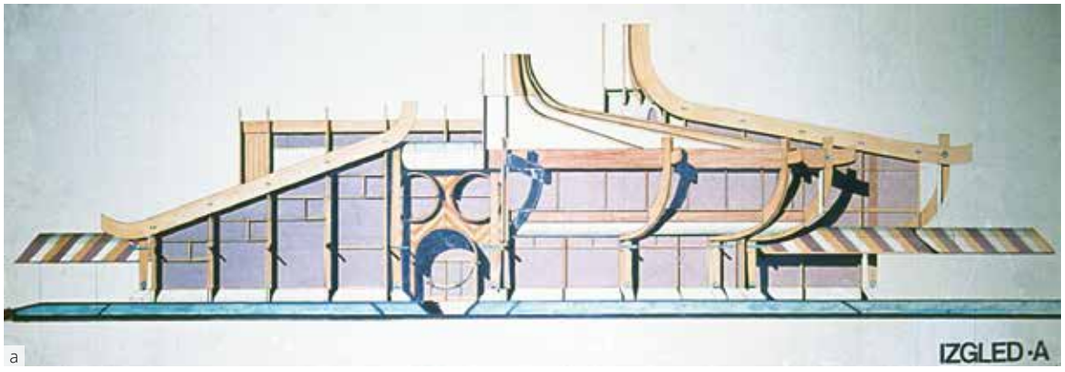
Elementi drvene konstrukcije zaštičeni su protiv insekata, gljivica, vlage i požara. Prema očekivanjima, ova zaštita je efikasna na spoljnim fasadnim ravnima za period od 10 godina, kada treba da se obnovi, dok unutar objekta zaštita može biti obnovljena samo ukoliko se želi izmena enterijerskog rešenja, budući da je drvo zaštićeno od bilo kakvih uticaja. Sa oblikovnog stanovišta, objekat predstavlja formu koja nije uobičajena, koja je u svemu usaglašena sa funkcijom objekta i mehaničko-tehnološkim mogućnostima gradnje u drvetu i lepljenom lameliranom drvetu.

SALON NAMEŠTAJA NOVI DOM U ZRENJANINU

Nastavljajući akciju izgradnje prodajnih salona nameštaja, radna organizacija Novi Dom iz Beograda, uz saradnju sa Drvnom industrijom Gaj iz Podravske Slatine, posle uspešnog izgrađenog salona u Ćupriji, izgradila je i prodajni salon u Zrenjaninu. Zahtev investitora je bio da se oblikovni manir usvojen na objektu u Ćupriji dosledno sprovede i u projektovanju objekata u Zrenjaninu. Kako su urbanistički uslovi za gradnju objekta u Zrenjaninu bili drugačiji, i tražena površina prodajnog prostora veća u odnosu na projekti zadatak objekta u Ćupriji, to su projektanti prihvatili da treba zadržati oblikovni manir usvojen na već izvedenom objektu, a objekat koncipirati prema postavljenim uslovima. Tako će investitor dobiti projekat u kome ima elemenata karakterističnih za objekte Novog Doma, a koji izbacuje ideju o serijskoj gradnji objekata, bez obzira na lokalne uslove i mogućnosti uklapanja u ambijent. Investitoru je predložen projekat objekta sa ukupnom površinom prodajnog prostora od 1.200 m². Ovako velika površina prodajnog prostora raspoređena je u objektu nad razuđenom osnovom, prema strogoj nameni prodajnog prostora (komadni nameštaj, garniture, tepisi, bela tehnika, itd.). Prodajni prostor u galeriji i prizemlju koncipiran je nad osnovom koja se sastoji iz četiri osnovna elementa: dva pravougaonika i dva



Sl. E.35a-d. Prodajni salon nameštaja Novi dom u Zrenjaninu - planovi



a

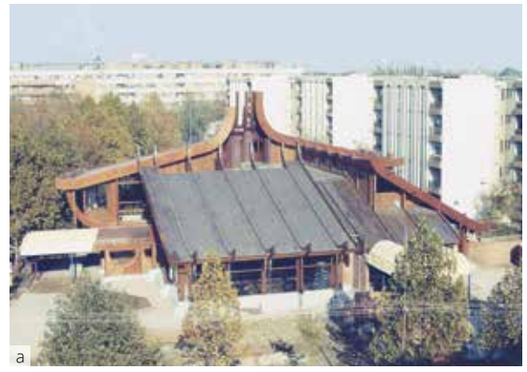

b


c


e


e

Sl. E.36a-e. Realizacija objekta prodajnog salona nameštaja Novi dom Zrenjaninu


a


b

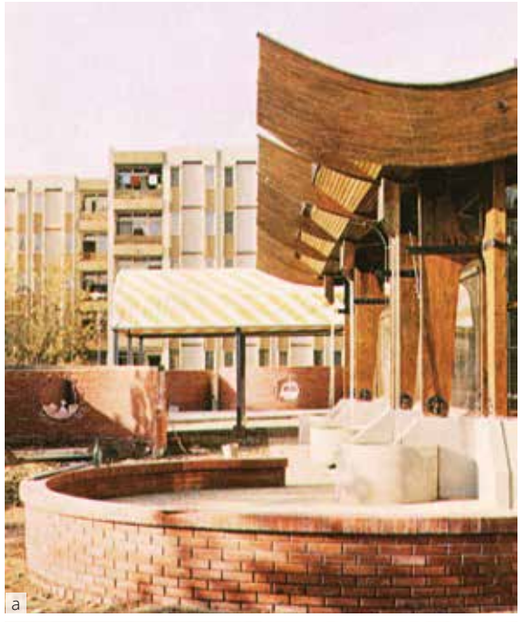

c

Sl. E.37a-c. Prodajni salon nameštaja Novi dom u Zrenjaninu

segmenta kružnice. Ovi prostori se međusobno povezuju i preklapaju, pripadaju jedinstvenom volumenu objekta, a funkcionalno omogućuju vrlo uspešno prezentovanje nameštaja i opreme kupcima i potencijalnim potrošačima. Sva četiri elementa osnove održavaju se u prostornoj koncepciji objekta smicanjem po vertikali i orijentacijom krovnih ravni. Na taj način, sa već poznatim elementima krovnih greda i zakrivljenih udvojenih nosača galerije, koji se povezuju sa krovnim gredama sa fasadnim stupcima van ravni fasade, sa bogatim nadstrehama, izgrađen je objekat koji je zadržao samo osnovnu zajedničku ideju u koncepciji prodajnih salona Novog Doma.

Objekat je lociran u parkovskom kompleksu ispred novosagrađenog naselja. Orijentisan je prema Ulici dr Laze Kostića, a ima ekonomski prilaz iz novoprojektovane ulice, koja izlazi iz novog naselja. Na uglu ovih dveju ulica u ambijentu, gde je vođeno računa o svakom drvetu ponaosob, izgrađen je objekat koji je svojim prisustvom samo obogatio ambijentalni sadržaj. Parterno rešenje, koje obuhvata neophodna rešenja saobraćaja sa strane ekonomskog ulaza, predviđa i izlaganje baštenskog nameštaja u okviru slobodnih površina parka, i prostorna rešenja obogaćena niskim ovalnim zidovima u opeci. Nad svim ulazima i izlazima projektovana je i izvedena dodatna nadstreha od plastificirane tkanine živih boja kojom je objekat prisnije vezan za gradske pešačke komunikacije s jedne strane i sa zelenilom parka s druge strane.

U odnosu na konstrukciju projektanti su ostali dosledni u usvajanju rešenja koja su već izvedena na prvom objektu Novog doma. To ima svoj kvalitet jer je izvođaču elemenata konstrukcije veoma važno da sa istim elementima konstrukcije i istim elementima veze izvede više objekata, i da iskustvo stečeno tokom gradnje objekata bogato iskoristi i ostvari uštede u materijalu i radnoj snazi. Pored već poznatih oblika konstruktivnih elemenata i njihovog sklopa, konstruktivni sistem je obogaćen novim elementima u betonu: to su dva ovalna betonska platna u blizini centra kružnice u koji se utapaju radijalno postavljeni krovni nosači galerije na višem delu objekta. Ova zidna platna su elementi koji obezbeđuju prostornu stabilnost delovima objekta koji se na njih oslanjaju, a jednovremeno, u enterijeru, imaju svoj puni smisao u podeli prostora i u oformljenju prostora za neophodne službe prodaje. Ostali delovi objekta imaju svoje sisteme za ukrućenje u vidu spregova u vertikalnim ravnima i spregova u krovnom sendviču. Razuđene krovne površine, sa nagibima u različitim pravcima, zaštićene su bakarnim limom preko daščane oplate. Krovni sendvič je projektovan tako da zadovolji najrigoroznije klimatske uslove, s tim što je donja strana sendviča u isto



a



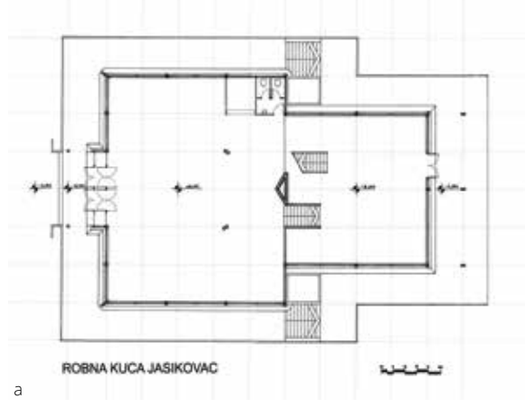
b

Sl. E.37a,b. Prodajni salon nameštaja Novi dom u Zrenjaninu

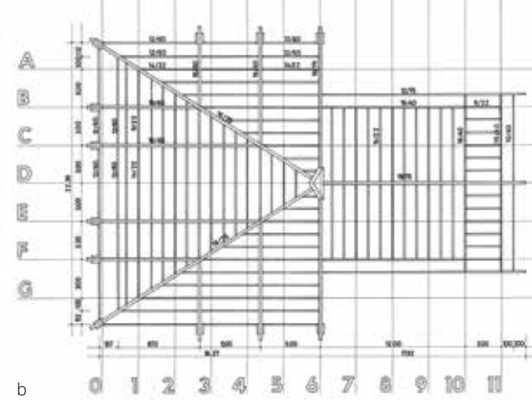
vreme i plafon – rendisana i bojena lamperija. Objekat je izveden vrlo pedantno, više stolarskom obradom materijala i veza nego tesarskom tehnikom, što govori o težnji izvođača da što bolje odgovori postavljenim zadacima.Enterijerska rešenja su vezana za rešenja funkcije i konstrukcije objekta. Ukupni oblikovani efekat govori o uspešnoj realizaciji ideje o jedinstvu arhitekture i inženjerstva i ideje da bez projektovanja konstrukcije i konstruktivnog sistema nema pravog rešenja u okviru stvaranja jednog arhitektonskog dela. Objekat nedvosmisleno potvrđuje da je već definisan pojam „arhitekture konstrukcije“ u okviru arhitektonskog stvaralaštva uspešno ostvaren.

ROBNA KUĆA „JASIKOVAC“ U BERANU (IVANGRADU)

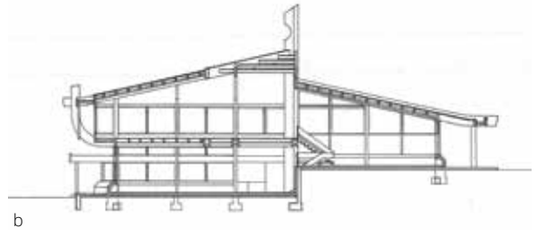
Za potrebe Trgovinske radne organizacije „Jasikovac“ iz Ivangrada projektovan je i izgrađen objekat robne kuće sa jednostavnim funkcionalnim zahtevom: prodaja nameštaja i opreme za domaćinstvo. Objekat je lociran na reprezentativnom mestu u Beranu (Ivangradu). Nalazi se na putu za memorijalno obeležje Jasikovac, i u blizini je velike sportske dvorane, koja je izgrađena u tehnici lepljenog lameliranog drveta i pokrivenog plivačkog bazena, koji je u gradnji, a koji je takođe projektovan u drvetu. Na blago nagnutom terenu izveden je objekat robne kuće u površini od oko 800 m² u tri poluetaže: na nižem delu, sa strane glavnog ulaza koji je orijentisan prema hotelu Berane, postoji prizemlje i galerija, na višem delu terena, a strana ekonomskog prilaza je poluetaža. Kompletna konstrukcija objekta je u drvetu - stubovi, postavke, rebra, tavanjače, rožnjače; sve osim srednjeg, centralnog betonskog stuba trouglaste osnove koji čini markantnu vertikalu u objektu, i čija je funkcija da pospeši prihvatanje horizontalnih sila i doprinese potpunoj prostornoj stabilnosti objekta. Vrlo jednostavna koncepcija osnovnog nosivog sistema međuspratne tavanice se sastoji od glavnih dijagonalnih udvojenih greda od lepljenog lameliranog drveta (na spratnom delu objekta), koje se oslanjaju na centralni betonski stub sa jedne strane i na fasadne drvene stubove na uglovima objekta, sa druge strane.Na njih se oslanjaju sva rebra krovne i međuspratne konstrukcije. Mnogi elementi konstrukcije u svom izvornom rešenju su već bili izvedeni na sličnim prodajnim objektima Novog doma u Ćupriji i Zrenjaninu. Prizemni deo objekta, u poluetaži, ima niz paralelnih rebara koja obrazuju blago nagnutu jednovodnu ravan. Objekat, sa bogatim prepustima galerije i krovnih ravni izvedenih isključivo u drvetu i staklu, daje skladni doprinos kompleksu objekata u drvetu koji su izvedeni u susedstvu, i nizu porodičnih stambenih zgrada koje su izvedene na padini iznad objekta. Sa svojim pokrivačem u bakarnom limu, sa spretno izvedenim parternim rešenjem, objekat je u svemu odgovorio postavljenim funkcionalnim i oblikovnim uslovima.



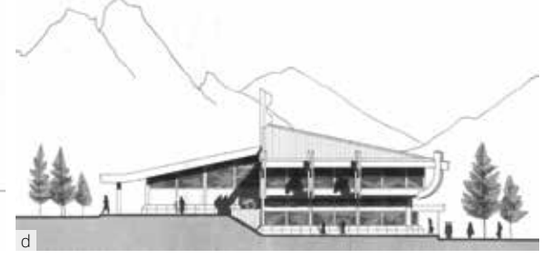
a



b



b



d

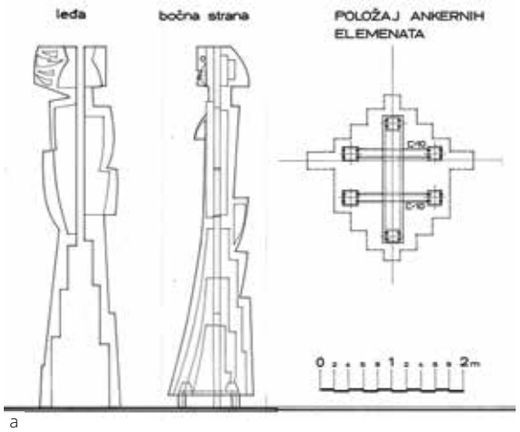


e



f

Sl. E.38a-f. Prodajni salon Jasikovac u Beranu (Ivangrad)



a



b



c

Sl. E.39a-c. Projekat i realizacija skulpture „Lesnina“ u Ljubljani

SKULPTURA „LESNINA“ U LJUBLJANI

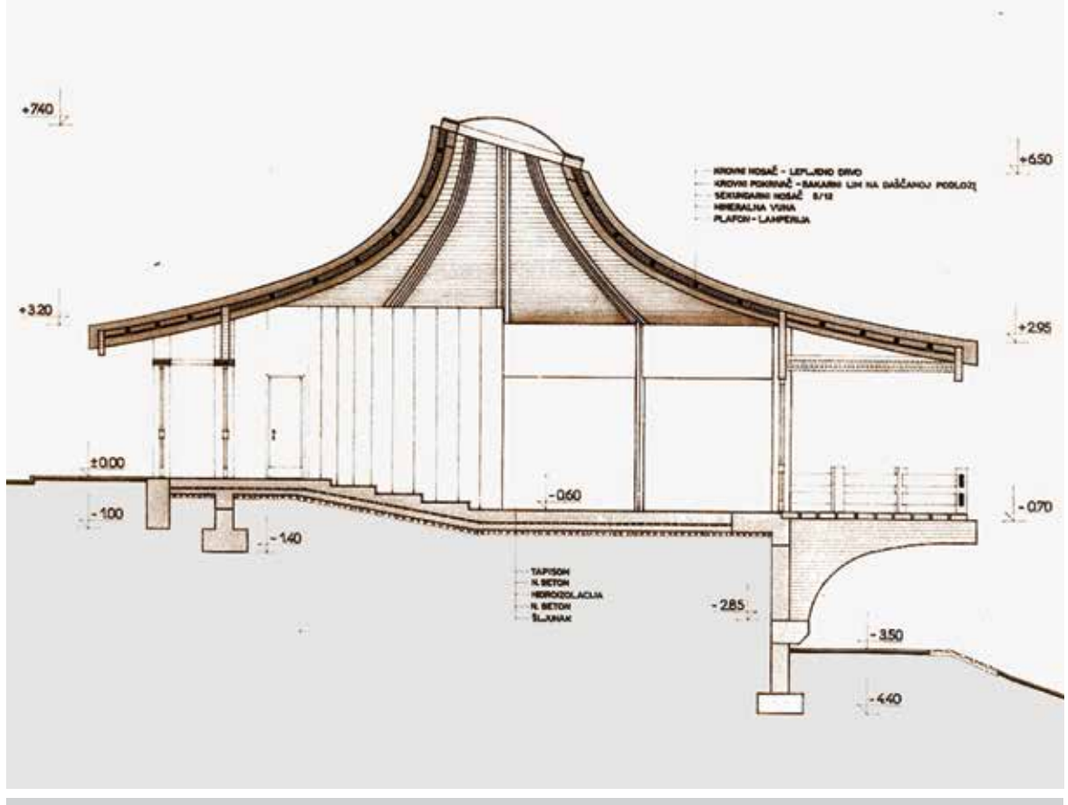
Pred upravnom zgradom korporacije Lesnina u Ljubljani postavljena je skulptura devojke izrađena od lepljenog lameliranog drveta. Zapravo to je desetostruko veća replika male drvene skulpture visine 50 cm, izvedene od tankih drvenih lamela debline 10 mm koje su stepenasto poređane i koje su formirale trodimenzionalnu strukturu. Moj zadatak je bio da skinem geometriju svake lamele, bez rastavljanja statuete, i da sačinim plan montaže u razmeri 10:1. Bio je to interesantan zadatak koji sam obavio bez teškoća. U montaži (proizvodnji) skulpture u Fabrici lepljenih konstrukcija Gaj u Voćinu sam i ja učestvovao u funkciji „kreatora“.

OBNOVA PAVILJONA VIDIKOVAC NA KUSJAKU

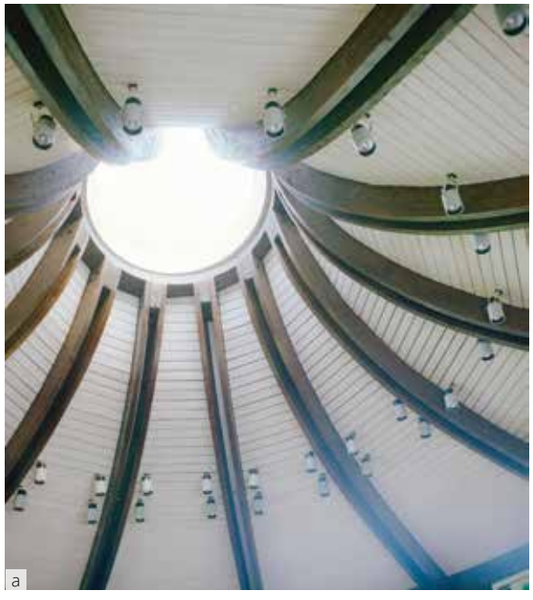
Za potrebe obeležavanja početka radova na izgradnji elektroenergetskog sistema Đerdap II na Kusjaku kraj Negotina projektovan je i izveden objekat specifične namene. Funkcionalno je bio podređen činu obeležavanja početka radova, koji je obavljen u prisustvu najviših delegacija dve susedne i prijateljska zemlje NR Rumunije i SFR Jugoslavije, koje su učestvovale u realizaciji elektroenergetskog projekta. Vrlo jednostavna forma objekta sa kružnicom u osnovi, sa kaskadno denivelisanim podom u obliku malog amfiteatra, sa nužnim pratećim sadržajem i sa nadkrivenom terasom koja gleda na Dunav, odlikuje se skromnošću, ali i jednovremenim bogatstvom izraza.

Objekat je izveden u drvetu. Drvo je osnovni materijal konstrukcije objekta i materijal enterijerske obrade u kombinaciji sa staklom. Konstruktivni sistem objekta, koji sam predložio projektantu, čini niz radijalno postavljenih poligonalnih elemenata trozglobnog luka, koji se u temenu oslanjaju na blago zakošeni drveni temeni prsten. Sistem je na taj način obezbeđen od dejstva horizontalnih sila koje u odnosu na izvanredno malu sopstvenu masu objekta, mogu imati značajan uticaj na stabilnost objekta. Podna konstrukcija pokrivene terase takođe je izvedena od kružnih segmenata lepljenog lameliranog drveta pravougaonog poprečnog preseka preko radijalno postavljenih drvenih konzolnih rebara. Problem oslobađanja torzionog uklještenja podnih zakrivljenih rebara nad osloncima rešen je na taj način što su rebra u horizontalnoj ravni oslonjena najmanje na tri oslonca, na kojima je izvedena zglobna veza. Sve međusobne veze elemenata izvedene su trnovima, vijcima i vijcima za drvo. Radove na montaži objekta izvela je Drvna industrija „Gaj“ iz Podravske Slatine u rekordno kratkom vremenu.

Posle požara, koji je početkom 2004. godine potpuno uništio paviljon, LKV Centar je uspešno obnovio objekat uz pomoć preduzeća Piramida iz Sremske Mitrovice, a po mom arhivskom projektu konstrukcije iz 1977. godine, koji je rađen za Energoprojekt iz Beograda.



Sl. E.40. Projekat objekta Vidikovac na Kusjaku kod Hidroelektrane Đerdap II


a


d


e


b


f


c

Sl. E.41a-f. Obnovljeni objekat Vidikovac na Kusjaku kod Hidroelektrane Đerdap II

OSNOVNA ŠKOLA U RADINCU KRAJ SMEDEREVA

Osnovnu školu u Radincu, radničkom naselju uz Smederevsku železaru, projektovala je arhitekta Vera Ivetić iz beogradskog Energoprojekta. Bilo je veliko zadovoljstvo sarađivati na projektovanju sa osobom koja nije samo dobar arhitekta već i senzibilna umetnica u svom poslu. Veoma lako smo definisali projekat konstrukcije u tehnici lepljenog lameliranog drveta. Koleginica Ivetić je bila veoma zadovoljna što je funkcija njenog objekta upotpunjena i vizuelnim enterijerskim kvalitetima koje pruža drvo, u jednom objektu koji je namenjen obrazovanju naše dece u zdravoj i toploj sredini školskog prostora. Njeni stihovi, koje sam uspeo da sačuvam, kao dragu uspomenu na plemenitost arh. Ivetić, pokazuju koliko je živela sa svojim projektom tokom njegovog nastajanja i tokom njegove realizacije. Projektovana škola ima 12 učionica za učenike nižih razreda i 12 učionica za učenike viših razreda osnovnog obrazovanja sa svim pratećim prostorom. Učionice opšte nastave, dimenzija 6.60 x 8.80 m, postavljene su po dubini objekta sa orijentacijom prema jugu. Dodatno osvetljenje tako koncipiranog prostora bilo je neophodno i izvedeno je sistemom lanterni koje daju dopunsko ujednačeno svetlo, jer su orijentisane na sever. Ovako koncipiran radni prostor pruža mnogo mogućnosti pune adaptabilnosti i aktivnog odnosa učenika u procesu nastave, što je osnovna tendencija razvoja obrazovanja. Sala za fizičko vaspitanje ima borilište dimenzija 15.0 x 27.0 m, uz koje je izvedeno gledalište za 150 posetilaca. Prostori za više svrha i sala za fizičko vaspitanje su tako koncipirani da mogu služiti za potrebe javnih priredbi. Primena lepljenog lameliranog drveta nije imala za cilj da zadovolji samo uslove sigurnosti i stabilnosti omeđenog korisnog volumena objekta. To nije klasična konstrukcija koja samo nosi korisna, pokretna i stalna opterećenja. Konstruktivni sistem objekta je proizišao iz ukupnog funkcionalnog i likovnog izraza objekta i izvršio izvanredan uticaj na konačni lik objekta. Prožimanje konstrukcije i arhitekture potpuno je sprovedeno, a elementi drvene konstrukcije su se potpuno nametnuli u enterijerskom rešenju i imaju vodeću oblikovnu funkciju. Konstruktivni sistem je koncipiran tako da postoje samo glavna nosiva drvena rebra, po pravilu sa zakrivljenom konkavnom osom, različitog statičkog sistema: prosta greda, kombinovana prosta greda, poligonalni trozglobni luk, prostorni sistem trozglobnih lukova, kombinovani dvozglobni luk (nad salom za fizičko vaspitanje) itd, s tim da ne postoje rožnjače, ni sekundarna ispuna od drveta. Ulogu sekundarne ispune preuzeo je na sebe trapezasti aluminijumski lim čiji se talasi pružaju paralelno sa izvodnicom cilindrične površine. On jednovremeno čini i plafonsku konstrukciju, a po njemu je postavljena termo i hidroizolacija ravnog krova. Horizontalne sile prihvataju poprečni i podužni zidovi od betona, što osigurava potpunu prostornu stabilnost objektu. Plafonske površine su prskane mlevenom plutom kako bi se izgubio hladan uticaj metala, u čemu se izvanredno uspelo. Konstrukciju je proizvela Fabrika lepljenih konstrukcija Krivaja iz Zavidovića, a montažu, sa manjim greškama u geometriji konstrukcije, izveo je lokalni izvođač radova.


a


b

Sl. E.42a,b. Osnovna škola u Radincu tokom gradnje


a


b


c


d

Sl. E.43a-d. Osnovna škola u Radincu na dan svečanog otvaranja



Osnovna škola - Radinac

Na suncu blistaju zidovi beli
građeni od naših snova i ruku.
Vitke jelove grede ih grle
u blagom luku.

Otvorile su se velika vrata
za one što znaju samo bajke,
za one što već čuvaju tajne,
za njihove očeve i majke.

Pod talasom lakoga krova
iz đačke klupe glas se čuje.
Bez ograde od neba
ovde se čovek kuje.

Jednoga dana on će smeti
od pergole što se svila
u visinu da poleti
kao pticaraširenih krila.

Sl. E.44. Osnovna škola u Radincu. Stihovi autorke projekta arh. Vere Ivetić posvećeni osnovcima ove škole

STUDENTSKI DOM
LOLA, BEOGRAD

LKV Centar je krajem devedesetih godina prošlog veka veoma uspešno sarađivao sa većim izvođačkim i investirorskim kućama. Iz saradnje sa Estetika interprojektom iz Beograda, proistekao je i poziv da LKV Centar, u svojstvu podizvođača radova, učestvuje u rekonstrukciji Studentskog doma Ivo Lola Ribar u Beogradu. Projekat konstrukcije krova nad novim potkrovljem ovog objekta izradili su arh. Evica Dimitrijević i inž. Vladan Dimitrijević. LKV Centar je preuzeo deo zadatka da po tom projektu naruči, preuzme, transportuje i isporuči krovnu konstrukciju nad potkrovljem u sistemu LLD. LKV Centar je sklopio ugovor o međusobnoj saradnji sa velikom fabrikom lepljenih konstrukcija Tesko, u okviru koncerna Armabeton u Pragu, u Češkoj republici, i naručio konstrukciju po pedantnoj specifikaciji elemenata te lepljene lamelirane konstrukcije. Predmetna konstrukcija u sistemu zakrivljenih štapova trozglobnog luka je dopremljena u Beograd, a ja sam organizovao prihvat konstrukcije i njenu primopredaju naručiocu.


a


b


c


d


e


f

Sl. E.45a-f. Montaža LLD krova na Studenstkom domu Lola Ribar u Beogradu

POTKROVLJE DOMA
ZDRAVLJA "RUMA" U RUMI

Pretvaranje ravnog krova sa dotrajalom hidroizolacijom u potkrovlje sa korisnim bolničkim prostorom na objektu Doma zdravlja u Rumi je bio zadatak koji je postavljen pred projektante biroa za projektovanje Jugodrvo u Beogradu. Kao spoljni saradnik ovog beogradskog projektnog biroa predložio sam primenu trozglobnog luka neobične forme, koji je nazvan nosačem "bez oslonaca", jer rezultatima koje smo ostvarili razrađujući projekat pretvaranja ravnog krova u potkrovlje na objektu Doma zdravlja u Siminoj ulici u Beogradu, nismo bili zadovoljni. Prethodno potkrovlje na objektu male širine formirano je ugradnjom nosača tipa trozglobnog luka od lepljenog lameliranog drveta klasičnog oblika sa krutim uglom i zakrivljenom vutom na spoju kosog stuba i kose prečke. Takav nosač je imao oslonce na fasadnim zidovima, a kosi stub i zakrivljena vuta smanjivali su koristan prostor osnove potkrovlja. Na potkrovlju Doma zdravlja u Rumi iskorišćen je trozglobni luk od lepljenog drveta istog oblika kao na potkrovlju u Beogradu, s tim da je fiktivni raspon


a


b


c

Sl. E.46a-c. Poligonalni trozglobni lukovi – nosači "bez oslonaca"



a



b



c

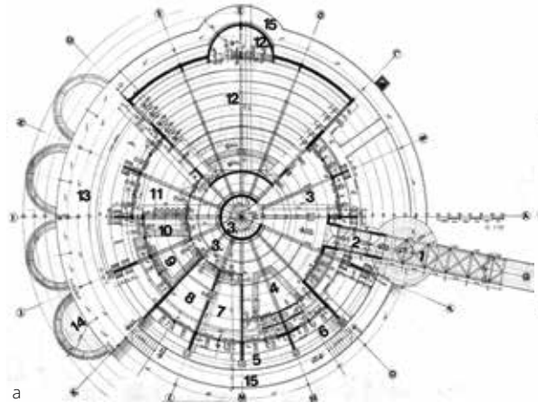
Sl. E.47a-c. Poligonalni trozglobni lukovi – nosači “bez oslonaca”

luka bio veći od širine objekta za strehe sa obe strane mansardnog krova. Na ovaj način, donji krajevi poligonalnog lučnog nosača su bili u vazduhu, van objekta, na krajevima streha, ali su im bili pridodati vertikalni stupci dvodelnog poprečnog preseka na mestu oslanjanja na fasadni zid, odnosno na mestu preloma fasadne i krovne ravni. Metalnim flahom povezani su oslonački čvor drvenog dvodelnog stupca i kraj lepljenog nosača, a obe oslonačke, naspramne, tačke su kroz ravnajući betonski sloj povezani zategom od betonskog gvožđa. Na taj način je horizontalna sila luka uravnotežena zategom, a prelomni čvor luka oslonjen preko vertikalnog stuba na fasadni zid. Ovim postupkom se dobija neuporedovo prihvatljiviji oblik poprečnog preseka potkrovlja sa veoma malim uticajima zakrivljene vute luka od lepljenog lameliranog drveta. Nosač “bez oslonaca” je doživeo uspešnu promociju.

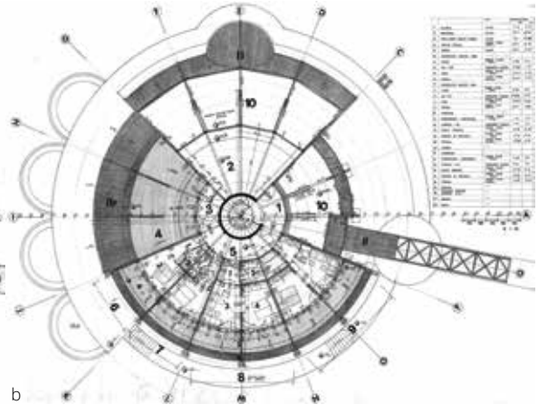
ARBORETUM U LISIČINAMA NA PAPUKU, HRVATSKA

Davne 1963. godine inženjer šumarstva Žuro Jorgić započeo je izgradnju botaničke bašte - arboretuma u selu Lisičine na Papuku u blizini Podravske Slatine. Na površini od 40 ha, oko starog imanja porodice Jorgić iz vremena od pre Drugog svetskog rata, nastala je veoma velikim zalaganjem veoma vredna botanička institucija sa preko 2.500 jedinki iz svih krajeva sveta. Arboretum postaje poznata i priznata naučna destinacija, koju posećuju botaničari iz svih krajeva sveta. Prihvat posetilaca, stručnjaka i naučnika iz oblasti šumarstva bio je poseban problem za domaćine u arboretumu. Zato je na predlog g. Nikole Crnobrnje, generalnog direktora Drvne industrije “Gaj” iz Podravske Slatine, tokom 1988. godine, bio upriličen susret domaćina arboretuma inž. Jorgića i nas dvojice arhitekata Petra Markovića i mene. Definisan je projektni zadatak kojim je predviđena gradnja jednog veoma vrednog prihvatnog centra, u kome bi, pored komfornog smeštaja za posetioce u više apartmana, bila izgrađena i biblioteka, informacioni centar, dvorana za predavanja i projekcije stručnih filmova i laboratorija za stručni i naučni razvoj, i prilagođavanje i zaštitu biljnih vrsta u arboretumu.Idejni projekat, a zatim glavni projekat, koji smo razradili u već prepoznatljivoj kooperaciji kolega Marković i ja, bili su prihvaćeni. Radovi na izgradnji objekta su ubrzo započeli i svi građevinski radovi su završeni pred raspad Jugoslavije.Oko centralnog betonskog jezgra kružnog preseka u osnovi razvijen je kopletan sadržaj objekta sa fasadama na delovima koncentričnih krugova. Konstruktivni sistem je u potpunosti pratio funciju objekta i zakrivljeni nosači od lepljenog lameliranog drveta, u sistemu proste grede, su od kote prizemlja dosezali na različitim visinama do centralnog jezgra u radijalnom poretku. Tako je dobijena veoma skladna forma razigranih delova torusa i konusa oko osnog centra objekta, iznad koje je na vrhu betonskog jezgra izgrađen vidikovac. Do vidikovca se stizalo zavojnim betonskim stepeništem kroz samo betonsko jezgro, čime je stabilnost centralnog nosivog elementa konstrukcije bila povećana.

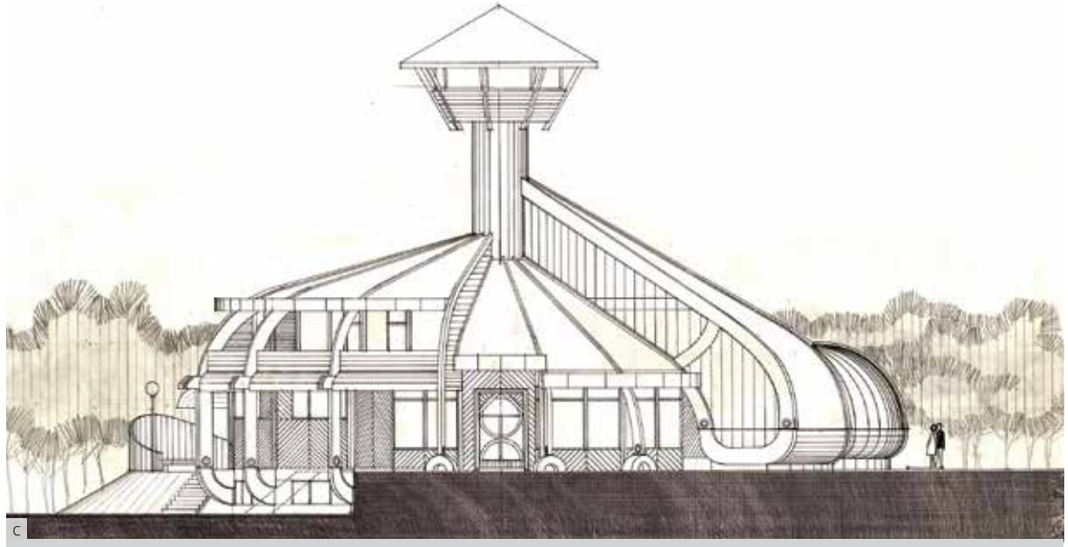
Celo područje arboretuma je veoma stradalo u proteklim nemirima, broj jedinki biljnog sveta je pao na samo nekih 500 komada, a nedovršeni objekat je bio potpuno napušten.



a



b



c

Sl. E.48a-c. Arboretum u Lisičinama na planini Papuk, Hrvatska


a


b


c


d

Sl. E.49a-d. Arboretum u Lisičinama na planini Papuk, Hrvatska

EKOLOŠKI DOM U POŽAREVCU

Požarevac je zahvaljujući neviđenom angažovanju starog požarevačkog publiciste i zaljubljenika u breze Dragana Bogdanovića Bucića dobio prelepi Ekološki dom u parku Čačalica. Bilo je veliko zadovoljstvo raditi sa ovim čovekom najšireg obrazovanja i čovekom koji je do svog poslednjeg dana bdeo nad prirodnim bogastvom kakva je Čačalica. Za potrebe lokalnog ekološkog društva, i zarad potrebe da mladi ljudi ostanu vezani za prirodu i da uživaju u svim njenim bogatstvima, uspeo je da se izbori i da izgradi centar za okupljanje mladih ekologa. Nadam se da će jednog dana ovaj objekat poneti njegovo ime. Konstrukcija objekta je skeletna, izgrađena od pravih lepljenih lamelirani štapova, koji formiraju izuzetno razigranu formu kosih krovnih ravni i kalkanskin vertikalnih trouglastih ravni. Ekipa sjajnih majstora tesara, okupljena oko LKV Centra, obavila je zahtevni zadatak montaže filigranskom tačnošću na opšte zadovoljstvo svih Požarevljana koji su nesebično pomagali izgradnju ovog maštovitog objekta.


a


b


c


d

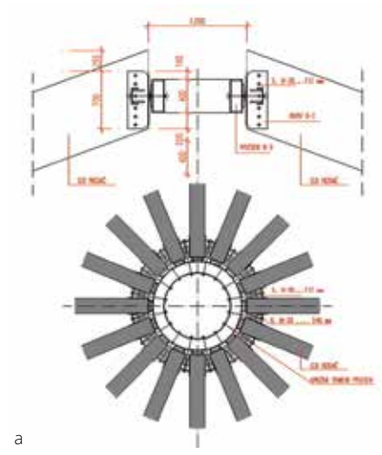

e


f

Sl. E.50a-f. Ekološki dom na Čačalici u Požarevcu

KATOLIČKI OBRAZOVNI CENTAR U ULAN BATORU, MONGOLIJA

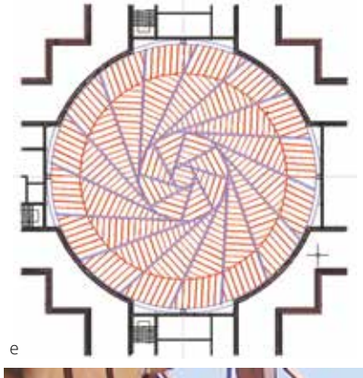
Ekipa naših kolega iz Smederevske Palanke bila je vlasnik velikog građevinskog preduzeća u Ulan Batoru u Mongoliji. Između ostalih velikih poslova, preuzeli su da projektuju i izgrade Katolički obrazovni centar u Ulan Batoru. Centar je imao tri celine: katedralu, školsko-internatsku zgradu i sportsku dvoranu. Problem koji se otvorio, predstavljala je međuspratna tavanica iznad pristupnog prizemlja sa pratećim sadržajem i krovna konstrukcija iznad centralnog broda kružne forme u osnovi prečnika 30.0 m. Forma objekta podseća na mongolsku jurtu, s tim da su pridodata četiri aneksa, koji sugerišu oblik krsta. Međuspratna tavanica nad kružnom osnovom predstavljala je sistemski problem, te sam dobio zadatak da rešim problem izvođenja te konstrukcije. Ponudio sam rebrasti oblik tavanice, sa rebrima u jednoj ravni – konstrukciju koju sam sedamdesetih godina prošlog veka izveo u atrijumu Biblioteke grada Beograda. Predloženo rešenje je sadržalo dva koncentrična nivoa konstrukcije, što je, pokazalo se, bio i dobar enterijerski događaj. Nad centralnim brodom crkve izveo sam klasični oblik rebraste konusne forme krovne konstrukcije sa radijalno postavljenim rebrima oko temenog prstena. Elemente drvene konstrukcije je proizvela i transportovala Hoja iz Ljubljane. Na poziv investitora prisustvovao sam tehničkom prijemu objekta u Ulan Batoru, koji je protekao bez primedbi. Tom prilikom sam gostovao na Građevinskom fakultetu Univerziteta u Ulan Batoru gde sam kolege profesore upoznao sa nivoom projektovanja i primene drveta u gradnji naših objekata.


a


b


c


d


e


f


g


h


i


j

Sl. E.51a-j. Katolički obrazovni centar u Ulan Batoru u Mongoliji

EVANGELIČKA METODISTIČKA CRKVA U ŠIDU

Na zahtev Mitropolije evangeličke metodističke crkve iz Novog Sada izradio sam projekat konstrukcije za krov ove crkve u Šidu, kao dopunu glavnog građevinskog projekta. Krovna konstrukcija sistema proste poliginalne grede, koju čini stilizovani oblik četvorovodnog krova, naručena je u fabrici lepljenih konstrukcija Tesko, koja je radila u sastavu koncerna Armabeton iz Praga u Češkoj. Već uhodana ekipa montažera sa iskustvom na montaži lepljene konstrukcije na sportskoj hali u okviru Svetosavskog doma u Kaću, sa lakoćom je obavila ovaj, ipak, složeni zadatak. Trebalo je mnogo strpljenja, pažnje i tesarskog umeća, da masivni komadi konstrukcije budu pedantno ukrojeni i postavljeni na svoje mesto.


a


b

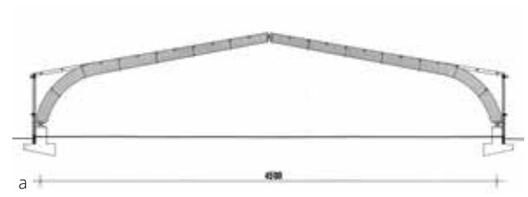

c


d


e


f

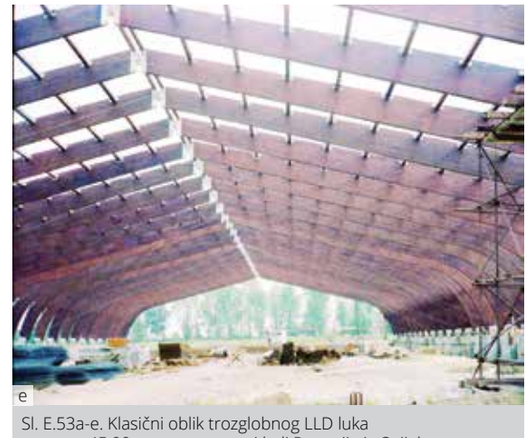
Sl. E.52a-f. Montaža krova na Evangeličkoj metodističkoj crkvi u Šidu


a


b


c


d


e

Sl. E.53a-e. Klasični oblik trozglobnog LLD luka raspona 45.00 m na remontnoj hali Panonije iz Osijeka

REMONTNA HALA AUTOTRANSPORTNOG PREDUZEĆA PANONIJA U OSIJEKU

Klasičan oblik trozglobnog luka, kod koga prečka i stub čine tehnološku celinu, i koji pravi delimično zakrivljeni štap, primenjen je na gradnji Remontnog centra Autoprevoznog preduzeća Panonija iz Osijeka, nastalog po ugledu na konstrukciju sportskih dvorana u Kaću. Trozglobni luk ovakvog oblika je obrazac iz svetske prakse. Predstavlja veoma eksploatisan oblik statičkih sistema za srednje raspone nosača, jer se na mestu zakrivljenja, mestu prelaska prečke u stub, pri pojavi negativnog momenta savijanja javlja radijalni pritisak u poprečnom preseku nosača, što je neuporedivo bolja naponska slika od pojave poprečnog zatezanja u zakrivljenom slemenu dvovodne proste grede, na primer. Glavni nosač ovog objekta je trozglobni luk raspona 45.00 m, a projekat konstrukcije tog objekta smo izradili inž. Stjepan Takač iz Osijeka i ja.

AUTOREMONTNI CENTAR AUTOSAOBRAĆAJNOG PREDUZEĆA DUNAVPREVOZ IZ BAČKE PALANKE

Moja saradnja sa Preduzećem za preradu drveta Hoja iz Ljubljane bila je na izvanrednom akademskom nivou. Međusobno veoma veliko uvažavanje i velika ljubaznost čelnika ove fabrike lepljenih konstrukcija se očitovala kod svakog našeg susreta. Nažalost, veoma mali broj projekata smo realizovali zajedno. Prvi od tih projekata, koji je izrađen u projektnom birou beogradskog preduzeća Jugodrvo, bio je projekat za izgradnju Remontnog centra Autotransportnog preduzeća Dunavprevoz u Bačkoj Palanci. Na projektu konstrukcije dvaju objekata u tom centru, perionici vozila i servisnoj radionici, imao sam veliku pomoć arh. Dragana Nikolića, mog dugogodišnjeg kolege i prijatelja po drvetu. Na predlog predstavnika izvođača radova na montaži konstrukcije usvojena je varijanta dvozglobnog okvira na objektu perionice i trozglobnog luka na tri zgloba sa razuđenim stubovima. Insistiralo se na primeni pravih štapova iz transportnih razloga. Sve međusobne veze drvenih elemenata konstrucije, krute veze i zglobne veze, izvedene su karikama tipa buldog. Konstrukcija radionice je na veoma atraktivan, ali i veoma ekonomičan način montirana. Na terenu su formirani paketi od po dva nosača do obe podužne strane objekta, i to tako što su veze u oslonačkim zglobovima odmah ostvarene. Tako je kod podizanja konstrukcije oslonački zglob radio kao klasična šarka. Tokom proizvodnje, transporta i montaže konstrukcije nije bilo novih, u praksi neproverenih, poduhvata, osim što se predlog izvođača radova da se međusobne veze elemenata drvene konstrukcije izvedu buldog ulošcima pokazao komplikovanim i ekonomski neopravdanim tehnološkim postupkom.



Sl. E.54a-f. Autoremontni centar Autosaobraćajnog preduzeća Dunavprevoz iz Bačke Palanke



a



b



c



d



e

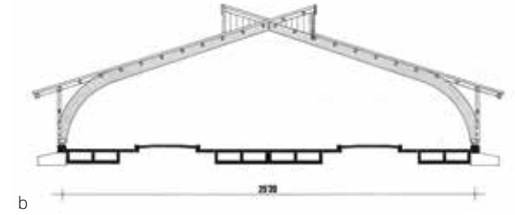
Sl. E.55a-e. Autoremontni centar Autosaobraćajnog preduzeća Dunavprevoz iz Bačke Palanke

FARME ZA UZGOJ JUNADI I KRAVA

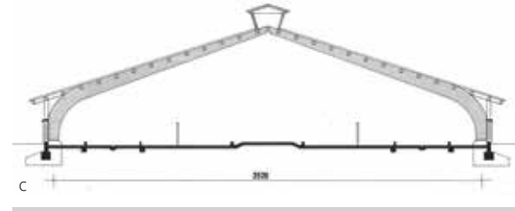
Pod poljoprivrednim objektima se podrazumevaju objekti veoma različite funkcije, različitih gabarita i formi, ali svi oni imaju jednu jako izraženu karakteristiku: u njima se formira veoma agresivna mikroklima, zasićena amonijačnim isparenjima. Iz tih razloga drvo je materijal koji se opravdano primenjuje u gradnji ovakvih objekata, zbog svoje sjajne rezistencije na takve agresivne uticaje. Veliki projektantski izazov su bile farme za po 1.200 krave, kakve su se gradile širom Vojvodine i Slavonije. Radio sam na projektima konstrukcije za farme u Bečeju, Karađorđevu, Odžacima, Mramorku i Mirkovcima kod Vinkovaca. To nisu mogli biti tipski projekti, jer su se zbog primene različite tehnološke opreme visina i rasponi konstrukcija staja razlikovali za 60 cm, što je bilo taman toliko da smo svaki put radili projekte od samog početka. Radio sam i na nekoliko peradrskih farmi sa konstrukcijama malih raspona, koji nisu bili veći konstrukterski izazov. Konstruktivni sistemi za raspone nosača od oko 25.00 m su najčešće bili trozglobni luci sa zakrivljenom vutom na prelasku stuba u prečku. U ovim objektima smanjeni profili hale na mestima glavnih nosača nisu od značaja, jer su uz podužne zidove objekata formirani prostori na kojima krave leže. Ta visina je i fiksnim preprekama smanjivana kako bi krava morala kada ustane da se izmakne van ležaja i primakne stazi sa uređajima za izđubrivanje. Na farmi krava u Mirkovcima bio je projektovan trozglobni luk sa zategom, koji je stajao na betonskim stubovima, uklještenim u stope temelja, ali nije pokazao prednosti nad klasičnim drvenim trozglobnim lukovima, naprotiv.



a



b



c

Sl. E.56a-c. Tipski oblici konstrukcija od lepljenog drveta za farme od 1.200 krava



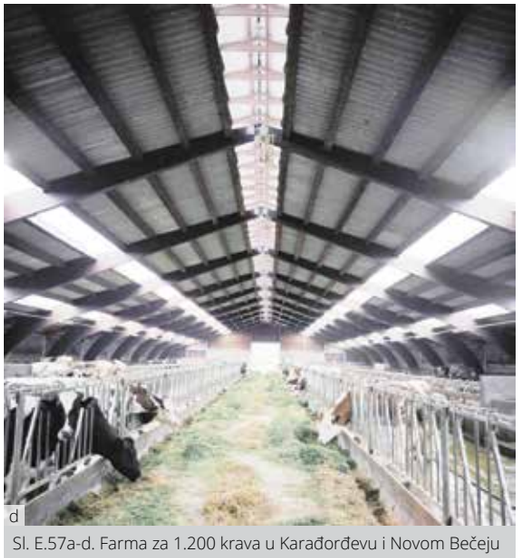
a



b



c



d

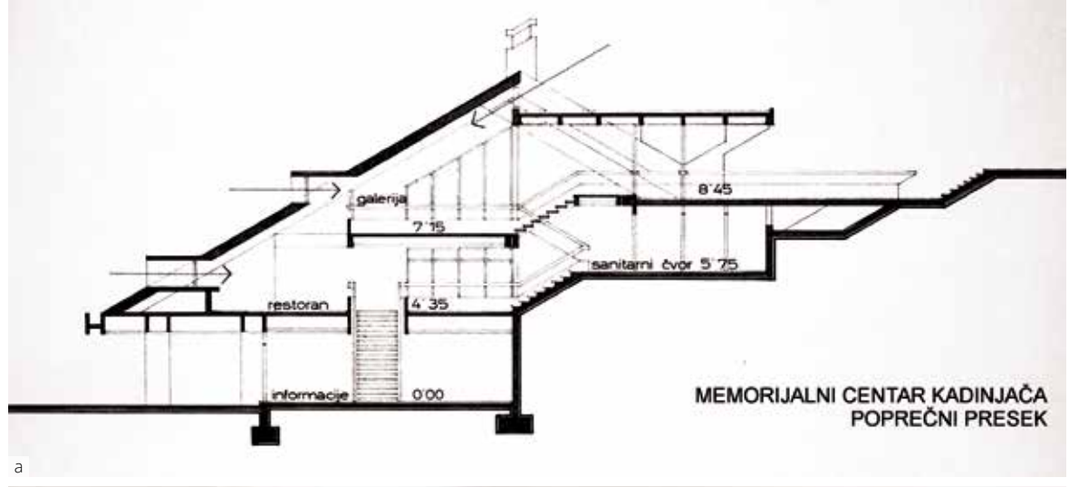
Sl. E.57a-d. Farma za 1.200 krava u Karađorđevu i Novom Bečeju

MEMORIJALNI CENTAR KADINJAČA

Sa poznatim beogradskim arhitektom Aleksandrom Acom Đokićem uspostavio sam veoma iskren profesionalni odnos, pogotovu zbog toga što je naš zajednički prijatelj bio arhitekta Petar Marković. Kolega Đokić je prihvatio gradnju drvetom kao nešto što se podrazumeva, ali na krajnje inženjerski i profesionalan način. Drvo se pojavljivalo u onim konstrukcijama, i na onim pozicijama, gde mu je bilo mesto sa funkcionalnog, estetskog, enterijerskog i inženjerskog aspekta. Nekoliko značajnih objekata projektovao je i izgradio moj kolega Đokić. Kada je konstrukcija u pitanju, radio uvek sa merom − sa merom da konstrukcija bude element enterijera, ali da uvek bude podrđena osnovnoj arhitektonskoj kreaciji.

Tako je nastala krovna konstrukcija na Memorijalnom centru na Kadinjači i veoma interesantna kuća Jugoslovensko – norveškog prijateljstva, sada Norveška kuća u Gornjem MIlanovcu. Kako objekat Prihvatnog centra funkcionalno prestavlja integralni deo spomeničkog kompleksa Kadinjača, pred projektanta i projektanta kostrukcije stavljen je nemali i vrlo odgovoran zadatak u koncipiranju objekta i u izvoru sistema konstrukcije i građevinskog materijala, koji moraju da doprinesu sintezi svih spoljnih i unutrašnjih prostora u okviru kompleksa. Sa takvih pozicija je osmišljen objekat Prihvatnog centra i njega karakteriše niz skladno poređanih srodnih volumena, izvanredno sraslih sa okolinom. Tako objekat upotpunjuje prostorno i kompoziciono rešenje celog kompleksa, a ima diskretnu dispoziciju u odnosu na sve tri celine spomeničke kompozicije.

Posebnu izražajnu vrednost objekta Prihvatnog centra predstavlja spretno izabrani građevinski materijal - lepljeno lamelirano drvo - za izvođenje konstruktivnog sklopa objekta. Drvo je materijal koji karakteriše arhitekturu brdskih i šumovitih predela, a objekti izvedeni u drvetu imaju poseban kvalitet: oformljuju prostore sa



a



b

Sl. E.58a,b. Izgradnja krovne konstrukcije Memorijalnog centra na Kadinjači









Sl. E.59a-d. Izgradnja krovne konstrukcije Memorijalnog centra na Kadinjači

posebnom, autentičnom toplinom, neposrednošću i intimnošću, lagodne i bliske čoveku. Nivo restorana i galerija u okviru jedinstvenog vazdušnog prostora restorana, omeđeni su kosim krovnim ravnima. Ritam moćnih drvenih greda - elemenata konstruktivnog sistema - koje izlaze iz plafonskih ravni, stvara toplu i intimnu atmosferu u svakom kutku prostora, i pruža mogućnost predaha i opuštanja posetiocu, koji je postao svedok herojstva i smrti ljudi koji su na Kadinjači ostali zauvek braneći slobodu.

Povezanost funkcije i konstrukcije je dominantni kvalitet objekta u građevinskom smislu. Sistemi trozglobnih lukova pravih štapova od lepljenog lameliranog drveta, građevinskog materijala koji nastaje posebnim tehnološkim postupkom od elemenata masivnog probranog i prosušenog drveta – lamela, i koji više ne ograničava dimenzije štapa po preseku u dužini, a ima odlične mahaničke karakteristike, naslanjaju se na armiranobetonsku konstrukciju nad prisutnim nivoom.

Sekundarna konstrukcija je od drvenih rožnjača, koje sa gornje strane ne nose daščanu oplatu - podlogu za krovni pokrivač, a sa donje daščani plafon. Na taj način je oformljen niz smaknuto postavljenih dvovodnih krovova. Ove krovne površine omeđuju jedinstveni prostor nad nivoom restorana u koji je utkana lagana drvena konstrukcija galerije, koja se oslanja u svom nivou na kose krovne grede, ili prenosi opterećenje preko vertikalnih drvenih zatega takođe na kose štapove trozglobnih lukova i ravne proste grede. Sistemi podužnih, srednjih i kalkanskih betonskih zidova daju prostornu krutost objektu i omogućuju oslanjanje izvesnih betonskih ili drvenih slemenih greda koje nose elemente osnovne konstrukcije. Unutar objekta je konstrukcija vidna, a dimenzije elemenata konstrukcije su međusobno usklađene bez obzira na potrebne manje preseke, zahtevane statičkom analizom, kako bi se dobio jedinstveni arhitektonski izraz i oformio željeni enterijer. U konstrukciji su vidne međusobne veze elemenata i one najčešće predstavljaju element enterijera, što znači da svojim prisustvom ne otećuju estetsku vrednost rešenja unutrašnjih prostora, što kod objekta, kod kojih su veze i okovi projektovani sa manje pažnje, daje potpuno suprotni efekat. Zaštita elemenata konstrukcije od lepljenog lameliranog drveta izvršena je višestrukim premazivanjem zaštitnim sredstvima na bazi Xyladecora. Time je drvo zaštićeno od insekata, gljivica i vlage, a jednovremeno povećan je i vizuelni efekat drveta. Sve spoljne površine drvenih elemenata, kose i horizontalne, zaštićene su limom, dok su vertikalne, bočne strane drvenih elemenata, zaštićene premazima, ostale vidne. Betonska konstrukcija nad pristupnim nivoom je klasična rebrasta tavanica i predstavlja platformu nad kojom je izvedena laka i transportna drvena struktura. Spoj ova dva materijala je dao sigurnu skeletnu konstrukciju koja odgovara svim tehničkim zahtevima u pogledu stabilnosti i sigurnosti, a jednovremeno predstavlja punu sintezu enterijera i konstrukcije, odnosno arhitekture i inženjerstva.

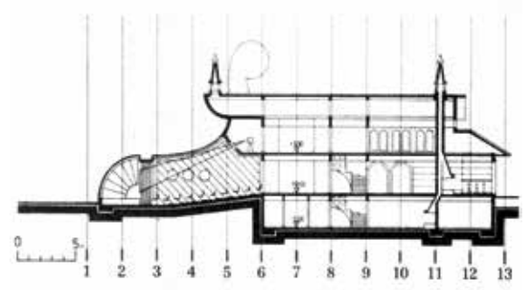
NORVEŠKA KUĆA (DOM JUGOSLOVENSKO – NORVEŠKOG PRIJATELJSTVA) U GORNJEM MILANOVCU

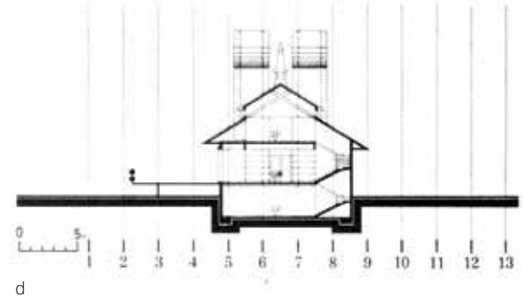
Želja da se trajno omogući verodostojan prikaz prošlosti, sadašnjosti i budućnosti jugoslovensko – norveškog prijateljstva, ostvarenog tokom Drugog svetskog rata, iznedrila je ideju da se izgradi ovaj objekat. U projektnom zadatku poseban akcenat je stavljen na potrebu evociranja uspomena iz bliske prošlosti, kada je veliki broj interniraca iz naše zemlje stvorio neraskidivu vezu sa prijateljima iz Norveške, i kada je ostvaren specifični oblik ovog prijateljstva. Od prvih međusobnih kontakata tokom 1942. godine preko izgradnje „Srpske kuće" na planini Stjern, u Norveškoj, gde je svojevremenpo našao utočište veliki broj naših interniranih ljudi, kao i kroz brojne posleratne kontakte, ostvareno je trajno prijateljstvo naroda dveju država. Iz tih razloga i zbog značaja koje će „Srpska kuća" u Norveškoj i Kuća jugoslovensko – norveškog prijateljstva u Gornjem Milanovcu, u Srbiji, prenositi sadašnjim i budućim pokolenjima, ovaj objekat mora da dobije simboličko obeležje. Zato su projektanti odabrali karakteristične poznate drvene simbole obeju nacija i sproveli sveobuhvatno njihovo sažimanje. Pramac vikinške galije sa jedne strane, u kontaktu sa srpskom brvnarom sa druge strane. Ovaj komponovan objekat ima izduženi oblik na tri nivoa: suteren, prizemlje i galeriju. Najatraktivniji sadržaj je smešten u norveškom delu kuće. Tu se nalazi svečana sala sa 120 mesta naspram koje je hol u kome se na centralnom mestu nalazi spomen ploča na kojoj je posebnom likovnom obradom prikazano prijateljstvo dvaju naroda. Na galeriji je prostor za muzejsku postavku sa eksponatima vezanim za stradanje naših interniraca i sa podacima i dokazima o velikoj brizi i pomoći koju su im pružili norveški prijatelji. Na izradi projekta konstrukcije pomogao mi je mlađi kolega inž. Boško Stevanović. Statički proračun konstrukcije objekta nije bio preveliki inženjerski zadatak, ali je razrada projekta, koju čini specifikacija elemenata konstrukcije bila veoma zahtevan deo projektanstkog posla, koji je veoma dobro izveden. Konstrukcija objekta od lepljenog lameliranog drveta, prema našem projektu konstrukcije, stigla je iz Norveške, kao deo njihovog učešća u realizaciji projekta. Montirana je sa našom teserskom operativom i predata investitorima bez njihovih primedbi.


a

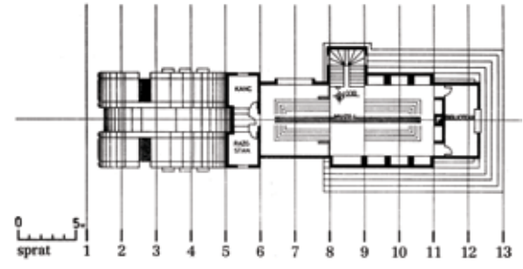

b

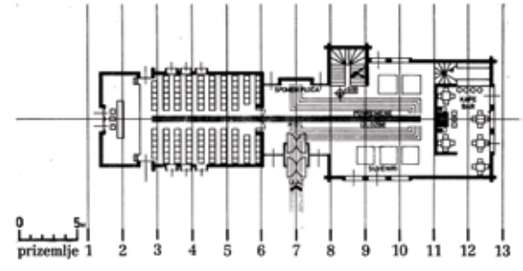

c

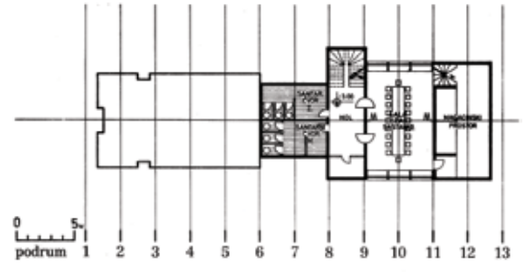




d







e

Sl. E.60a-e. Norveška kuća u Gornjem Milanovcu

ZAŠTITNI OBJEKTI U ARHEOLOŠKOM PARKU VIMINACIJUM, STARI KOSTOLAC

Na danas čuvenom arheološkom lokalitetu Viminacijum izgradio sam prva tri zaštitna objekta - dva u tehnici lepljenog lameliranog drveta, nad nekropolom i termama, i jedan u sistemu LKV nad bedemima severne kapije vojnog logora. Sva tri zaštitna objekta imaju tendu kao krovni pokrivač i karakteriše ih jednostavan konstruktivni sistem, koji je u potpunosti podređen funkciji svakog od objekata.



a



b


c

Sl. E.61a-c. Ulazna kapija Arheološkog parka Viminacijum

Nekropola

Izuzetno otkriće na lokaciji Viminacijuma čine ostaci sakralne antičke arhitekture – grobnice u kojoj su sahranjeni posmrtni ostaci jednog od rimskih imperatora. Još uvek nisu potpuno potvrđene realne pretpostavke da se radi o mauzoleju imperatora Hostilijana, koji je, prema istorisjkim podacima, umro od kuge na ovom prostoru. Na fotosima koji slede, prikazane su prethodne analize i studije konstruktivnih sistema u 3d prikazu u svim fazama buduće realizacije.

Pred projektante zaštitnog objekta postavljen je posebno složen zadatak: projektovati stalni objekat muzejskog tipa, koji mora biti diskretan, nenametljiv, i koji ne sme da stavi u drugi plan arheološko blago nad kojim se gradi, a da pri tom bude oblikovan i opremljen u skladu sa istorijskim, kulturnim i političkim značajem jedne imperatorske nekropole. Nad kvadratnom osnovom mauzoleja projektovana je stilizovana piramidalna struktura, jedan istoriski oblik konstrukcije, ali ne i kopija čuvenih egipatskih oblika piramide. Dva para poligonalnih nosača od lepljenog lameliranog drveta, dijagonalno ukrštenih, orijentisanih paralelno sa grebenima piramide, formiraju prostornu osnovnu nosivu strukturu. Svaki od drvenih nosača u svojoj ravni čini trozglobni luk sa asimetričnim lociranim temenim zglobom – razmaknutim za širinu poprečnog preseka nosača, koja omogućuje prostiranje dela drugog trozglobnog luka, koji na tom mestu ima kruti ugao. Sekundarna konstrukcija, takođe od lepljenog lameliranog drveta, upotpunjuje nosivi sistem konstrukcije i omogućuje montažu i nošenje krovnog i fasadnog pokrivača – tende. Radni naslov ovog muzejskog objekta je Hostilijanova kristalna palata – parafraza na čuvenu londonsku Kristalnu palatu. Ova prostorna drvena struktura se oslanja na betonske potporne zidove izvedene oko prostora na kome se nalaze sarkofag i više otkrivenih grobnica. Konzolno izvedena betonska ploča na nivou trotoara čini atraktivnu galeriju po kojoj se kreću posetioci.

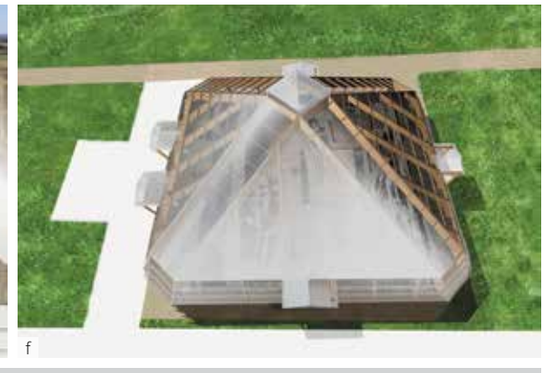

a


b

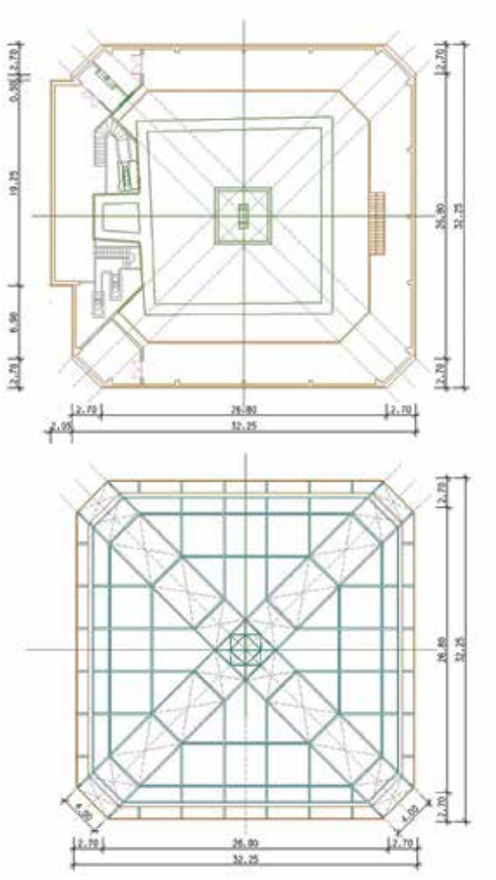

c


d


e


f

Sl. E.61a-f. Programska studija zaštitnog objekta Nekropole u 3D prikazu



Sl. E.62. Osnova objekta i osnova krovne LLD konstrucije



a



b



c



d



e



f

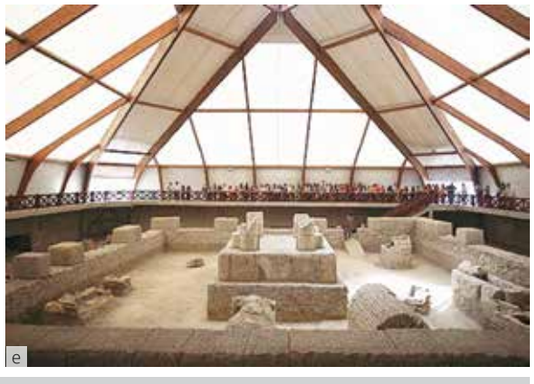
Sl. E.63a-f. Viminacijum – Nekropola







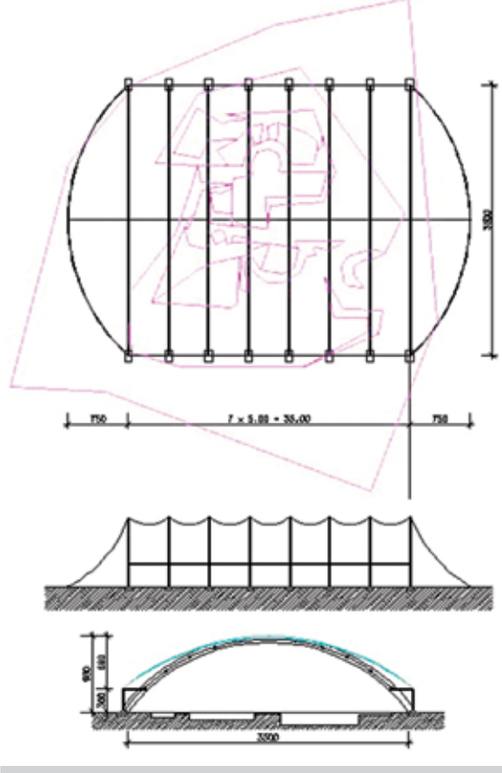




Sl. E.64a-e. Viminacijum – Nekropola

Terme

Terme, gradsko kupatilo, su obeležje visokog nivoa standarda žitelja ove rimske metropole. Ostaci sistema za daljinsko grejanje i ostaci temelja i delova zidova na temeljima ukazuju da je tehnika građenja bila na zavidnom nivou, a da su korisnici ovog objekta uživali u blagodetima koje im je umeće građenja omogućavalo. Otkriće skoro neoštećenog, više stotina metara dugog akvadukta, koji je sa dva paralelna kanala pitkom vodom snabdevao grad i objekte u gradu, uključujuci i terme, baca mnogo svetla na komunalnu opremljenost grada. Zaštitini objekat nad arheološkim ostacima ovog objekta, još nedovoljno istraženim, koncipiran je, takođe, iz uslova podužne dogradnje. Šatorasta konstrukcija fudnirana na betonskim blokovima, veoma malo ukopanim, omogućuje, između ostalog, i premeštanje objekta na novu lokaciju, ako se za to ukaže potreba pri izgradnji stalnog objekta nad Termama. Konstrukciju čini sistem trozglobnih lukova raspona 32,00 m, koji stoje na međusobnom rastojanju od 5,0 m. U krajnjim i u dva srednja polja ugrađeni su spregovi za ukrućenje, čime je obezbeđena prostorna stabilnost konstrukcije. I na ovom objektu, krovni pokrivač, ujedno i segment fasadne konstrukcije je delimično transparentna tenda vitopernog oblika, tako formirana da je pri dejstvu klimatskih opterećenja alternativnih pravaca uvek zategnuta. Po podužnim fasadnim ravnima tenda je mobilna i može se pomerati kao zavesa. Na taj način je ostvarena potpuna ventilacija i osvetljenje natkrivenog prostora, zaštićenog od kiše i snega. Zaštitni objekat



Sl. E.65. Programska studija za Terme - planovi


a


b


c


d

Sl. E.66a-d. Programska studija za Terme u 3D prikazu

nad termama je, po svoj prilici, bio veoma intrigantan za upućene, a posebno za neupućene goste na ovom području. U jednom beogradskom dnevnom listu sam pročitao članak, ilustrovan fotografijom šatoraste konstrukcije nad termama, u kome se tvrdi da prikazani objekat nije u funkciji zaštite arheološkog lokaliteta već da je to skladište opreme za izgradnju termonuklearne centrale! Neuki novinar je povezao postojanje termoelektrane Drmno, koja se nalazi na obodu lokaliteta, sa njemu neobičnim objektom, i eto lepe novinarske priče.


a


b


c


d


e


f


g


h

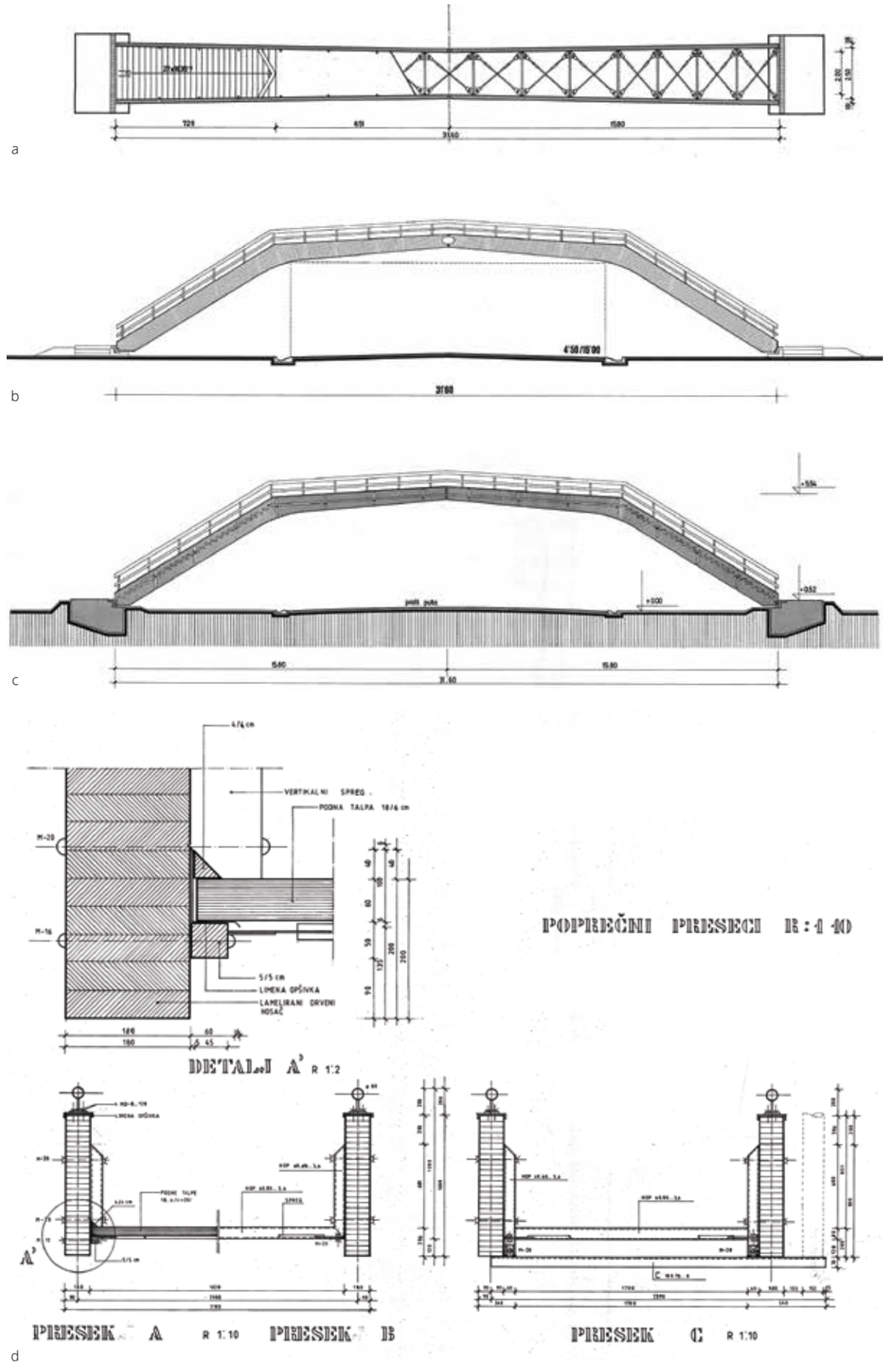
Sl. E.67a-h. Viminacijum – Nekropola

PEŠAČKI MOSTOVI I PASARELE

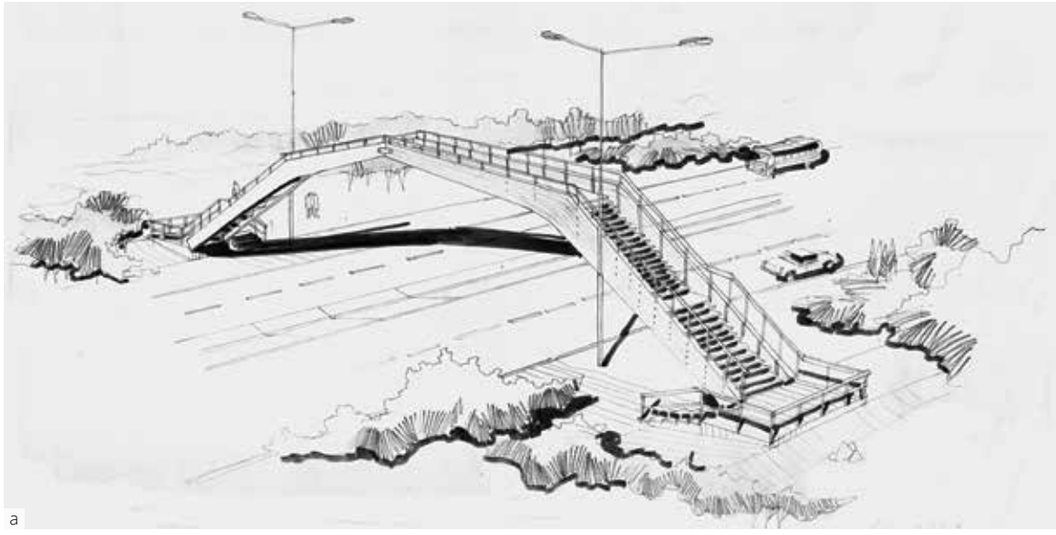
Posebnu pažnju tokom rada na projektovanju konstrukcija u lepljenom lameliranom drvetu posvetio sam kreiranju pešačkih pasarela i pešačkih mostova. Jednostavno propisani uslovi opterećenja ovih konstrucija dozvoljavaju projektantima konstrukcija da osmisle interesantne konstrukcije ovih objekata parterne arhitekture. Zahtevi za gradnjom takvih objekata često su bili vezani za područja pod određenom kontrolom ili za područja pod različitom vrstom obezbeđenja. Tako sam doživeo veliku neprijatnost kada sam hteo da za moju stručnu arhivu fotografišem prvu pasarelu koju sam projektovao, i koja je montirana preko lokalnog puta, u useku, uz park koji je pripadao vili namesnika Radenka Stankovića na Zlatnom bregu, u Čortanovcima. Vila je u to doba bila na raspolaganju funkcionerima Pokrajnske vlade iz Novog Sada. I pored toga što sam se predstavio revnosnom čuvaru ovog zaštićenog objekta, pozvana je milicija iz Novog Sada da, po mišljenju čuvara, uhapsi špijuna koji fotografiše tajni objekat. Na moju sreću, stigao je milicijski fića sa dobroćudnim korpulentnim milicionerom, pravim Lalom, koji je s mukom izašao iz malog kragujevačkog automobila. Priča se završila tako što me je taj divni čovek odvezao do odredišta na kome su me čekali članovi porodice. Naravno, tu malu i lepu pasarelu nemam u mojoj foto-arhivi.

Pešačka pasarela na Plitvicama, Hrvatska

Pešački most na Plitvicama sam projektovao u saradnji sa kolegom Draganom Nikolićem u projektnom birou Jugodrva iz Beograda. Ovaj objekat parterne arhitekture izveden je okviru nacionalnog parka Plitvička jezera, na lokaciji Medveđak, iznad regionalnog puta Split – Zagreb, i spaja auto-kamp sa turističkim kompleksom. Izvanredno živi saobraćaj na ovom regionalnom putu bio je velika prepreka u odvijanju lakog pešačkog saobraćaja u okviru Nacionalnog parka. Iz tih razloga predviđena je izgradnja pešačkog mosta ukupnog raspona L= 31,60m. Funkcionalni zahtevi uslovili su konstruktivni sistem mosta. To je prostorni trozglobni luk sa poligonalnom linijom: duž strmog kosog štapa, počev od oslonca, postavljeni su drveni stepenici kojima se penje do vrlo blago nagnute rampe, koja je montirana na sektoru prečke. Teme mosta, gde se nalazi i temeni zglob sistema, nalazi se na koti 5,54 m računajući od kote kolovozne ravni. U osnovi, bočni nosači, elementi para trozglobnih lukova, nisu međusobno paralelni. Oni obrazuju podnu površinu mosta sa promenljivom širinom od 2,50 m u liniji oslonca do širine od 2,0 m u liniji temenog zgloba. Osa statičkog sistema je vrlo bliska potpornoj liniji luka, pa su momenti savijanja u poprečnom preseku luka malog intenziteta. Visina poprečnog preseka luka prati tok promene momenta savijanja i kreće se u granicama od 60,0 do 85,0 cm za širinu preseka od 18,0 cm.



Sl. E.68a-d. Pešačka pasarela na Plitvicama, Republika Hrvatska



a

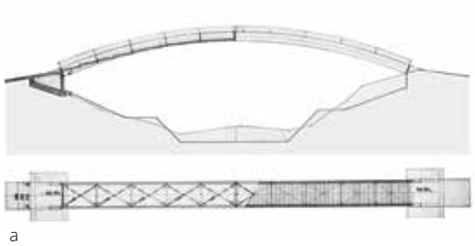


b

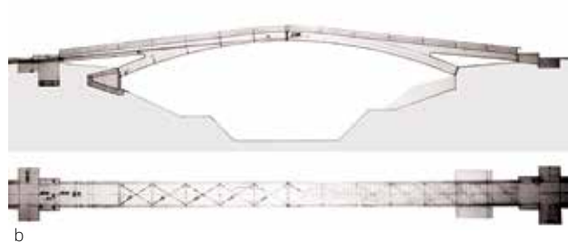


c

Sl. E.69a-c. Pešačka pasarela na Plitvicama, Republika Hrvatska



a



b



c

Sl. E.70a-c. Pešački most na Orljavi u Slavonskoj Požegi, Hrvatska

Glavni nosači su izvedeni od lepljenog jelovog drveta II kvalitetne klase. Pored pedantno sprovedene statičke analize i provere napona u poprečnim presecima glavnih nosača, izvršena je i provera naprezanja usled dejstva bočnog vetra na ukupni prostorni sistem. Iz uslova prevrtanja oko podužne ose sračunate su reakcije u osloncima. Za poznate vertikalne reakcije napadnutog trozglobnog luka, posredno izloženog dejstvu vetra, određeno je jedno zamenjujuće jednako podeljeno opterećenje vertikalnog pravca u smeru gravitacionih sila. Usled dejstva ovog fiktivnog opterećenja izvršena je analiza dopunskih naprezanja preseka luka. Sistem vertikalnih poprečnih otvorenih ramova od čeličnih kutijastih profila i sistem ukrštenih mekih dijagonala po donjoj površini mosta obezbeđuju sigurnost konstrukcije na bočno izvijanje usled dejstva momenata savijanja, kao i na izvijanje van ravni nosača usled dejstva normalne sile i dejstva vetra. Dve zasebne polovine mosta su definitivno montirane u fabrici lepljenih konstrukcija i tako transportovane na lice mesta. Uz pomoć dve dizalice konstrukcija mosta je vrlo jednostavno i brzo montirana na licu mesta. Izvedene su veze u oslonačkim zglobovima i u temenim zglobovima, tako da je pešački most za veoma kratko vreme od početka montaže bio otvoren za saobraćaj i predat na upotrebu investitoru.

Pešačka pasarela na Orljavi u Slavonskoj Požegi, Hrvatska

Reka Orljava protiče kroz mirni slavonski gradić Požegu i predstavlja određenu smetnju u gradskom pešačkom i drumskom saobraćaju. Nadomak poslovnom objektu regionalnog šumskog gospodarstva, koji smo projektovali kolega P. Marković i ja, i koji je sagradio DI Gaj, nalazio se i stari, dotrajali pešački most preko reke Orljava, koji je vodio ka centru grada. Dobio sam zadatak da kreiram novu prešačku pasarelu kojom bi zamenili stari pešački most. Rečno korito Orljave je duž vodotoka kroz Požegu uređeno sa dograđenim nasipom i moja ideja je sledila konfiguraciju tla: projektovao sam plitki trozglobni luk sa veoma malom strelom. Pored centralo locirane biciklističke zakrivljene rampe u krajnim trećinama širine mosta, na mestu strmijeg, početnog dela mosta izgrađeni su stepenici male visine, sa dugim gazištem za dva koraka, blago nagnuti, kako bi kretanje pešaka bilo olakšano. Ovako koncipiran i izgrađen pešački most izazvao je negodovanje korisnika, koji su se rodili i živeli u slavonskoj ravnici i koji nisu mogli da prihvate činjenicu da moraju da se kreću uzbrdo, čak i blagim stepeništem. Odmah su projektovane i dograđene dve blage kose rampe preko izgrađenih glavnih nosača mosta. Takav oblik hodne površine, bez stepenika, bio je prihvaćen, i most je bio u punoj funkciji do sredine devedesetih kada je demontiran i kada je na tom mestu izgrađen betonski drumski most u rekonstruisanoj Orljavskoj ulici.

Pešački most preko reke Crni Drim u Strugi, Makedonija

Posle uspešnog završetka izgradnje gradske sportske dvorane u Strugi, projektovane i izvedene u tehnici lepljenog lameliranog drveta u Jugodrvo iz Beograda, stigao je zahtev za projekat pešačkog mosta preko reke Crni Drim na mestu gde je postojao železnički most sa prugom uzanog koloseka. Po ukidanju ovakvog železničkog saobraćaja, na mestu pruge izgrađene su gradske ulice prekinute rekom nad kojom je demontiran stari dotrajali most. Novi pešački most, sa radnim naslovom Most poezije, prema čuvenoj kulturnoj manifestaciji pod imenom Struške večeri pozije, trebalo je da zadovolji više funkcija. Najpre, trebalo je da obezbedi nesmetani pešački saobraćaj na koti gornjeg keja u visini gradske ulice, zatim da obezbedi prelazak pešaka sa jednog na drugi donji kej, i da jednom godišnje bude u funkciji pozornice sa koje će pesnici recitovati svoju poeziju. Poštujući postavljene uslove, ekipa projektanata iz projektnog biroa Jugodrva, kojoj sam i ja pripadao, sačinila je projektnu dokumentaciju, po kojoj je pasarela imala široku hodnu stazu u osi Skopske ulice, a na čijoj je sredini bilo dvostruko proširenje na uzvodnoj strani prema Jezeru. Prvo proširenje je bio podest na koji su izlazili stepenšni kraci sa donjeg keja. Drugo proširenje je bio mali doksat, balkonski prepust sa ogradom, sa koga su pesnici mogli da recituju pred publikom koja se nalazi na donjem i gornjem keju uz reku Crni Drim. Konstrukcija mosta, trozglobni lukovi, potpuno prilagođeni funkciji objekta, montirani su sa lakoćom, i nosivost mosta je pre puštanja u saobraćaj ispitana probnim opterećenjem po projektu ispitivanja konstrukcije i pod vođstvom inž. K. Gramatikova. Most je veoma lepo prihvaćen od strane meštana korisnika. Sećam se da je jedan od prolaznika, u vreme kad je nosivost mosta bila ispitivana, i kad su tri četvrtine mosta bile prekrivene teškim betonskim ivičnjacima, probnim opterećenjem, progađao: „Šta ovi rade? Ovde će prolaziti ljudi, a ne bivoli!“ Skoro da mu je bilo žao što ovakvu lepu i suptilnu građevinu muče izlažući je surovom opterećenju. Kupači su vrlo brzo otkrili da je doksat na mostu veoma zgodan za skokove u vodu Drima, tako da je izgrađeni most dobio još jednu lepu funkciju.


a


b


c


d


e

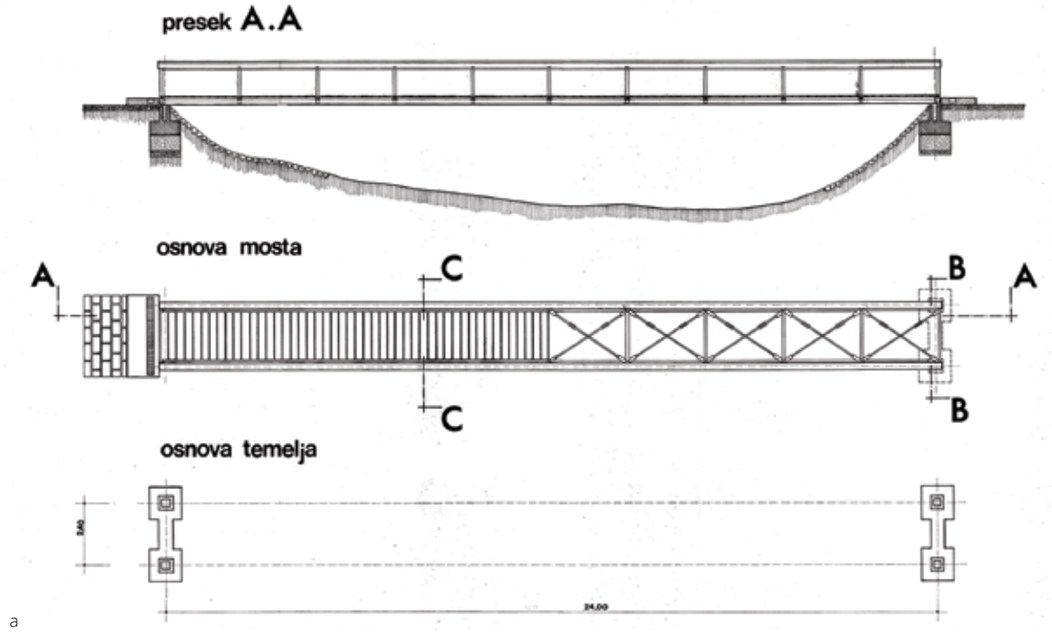
Sl. E.71a-e. Pešački most preko Drima u Strugi, Makedonija

Pešački most u Crvenoj Reci

Republički SIZ za puteve iz Beograda, u svojstvu investitora, zahtevao je projektnim zadatkom da se izradi projekat pešačkog mosta preko Crvene reke u naselju Crvena Reka, koje se nalazi na međunarodnom putu Niš − Sofija, tridesetak kilometara udaljeno od Niša. Usko grlo, u mesnom i javnom saobraćaju, u naselju Crvena Reka predstavljao je čelični drumski most na međunarodnom putu koji prolazi kroz samo naselje. Sa povećanjem drumskog saobraćaja na putu koji povezuje Bliski istok sa Evropom, postalo je nemoguće koristiti za pešački saobraćaj uzane bankine uz put koji ide nasipom kroz naselje. Poseban problem je predstavljao prelazak pešaka i školske dece preko drumskog mosta na Crvenoj reci, jer bi pri mimoilaženju jedan od pešaka morao da kroči na kolovoz puta. Zbog učestalih nesreća, odlučeno je da se u podnožju nasipa puta, sa desne strane, u pravcu Niša, izgradi pešačka staza u čijoj je osovini i predviđen most raspona 24,00 m koji će služiti isključivo za pešački saobraćaj. Predvideo sam izgradnju pešačkog mosta sa nosivom konstrukcijom od lepljenog lameliranog drveta, kao laku paserelu, sa jasno izraženom funkcijom u saobraćajnom pogledu. Takva konstrukcija zahteva vrlo male radove na fundiranju objekta, a montaža konstrukcije vremenski kratko traje, što ima mnogo uticaja na međunarodni saobraćaj i na sigurnost izvođača i pešaka tokom gradnje.

Konstruktivni sistem pešačkog mosta raspona 24,00 m i širine 2,00 m odabran je tako da svaki element konstrukcije, pored svoje osnovne statičke funkcije, zadovolji i određene funkcije vezane za eksploataciju mosta. To je gredni most sa podnom konstrukcijom na nivou donje zone nosača. Ovako koncipiran sistem isključuje potrebu za ogradom mosta, koja inače, iz tehničkog i ekonomskog aspekta, čini izvesno opterćenje pri realizaciji objekta. I podna konstrukcija mosta je koncipirana tako da podni drveni nosači predstavljaju u isto vreme i pod i mosnice, jer su izrađeni od talpi debljine 42 mm i sposobni su da prenesu zadato opterećenje na bočne nosače. Ovako odabrana podna konstrukcija ima svoje posebno opravdanje sa oblikovnog aspekta. Podne talpe, postavljene popreko u odnosu na pravac kretanja pešaka, vizuelno značajno popravljaju odnos dužine i širine mosta: skraćuju dužinu mosta i povećavaju širinu, parametre koje projektant nije mogao da koriguje mimo projektnog programa. Ovom efektu doprinosi i projektovani rukohvat, obojen svetlije od drvene konstrukcije, postavljen na visini od 80 cm od poda mosta, tako da inače mala širina mosta u odnosu na dužinu mosta i visinu obraznih nosača nema nepovoljni uticaj sa estetskog aspekta.

Kod glavnih nosača sa znatnom vitkošću poprečnog preseka veliki problem predstavlja poprečna stabilnost - izbočavanje pritisnute zone preseka. U tom pravcu su definisani svi problemi vezani za proračun otpornosti i stabilnosti sistema. Sam nosač je dimenzionisan na uticaje stalnog opterećenja celokupne konstrukcije, od podnog



a



b



c



d



e



f



g

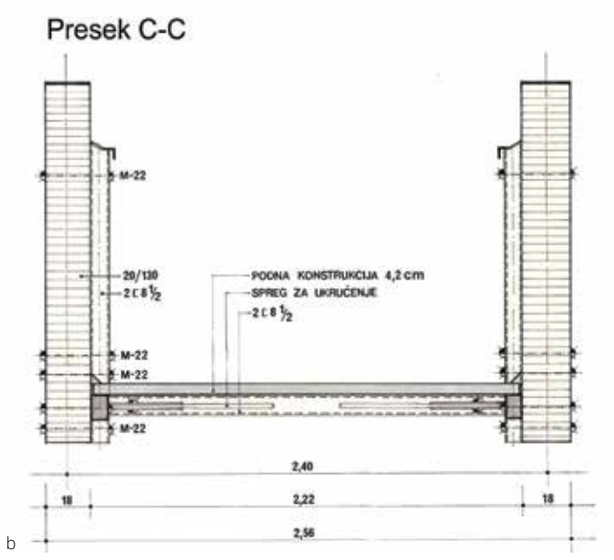
Sl. E.72a-g. Montaža pešačke pasarele u Crvenoj Reci kod Niša

korisnog opterećenja, na alternativna vertikalna opterećenja nastala razlaganjem momenta nastalog usled ekscentričnog delovanja rezultujuće sile vetra (bočni vetar na sam nosač i na pešake do ukupne visine 2,0 m od podne površine mosta) i izbočavanja vitkog grednog nosača. Iz uslova iskorišćenih napona i dozvoljenih ugiba sračunat je poprečni presek glavnog nosača dimenzija 20/130 cm. Gredni nosač je izveden od četinarske građe I i II kvalitetne klase, tako da je za spoljne dve četvrtine visine poprečnog preseka propisana I kvalitetna klada građe. Svi podužni zupčasti spojevi su lepljeni rezorcinskim lepilom, a napravljen je raspored preklapanja čeonih nastavaka sa preklapanjem najmanje 25 cm. Lamele su standardne debljine 32 mm, međusobno slepljene rezorcinskim lepilom. Bočno izvijanje nosača u sektoru pritisnute zone sprečeno je postavljanjem otvorenih čeličnih ramova sa krutim uglovima, koji mogu da prihvate momente savijanja. Dimenzionisanje poprečnih okvira sa efektom dijafragmi, i njihov razmak duž noseće strukture mosta, izvedeni su na osnovu rešenja koje je dao prof. dr inž. B. Heimeshoff, Minhen, na osnovu iskustva stečenog projektovanjem i izvođenjem pešačkih mostova u lepljenom lameliranom drvetu u Bugojnu (10,0 m) i u Čortanovcima (20,0 m). U oslonačkim tačkama projektovano je i izvedeno viljuškasto oslanjanje glavnih nosača na temelju konstrukcije. Elementi poprečnih okvira - dijafragmi su vidni sa unutrašnje strane nosača, a sačinjeni su od kutijasto postavljenih zavarenih valjanih profila 2U 8 ½ i, pored svoje osnovne funkcije, imaju zadatak i da nose rukohvat.

Prijem horizontalnih bočnih sila poveren je spregu za ukrućenje koji se nalazi ispod podne konstrukcije u ravni prečki poprečnih okvira - dijafragmi. Ukrštene meke dijagonale su od okruglog betonskog gvožđa sa ugrađenim sistemom za naknadno pritezanje i korigovanje dužine dijagonale. Vertikale triangulisane strukture predstavljaju prečke okvira - dijafragmi, a pojasni štapovi su glavni nosači. Dimenzije elemenata sprega su utvrđene prema veličini sila od ukupnog horizontalnog opterećenja nastalog od vetra i od elemenata za poprečno ukrućivanje vitkih glavnih nosača. Posebna pažnja je posvećena zaštiti konstrukcije od vlage. Elementi sklopa konstrukcije su projektovani i izvedeni tako da se atmosferska voda na najefikasniji način odstranjuje sa konstrikcije i ne zadržava ni na jednom mestu. Ovaj efekat je postignut posebnim tehničkim zahvatima u izvođenju veza konstruktivnih elemenata uz postavljanje hidroizolacionih slojeva na kritičnim mestima, a brza evakuacija vode sa podne konstrukcije obezbeđena je tako što su podne talpe postavljene na međusobnom razmaku od 1,0 cm i omogućuju da se atmosferska voda sa svake talpe neposredno odvede bez zadržavanja. Horizontalne udarne strane bočnih glavnih nosača su zaštićene direktno postavljenom pocinkanom i obojenom folijom. Sama drvena konstrukcija je zaštićena višestrukim premazom na bazi Xyladecora protiv insekata, gljivica i protiv povećanja vlažnosti drveta. Montaža



a



b



c

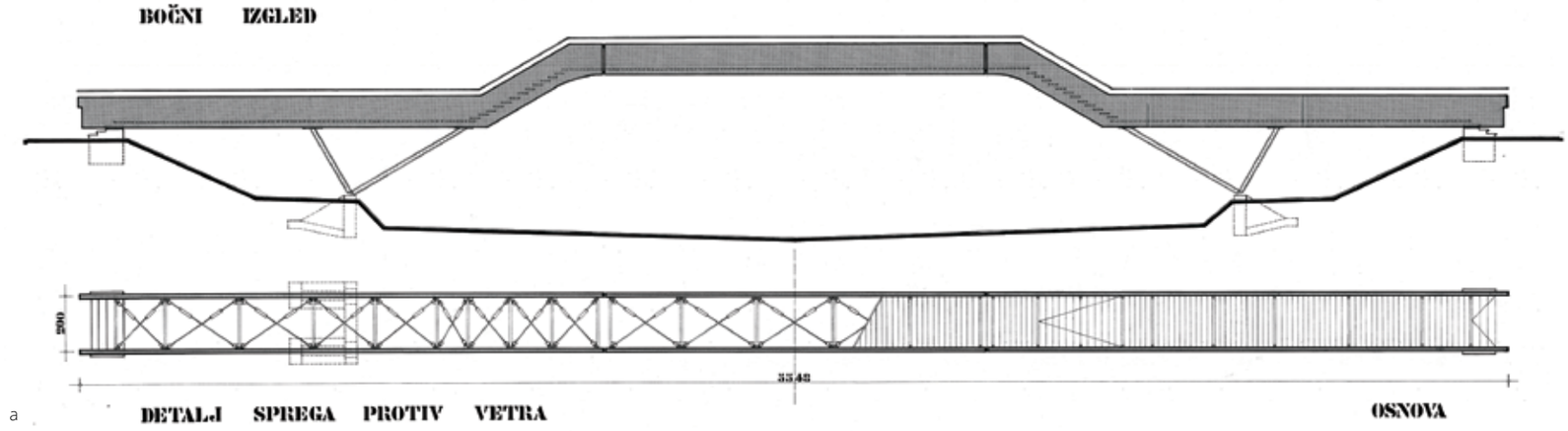
Sl. E.73a-c. Pešačka pasarela u Crvenoj Reci kod Niša

mosta je izvedena u rekordno kratkom vremenu i vrlo uspešno, tako da izvođenje radova nije imalo uticaja na odvijanje međunarodnog saobraćaja, niti je operativa bila ugrožena saobraćajem. Zapravo, rad na licu mesta na izvođenju mosta sveo se na minimum, koji se sastojao samo u izradi temeljne konstrukcije - temelja samaca sa ugrađenom čašicom za prijem ankera oslonačkih elemenata mosta, i zalivanju ankera u čašici cementnim malterom po postavljanju konstrukcije mosta. Celokupna konstrukcija mosta sastavljena je u proizvodnoj hali u Podravskoj Slatini i tako transportovana na mesto ugradnje. Na konstrukciji su unapred bili postavljeni ankerni elementi preko kojih će auto-dizalica prihvatiti konstrukciju i preneti na mesto ugradnje. Na taj način i dobrom sinhronizacijom rada svih angažovanih na montaži mosta, saobraćaj na međunarodnom putu Niš − Sofija bio je zaustavljen samo 13 minuta. Za to vreme je mostovska konstrukcija bila transportovana sa parkinga na postojeći drumski most. Auto-dizalica je postavila svoje bočne stabilizatore i kranska mačka je prihvatila konstrukciju u predviđenim tačkama. Prenošenje mosta sa kamionske prikolice, centrisanje oslonačkih elemenata i spuštanje mosta na predviđeno mesto proteklo je bez ikakvih teškoća, i u svemu prema projektu montaže. Po povlačenju auto-dizalice, saobraćaj na putu je uspostavljen. Jednovremeno pešački most otvoren za saobraćaj , a tehnički prijem objekata je obavljen istog dana. Ankerni elementi u čašicama temeljne konstrukcije su naknadno zaliveni cementnim malterom. Uspešan završetak radova na izgradnji pešačkog mosta u lepljenom lameliranom drvetu opravdao je opredeljenje investitora za ovaj objekat. Rok izrade elemenata i montaže, kao i ukupna cena radova na izvođenju radova bili su daleko povoljniji od odgovarajućih uslova ponuđenih uz konstrukciju od čelika, što dokazuje da u parternoj arhitekturi pešački mostovi i pasarele imaju, pored svojih estetskih kvaliteta, i ekonomsku odgovornost.

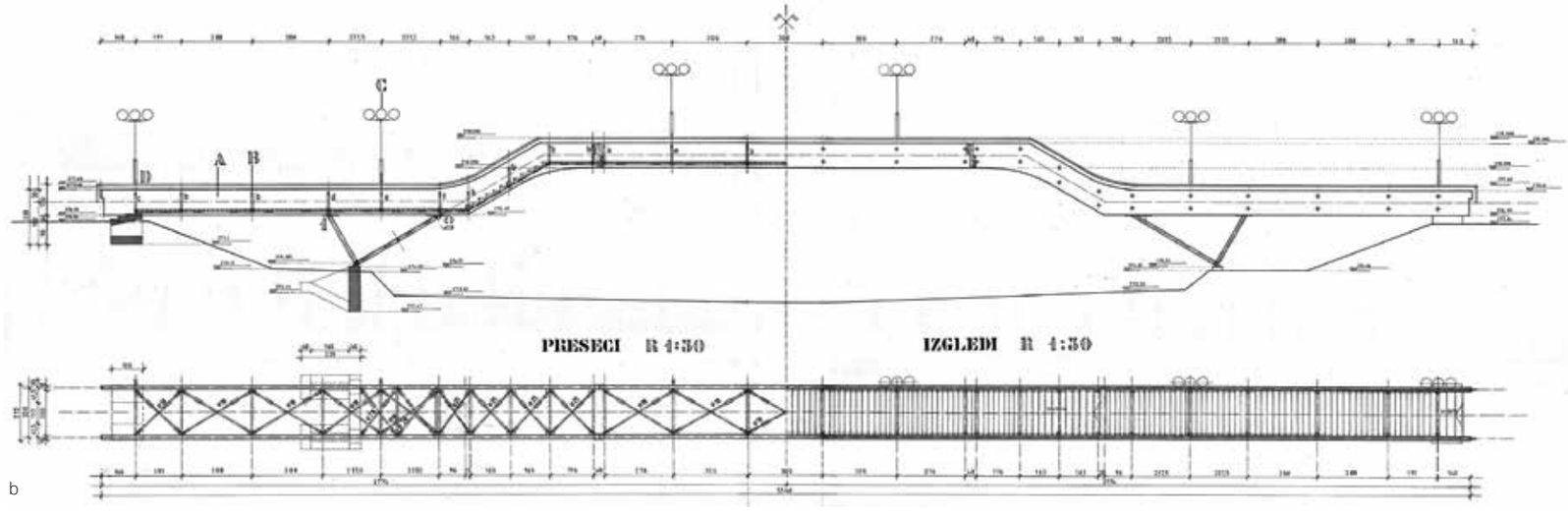
Pešaški mostovi u Lebanu

Arhitekta Dobrosav Radomirović iz Smederevske Palanke je na zahtev predsednika Opštine Lebane, i uz moju pomoć, napravio nekoliko rešenja projekta pešačke pasarele u lepljenom lameliranom drvetu preko reke Jablanice, koji je trebalo da poveže centar mesta i Dom kulture sa hotelom Caričin grad. Prihvaćeno je jedno od rešenja i na zahtev predsednika opštine krenuli smo kolima za Podravsku Slatinu sa namerom da se sklopi ugovor o izgradnji pasarele. Sve specifikacije materijala za usvojenu konstrukciju mosta bili su spremne. Cena je prezentovana naručiocu. Usledio je neočekivani zahtev: predsenik opštine je zatražio da se za predmetnu konstrukciju mosta snizi cena, jer on želi da zaključi ugovor za još dva mosta jednostavnije konstrukcije, po jedan uzvodno i nizvodno od lokacije prihvaćenog rešenja. Tako je i učinjeno. Ugovor je potpisan, a u povratku dobro raspoloženi predsednik reče da je ugovorio tri mosta po ukupnoj ceni koja je niža od cene jedne betonske pešačke pasarele za koju je njegova opština imala ponudu.Centralni glavni pešački most kolenastog profila, oblikovni antipod profilu rečnog korita, ne razlikuje se po kostrukciji od druga dva ista mosta jednostavnijeg profila. Sva tri mosta su formirana od po tri tehnološke celine, dve krajnje, identične po obliku, ali postavljene simetrično u odnosu na vertikalnu poprečnu ravan kroz polovinu dužine mosta, i trećeg, srednjeg dela, pravog štapa, kod centralnog mosta, i simetrično kolenastog štapa, kod bočnih, uzvodnog i nizvodnog mosta.

Centralni most ima kolenasti oblik krajnjih delova, koji čine posebnu tehnološku i konstruktivnu celinu. jednog Gerberovog nosača. U prvoj fazi montaže drveni štap, zajedno sa metalnim “V” stubom, čini gredu sa kolenastim prepustom. Na mestu oslanjanja “V” metalnog stuba na temelj oslonac je zglobni, nepomerljiv u vertikalnom i horizontalnom pravcu. Na mestu oslanjanja drvenog štapa na temeljnu stopu veza je projektovana kao klasični pomerljiv oslonac proste grede. Centralna tehnološka celina je prosta greda, koja se montira na dva Gerberova zgloba, po montaži krajnjih polja nosača. Na taj način monilizirana je celokupna dužina mostova i oni su predati investitoru. Po tehničkom prijemu mostovi su pošteni u saobraćaj. Na priloženim fotografijama prikazani su karakteristični radionički detalji metalnog okova mosta nepomerljivog oslonca i Gerberovog zgloba kao ilustracija opremljenosti projektne dokumentacije koja je prezentovana investitorima.



a

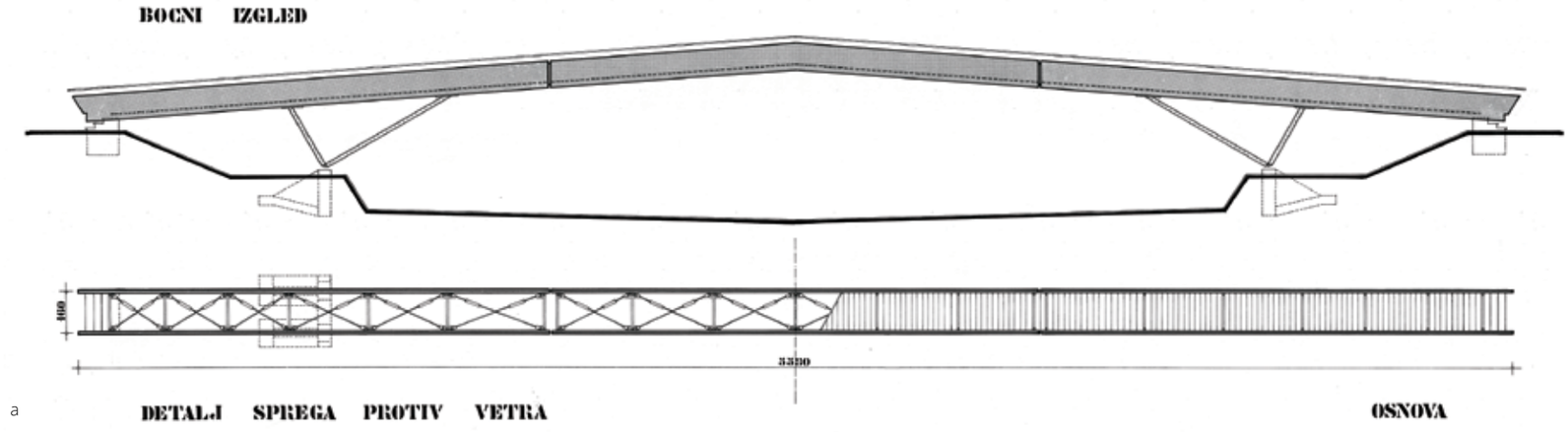


b

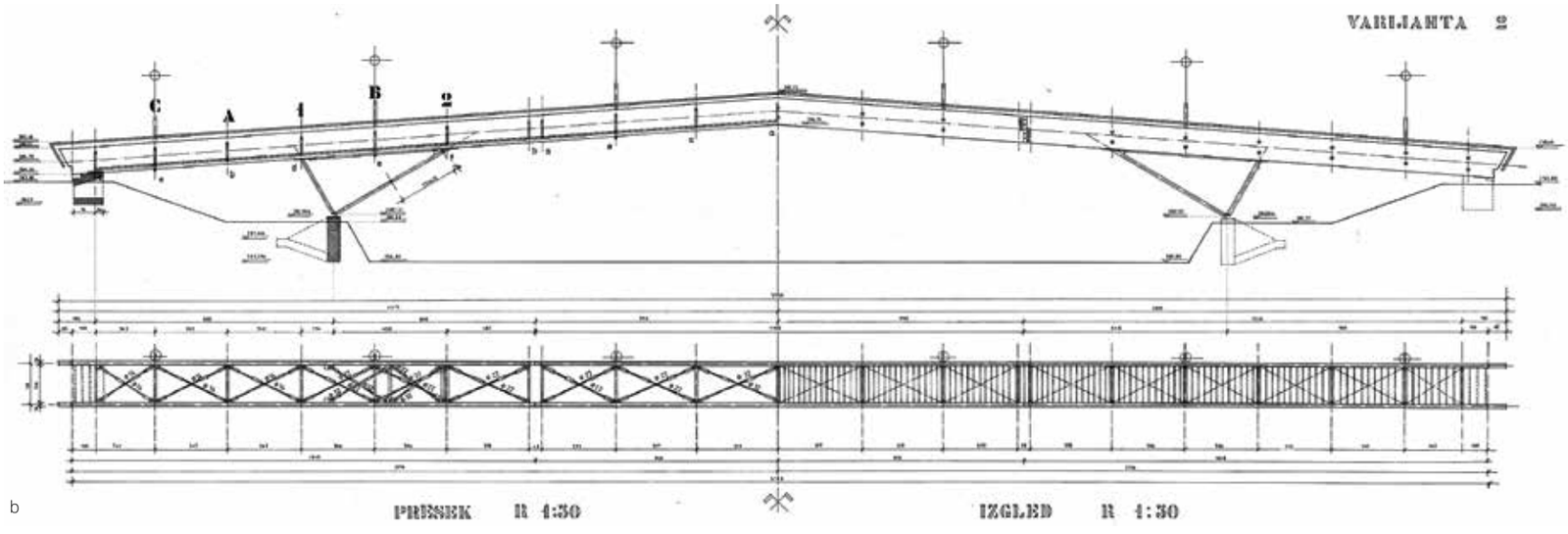


c

Sl. E.74a-c. Glavni pešački most u Lebanu kod Doma kulture



a

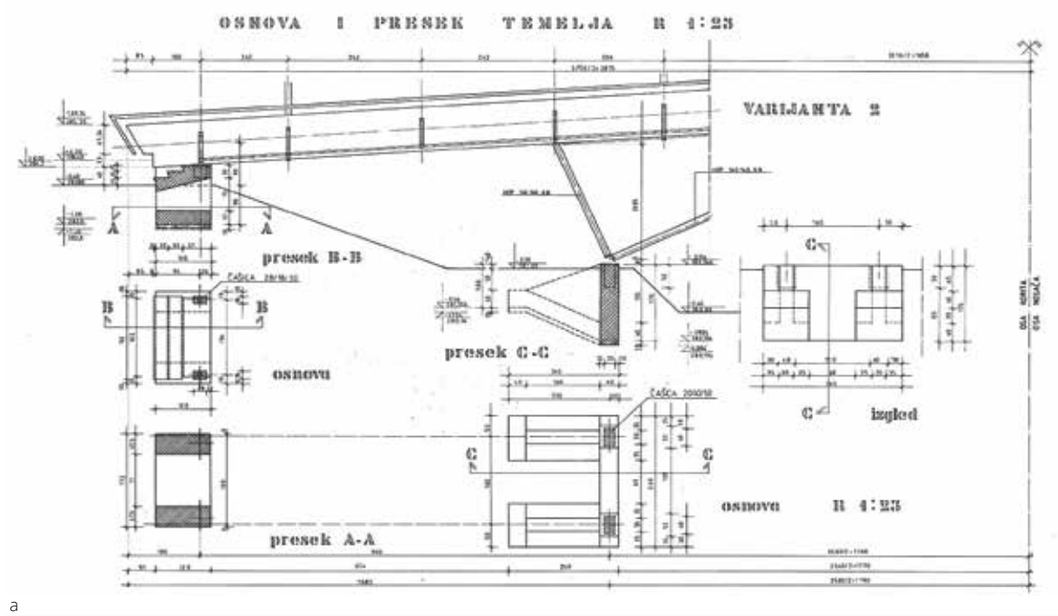


b

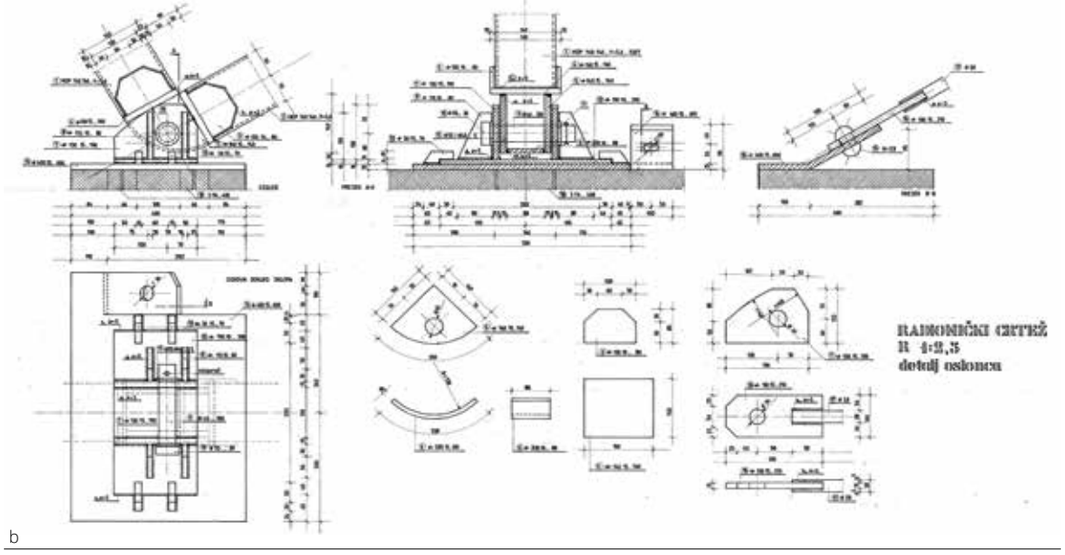


c

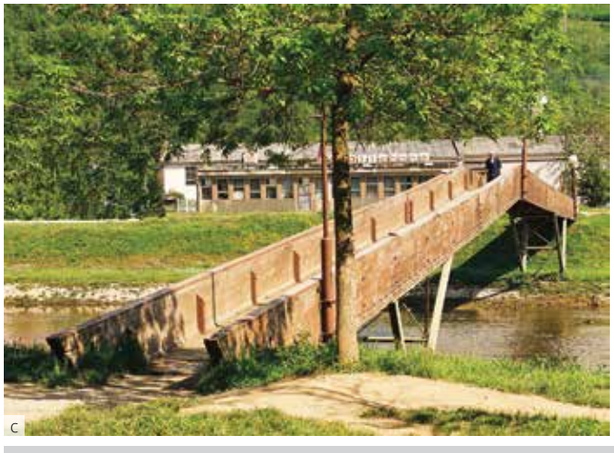
Sl. E.75a-c. Pešački most izgrađen preko reke Jablanice u Lebanu, uzvodno od glavnog pešačkog mosta



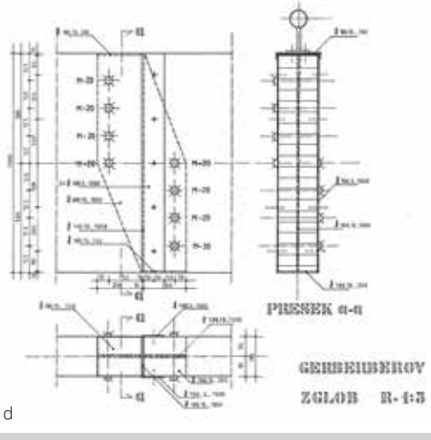
a



b



c

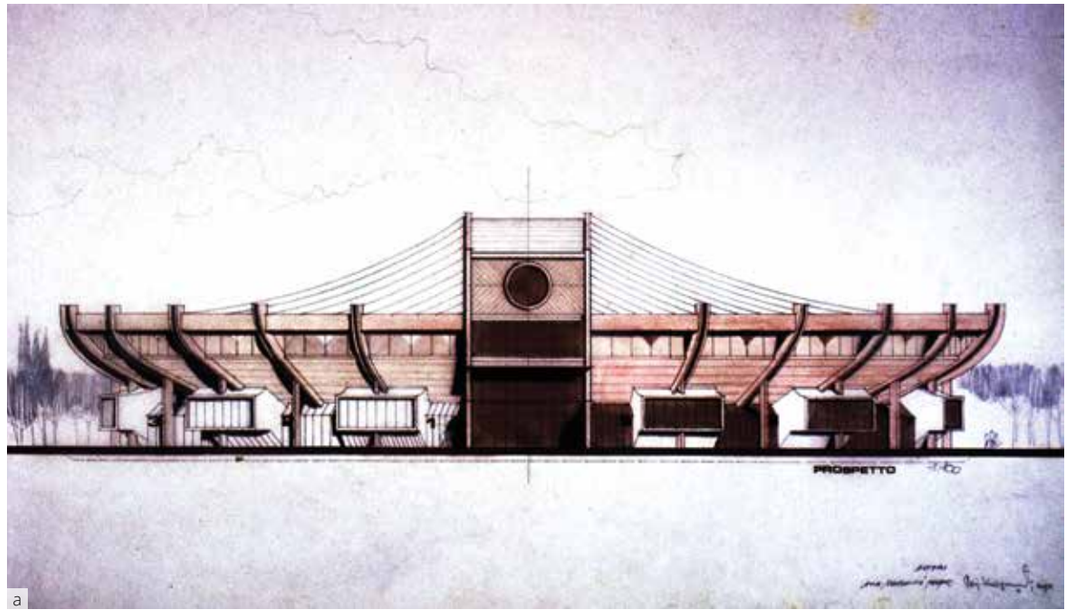


d

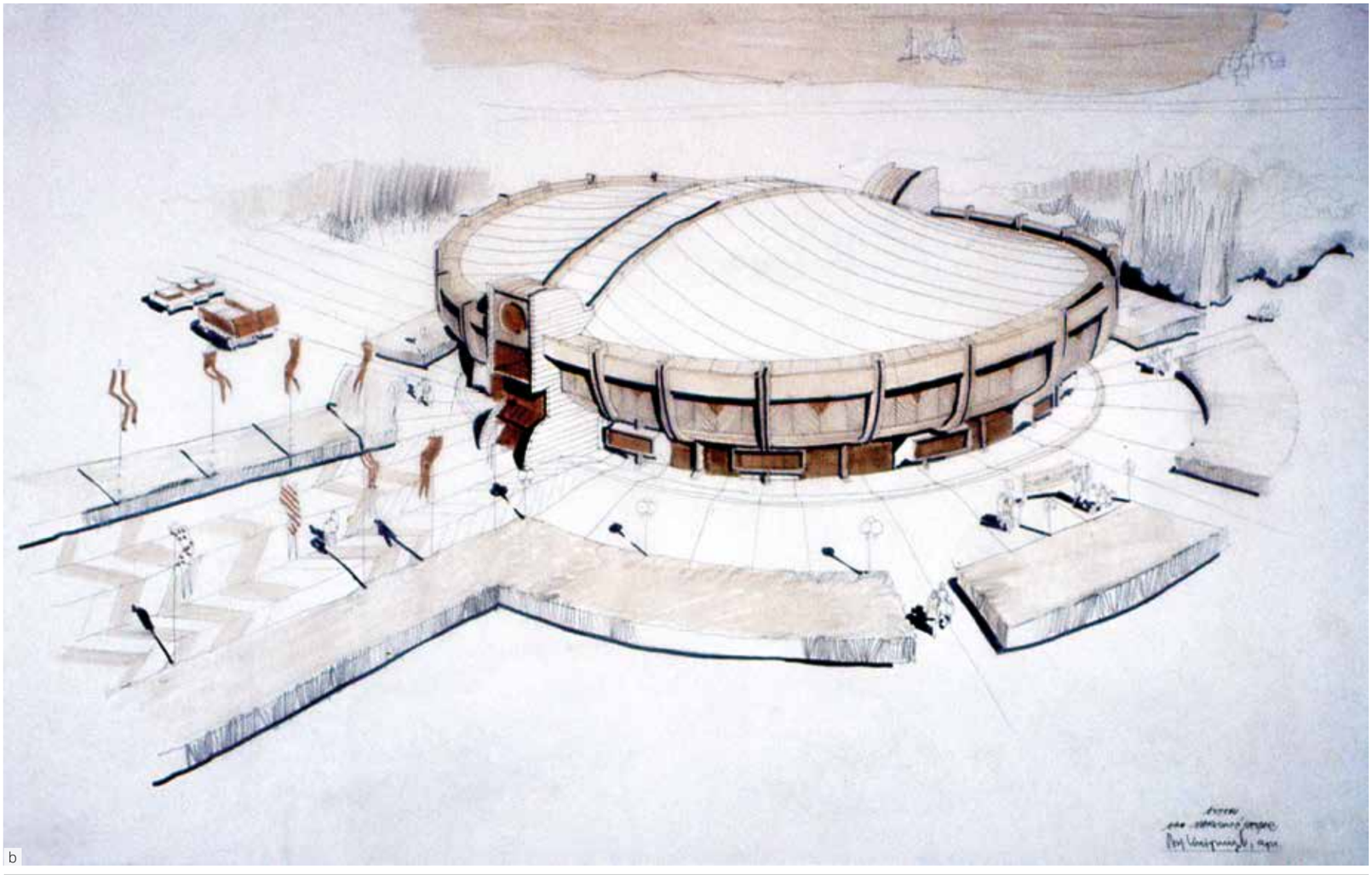
Sl. E.76a-d. Pešački most izgrađen preko reke Jablanice u Lebanu, nizvodno od glavnog pešačkog mosta

Perspektivni prikazi programskih studija

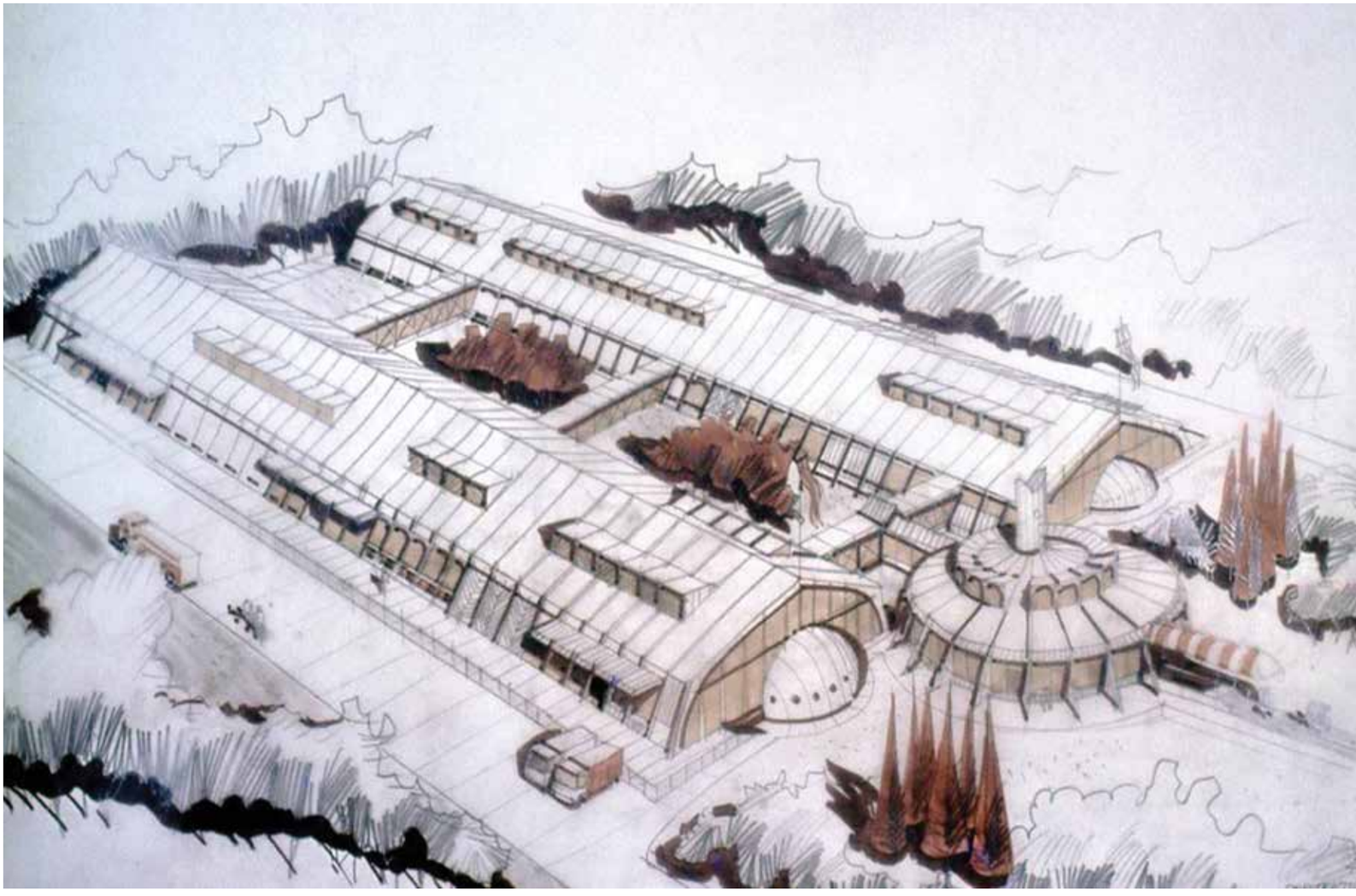
Više puta sam u ovom tekstu pomenuo ime arhitekte Petra Markovića. Veoma smo mnogo radili na projektovanju objekata sa konstrukcijom u lepljenom lameliranom drvetu. Iako se nikada nije bavio konstruisanjem, imao je fantastičan osećaj za konstrukciju - tako da nam je bilo potrebno malo vremena da odgovorimo na zahtev naručioca ili da ponudimo razrađenu ideju za gradnju objekata. Naša saradnja je prekinuta ranom i iznenadnom smrću dragog prijatelja, koji je za sobom, kroz saradnju sa mnom i kroz saradnju sa arh. Aleksandrom Đokićem, ostavio brojne izvedene objekte, nerealizovane projekte, urbanistička rešenja i fantastične crteže perspektiva projektovanih objekata. Bio je veliki čovek, odan prijatelj i sjajan umetnik. Želim da sačuvam od zaborava neke od njegovih likovnih kreacija u službi arhitekture:



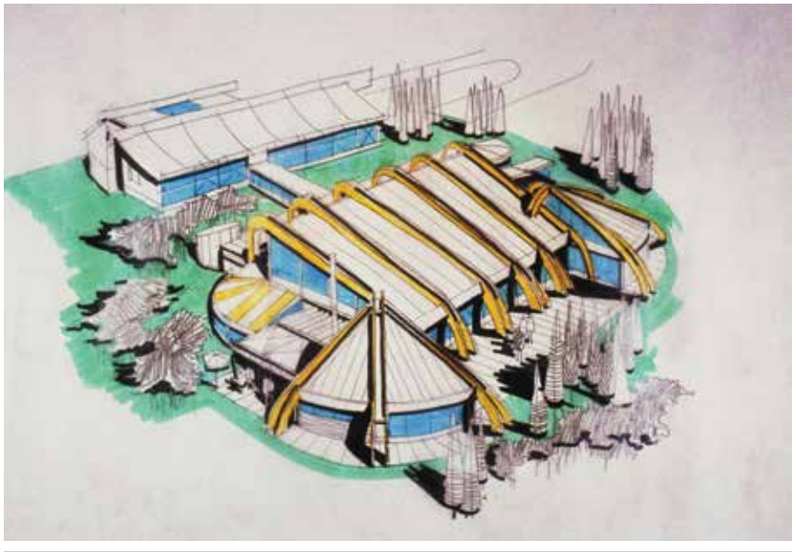
a


b

Sl. E.77a,b. Rekonstrukcija Sportske dvorane Skavolini u Pezaru, Italija



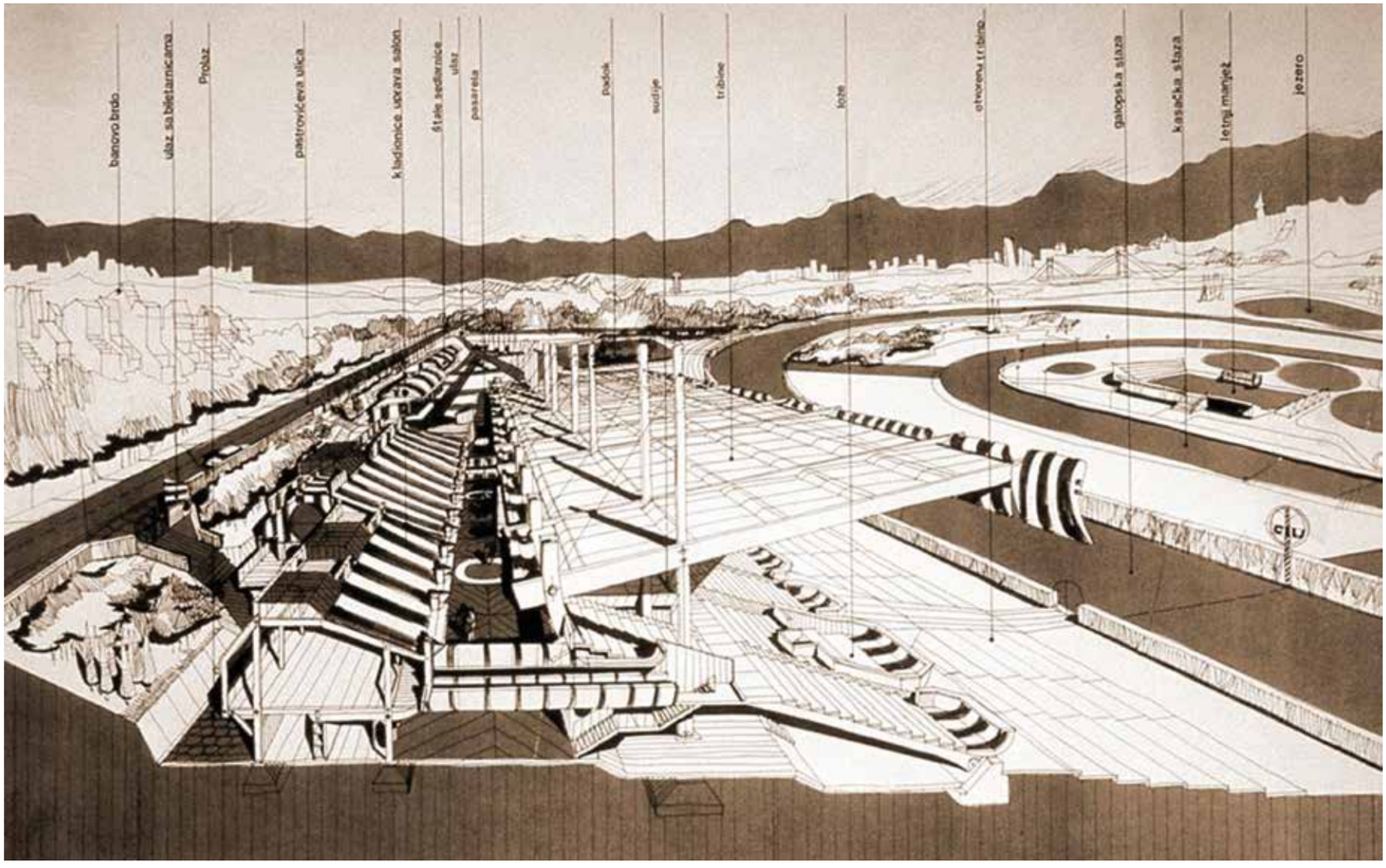
Sl. E.78. Distributivni centar u Atini, Grčka



Sl. E.79. Pokriveni bazen u Bugojnu, BiH



Sl. E.80. Prodajni salon Jugodrva u Apatinu



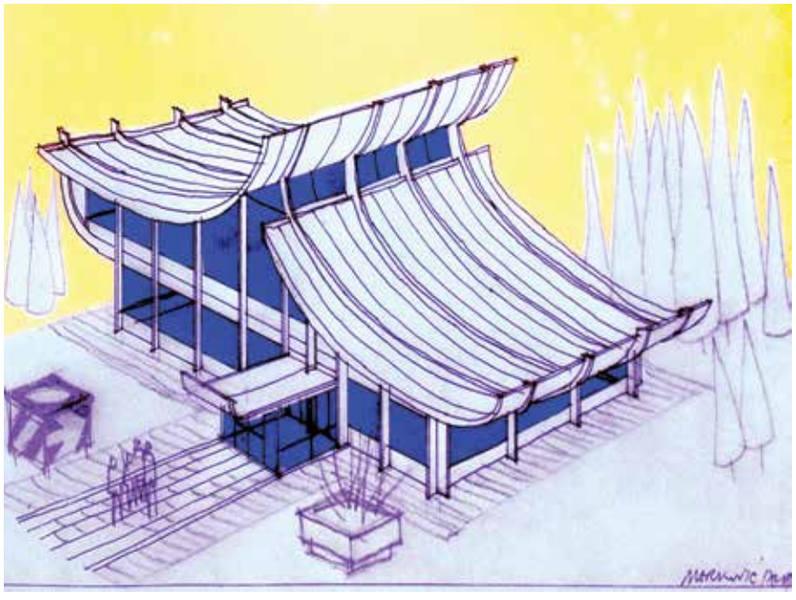
Sl. E.81. Idejni projekat nadstrešnice nad gledalištem Hipodroma u Beogradu



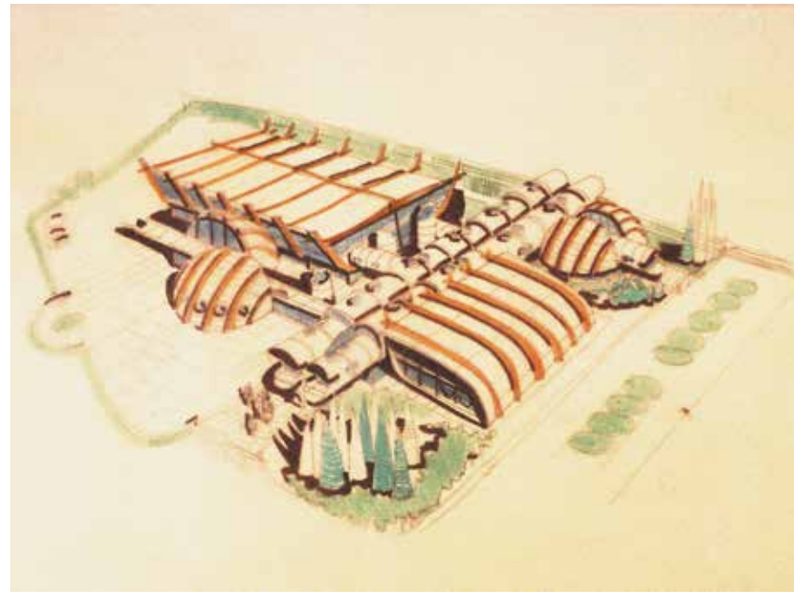
Sl. E.82. Hotel ES u Beloj Palanci



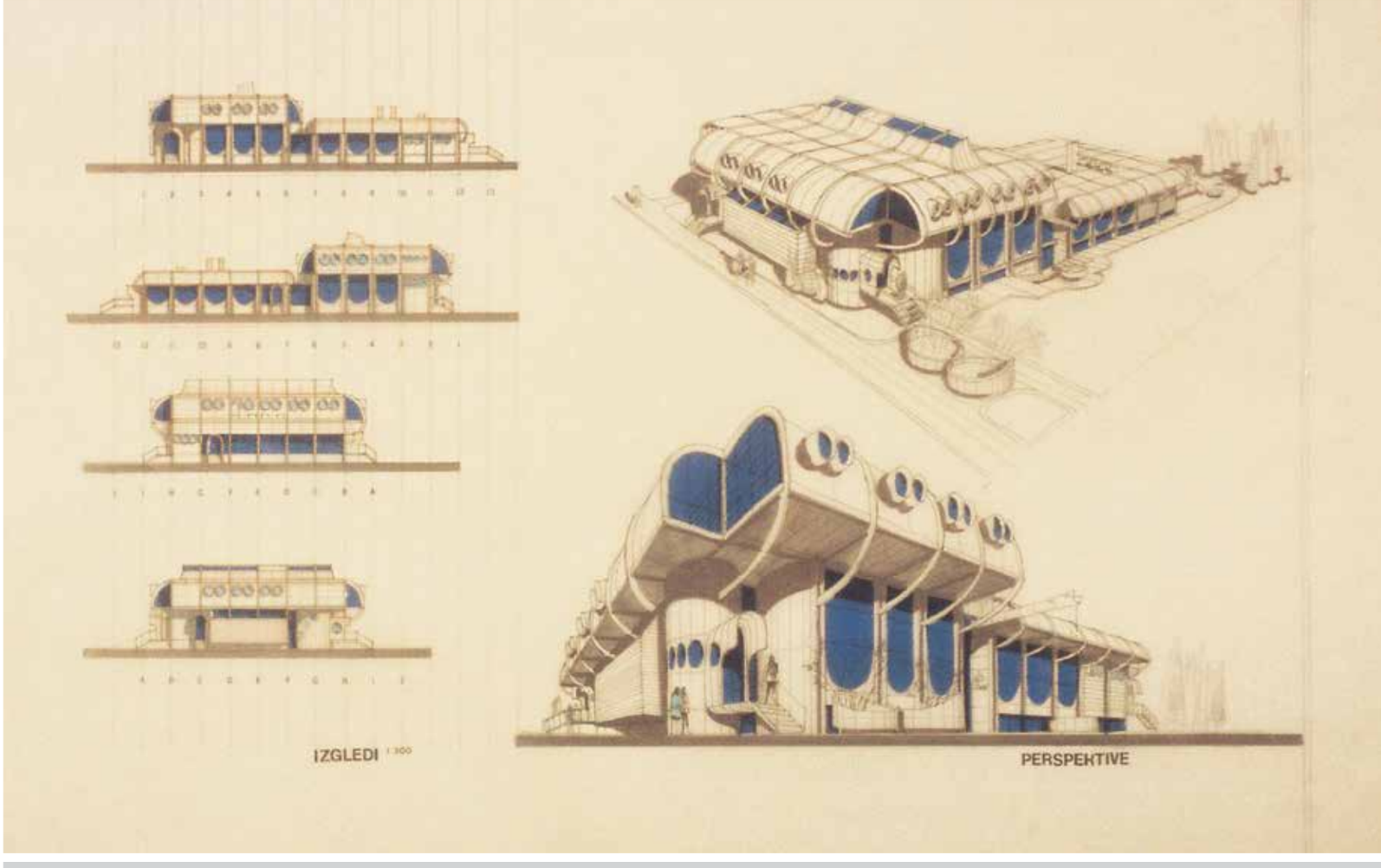
Sl. E.83. Prodajni salon Jugodrva iz Beograda



Sl. E.84. Idejni projekat Prodajnog salona Novi dom u Ćupriji



Sl. E.85. Kompleks pokrivenih bazena u Prizrenu

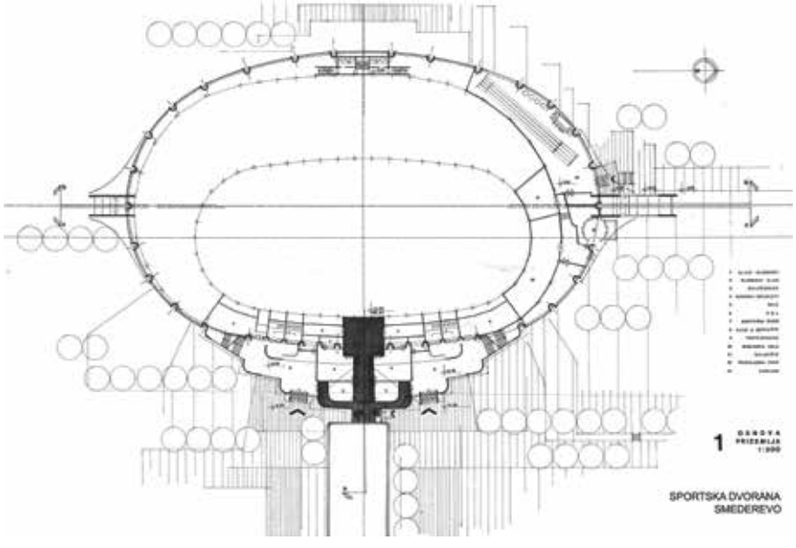


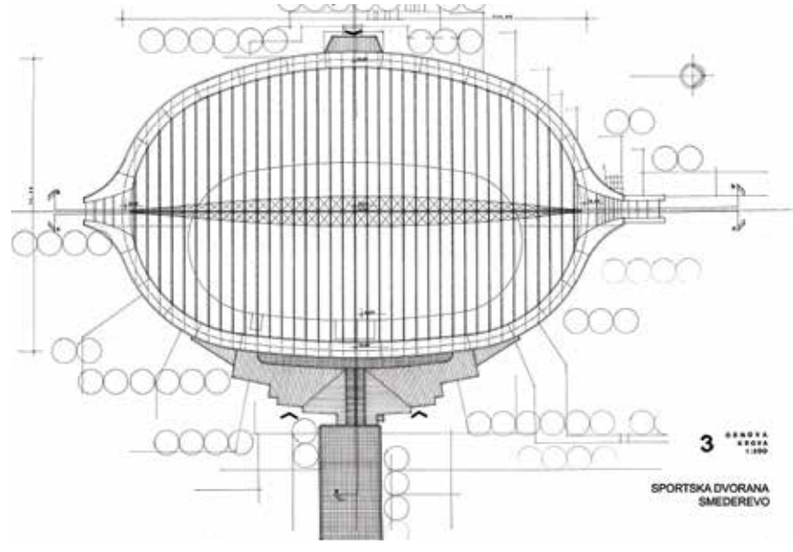
Sl. E.86. Prodajni salon Jugodrva u Vrbasu

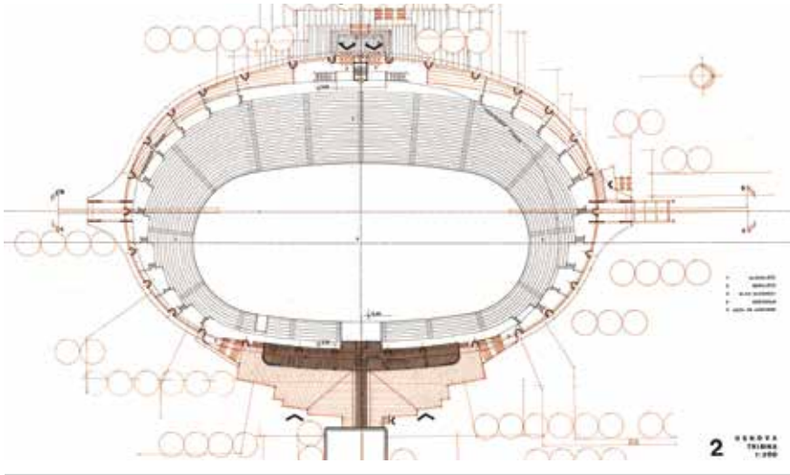
Idejni projekt rekonstrukcije i dogradnje otvorenog Klizališta u Smederevu

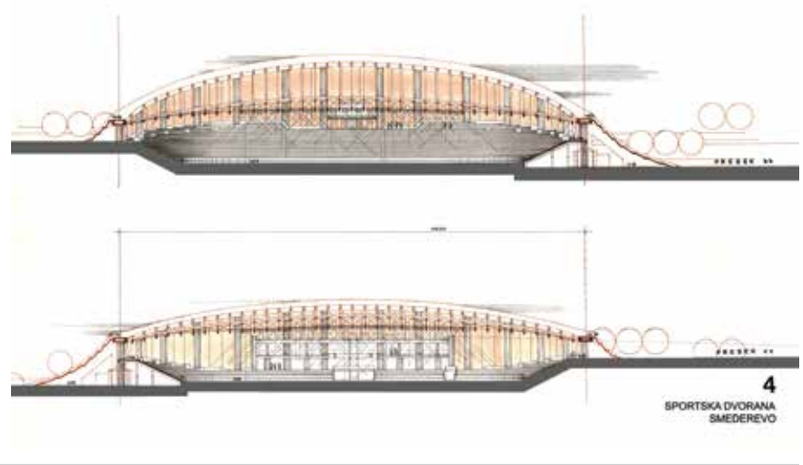
Na poziv predstavnika opštinskih vlasti u Smederevu dobio sam projektni program za rekonstrukciju i nadgradnju postojećeg otvorenog klizališta u Smederevu. Ideja budućih investitora je bila da se natkrije klizalište, jer se tokom ekploatacije objekta došlo do saznanja da je objekat van svoje funkcije tokom proleća, leta i jeseni, pa čak i preko zime u doba kada ledenu pistu pokrije sneg, koji u to doba nije mogao da bude ukljonjen zbog nedostatka odgovarajuće mehanizacije. Postojao je još jedan, ekonomski, razlog za rekonstrukciju objekta: ugrađeni rashladni uređji su mogli biti korišćeni tokom cele godine ako bi se prostor u suterenu objekta prenamenio u gradsku hladnjaču. Preuzeo sam dokumentaciju izgrađenog klizališta po projektu arh. A. Kekovića, fotografisao postojeće stanje objekta i sa takvim podlogama prionuli smo kolega P. Marković i ja na rad. Rezultati tog rada su predati naručiocu, ali do realizacije projekta nije došlo.



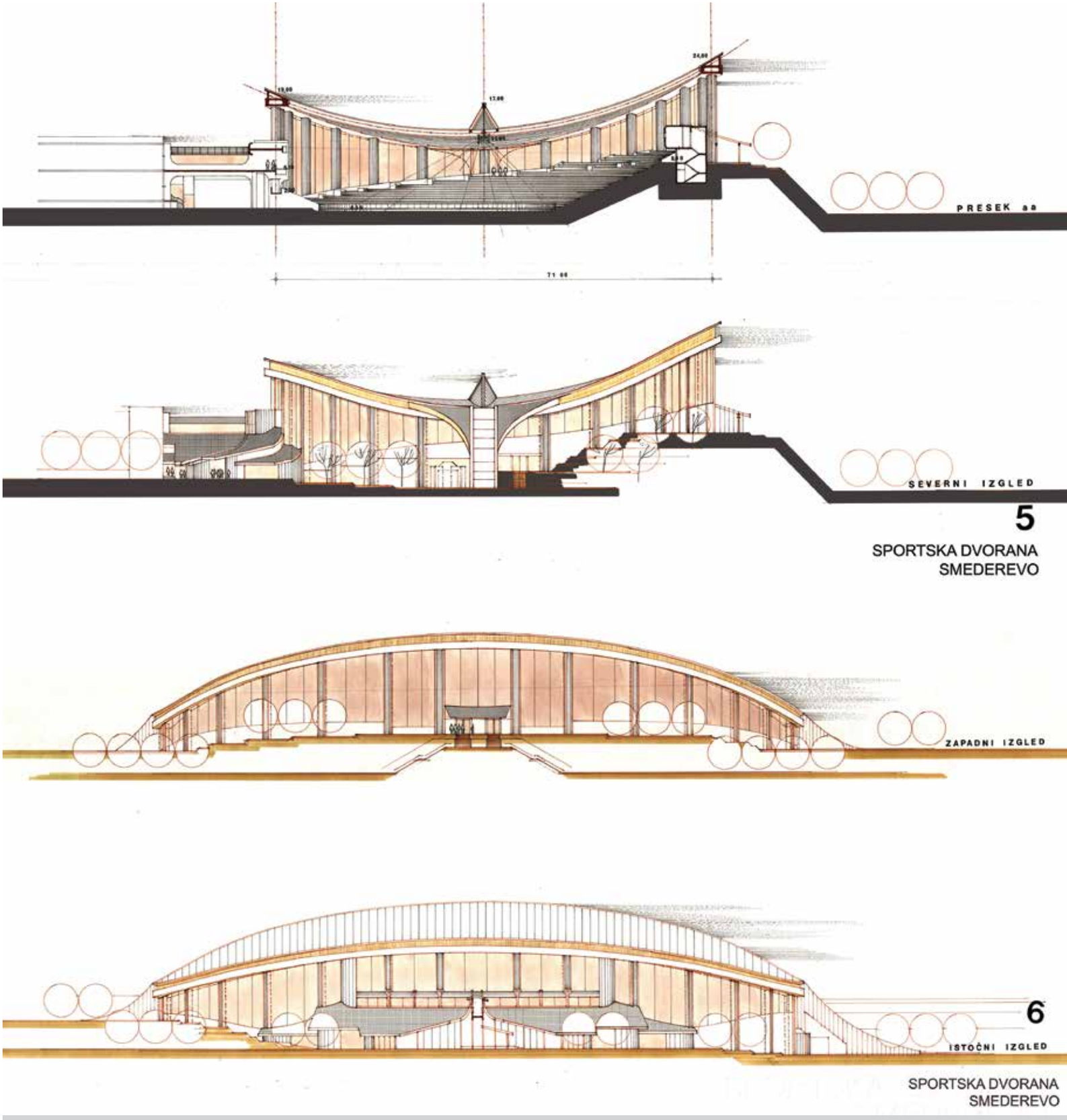








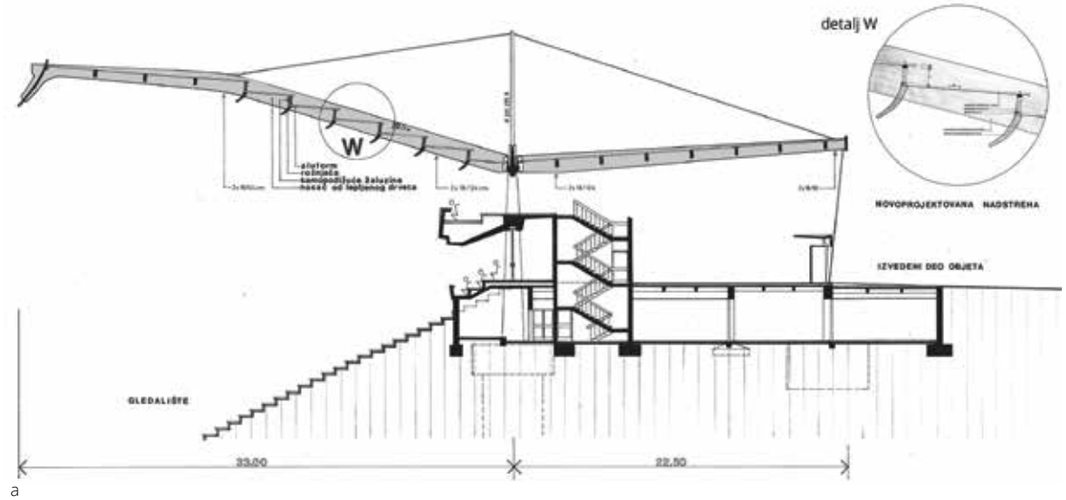
Sl. E.87. Osnove, preseci i perspektiva programske studije



Sl. E.88. Preseci i izgledi programske studije

Idejni projekat Krovne konstrukcije nad zapadnom tribinom stadiona FK "Crvena zvezda" u Beogradu

Krajem sedamdesetih godina prošlog veka pročulo se da postoji ideja o natkrivanju stadiona FK Crvene Zvezde u Beogradu. Bila je to lepa vest za buduće projektante tako značajnog objekta, posebno za konstruktere, jer je streha nad zapadnom tribinom morala imati raspon konzole čitava 33,0 m. Uz veliku podršku Drvne industrije Gaj iz Podravske Slatine izradio sam projekat u lepljenom lameliranom drvetu, sa traženim rasponom strehe, ali sa idejom da se uticaj odižućeg dejstva vetra eliminiše i izbegne kruta zatega na konzoli. Taj problem sam rešio uz konsultacije sa inženjerima, stručnjacima za fluide, i profilisao rožnjale kaskadaste krovne ravni, na način da mogu da usmere horizontalno dejstvo vetra kroz vertikalne otvore na mestu kaskada u krovu. Suprotnom pravcu dejstva vetra bi se suprostavile izvedene žaluzine na denivelaciji krovnih kaskada, koje bi u tom slučaju bile zatvorene. Poznati konstrukter inž. Vračarić bio je zadužen od strane kluba da kontaktira sa projektantima u njihovim volonterskim akcijama, tako da sam imao prilike da mu izložim ideju koju je detaljno razmotrio, pogotovu što je, kao poznati čeličar, bio suočen sa nekakvim lepljenim lameliranim drvetom. Dobio sam njegovu saglasnost da idejni projekat dostavimo Crvenoj zvezdi i da branim rešenje pred formiranom konkursnom komisijom, koja je odlučila da se krovna konstrukcija izgradi u čeliku, kako je i učinjeno.



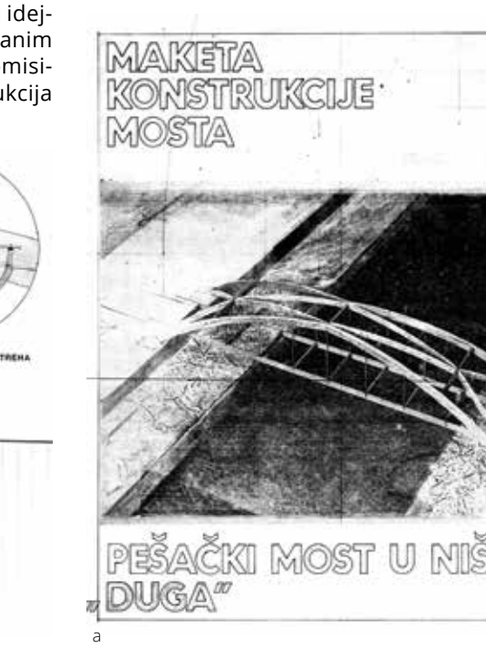
a


b

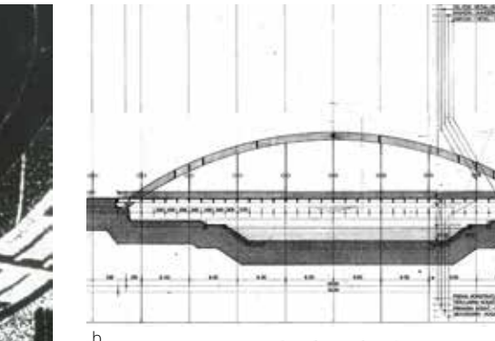
Sl. E.89a,b. Prilozi iz Idejnog projekta krovne konstrukcije na Stadion FK Crvena zvezda u Beogradu

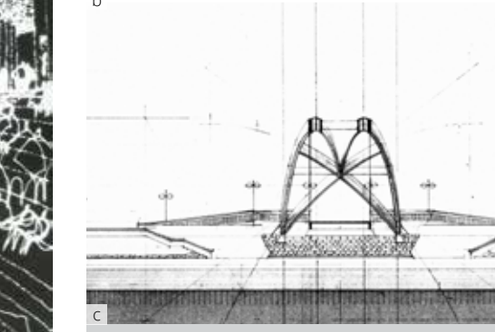
Konkursni radovi

Na mnogim anonimnim arhitektonskim konkursima sam učestvovao sa ne tako mnogo uspeha. Najdraža priznanja koje sam zavredio, i kao projektant i kao konstrukter, su priznanja koje sam dobio sa arh. Petrom Markovićem i sa ekipom kolega iz Jugodrva za dva idejna projekta odjednom na Konkursu za pešački most na reci Nišavi u Nišu, maja 1989. godine. Bilo je to veoma prijatno priznanje, jer su radovi nagrađeni III nagradom i jednim otkupom projekta.

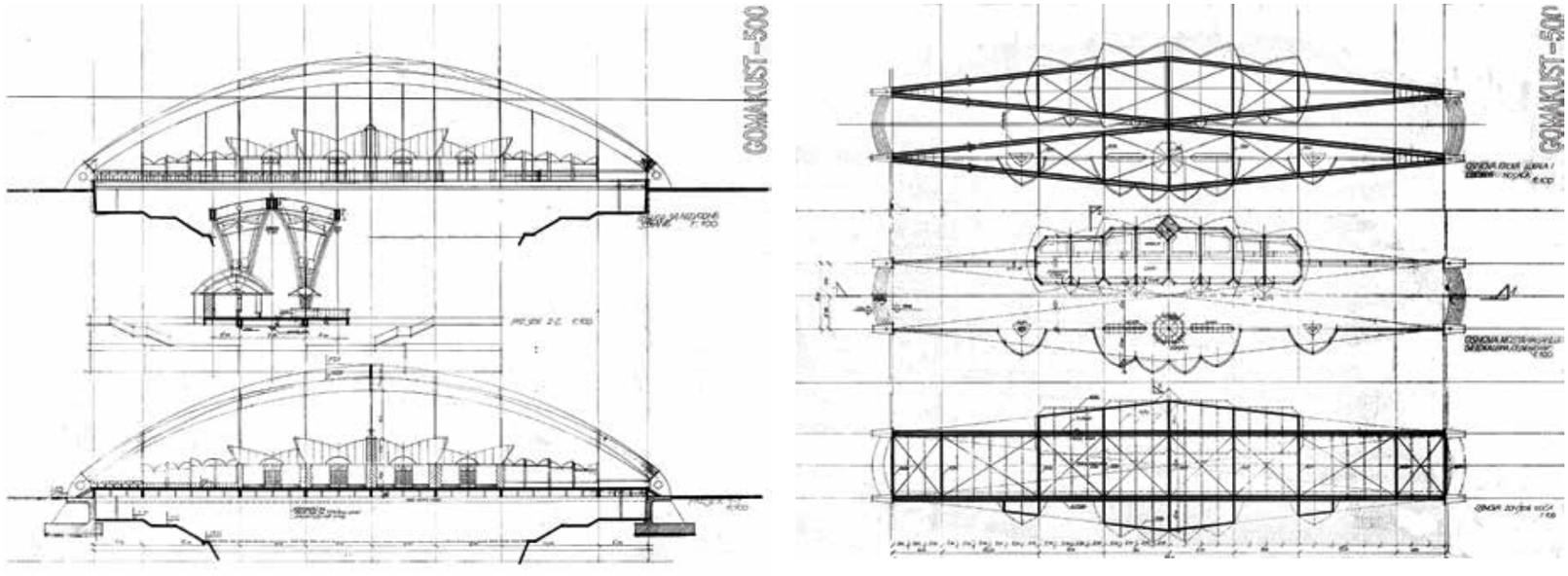


a


b

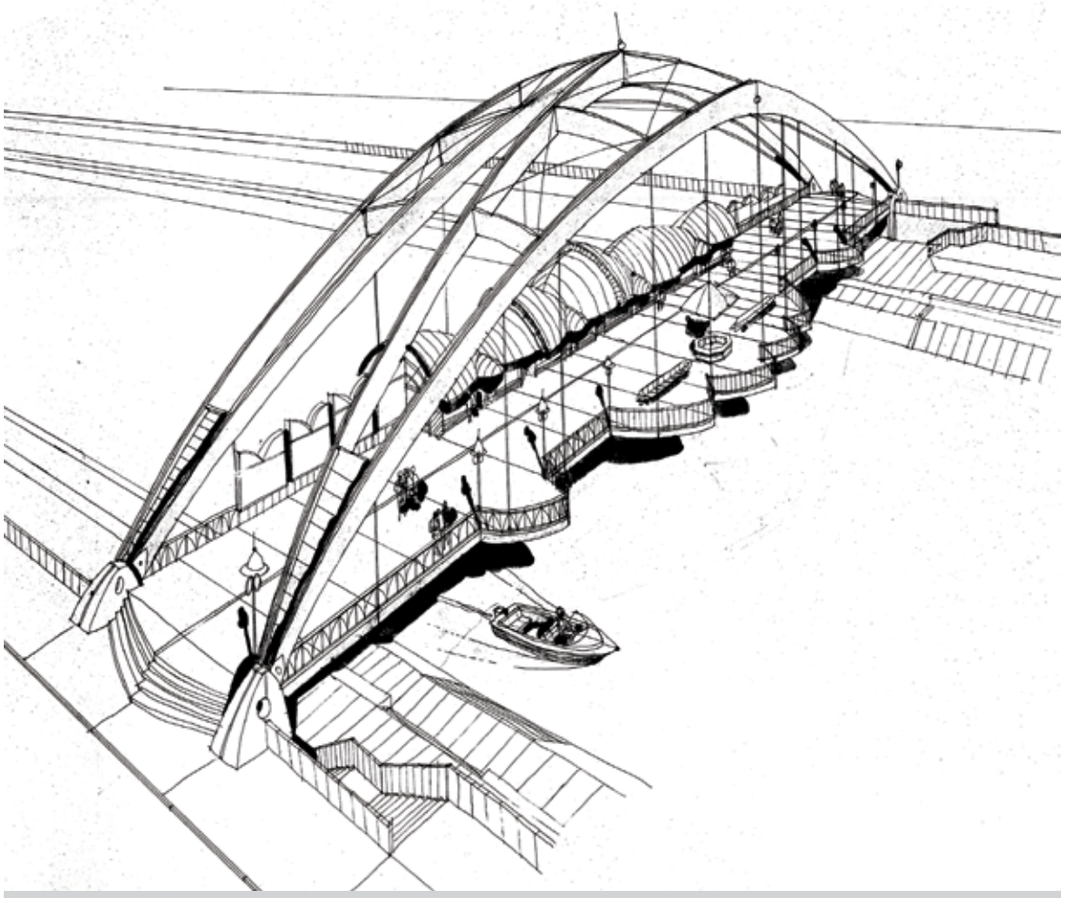

c

Sl. E.90a-c. Konkursno rešenje pešačkog mosta preko reke Nišave u Nišu – šifra DUGA



a b

Sl. E.91a,b. Konkursno rešenje Pešačkog mosta preko reke Nišave u Nišu – šifra GOMAKUST, preseci i osnove



Sl. E.92. Konkursno rešenje Pešačkog mosta preko reke Nišave u Nišu – šifra GOMAKUST, perspektivni crtež

KROVNA KONSTRUKCIJA NAD ZAPADNOM TRIBINOM FK VOJVODINA U NOVOM SADU

Od 20. do 22. juna 1975. godine održana je u Novom Sadu Olimpijada radničkih sportskih aktivnosti Vojvodine. Svečano otvaranje centralne aktivnosti Olimpijade se odvijalo na stadionu „Vojvodine“ u Novom Sadu, koji je u te svrhe detaljno rekonstruisan i adaptiran. Pred projektante rekonstrukcije i adaptacije je bio postavljen niz kompleksnih zadataka u odnosu na funkciju objekta. Težište rekonstrukcije je bačeno na izgradnju nadstrešnice nad gledalištem na zapadnoj tribini, izgradnju svečane lože, novinarskih kabina i pratećih prostora.

Konstrukcija krova nad gradilištem je morala da zadovolji niz funkcionalnih, izvođačkih i estetskih zahteva. Pred konstruktera je najpre postavljen izvanredno kratak rok za izvođenje objekta, budući da je konačna odluka o dogradnji i adaptaciji stadiona doneta sredinom aprila. Na postojećim betonskim tribinama nije smelo biti konstruktivnih zahvata, nikakvih ili bar malih ojačanja za prijem opterećenja od konstrukcije nadstrehe. To je značilo da na konstrukciji postojeće zapadne tribine ne sme biti značajnih građevinskih radova na njenom ojačanju ili osiguranju za prijem novog opterećenja od konstrukcije nadstrešnice, jer bi to zahtevalo produženje i onako vrlo kratkog roka za izvođenje radova. Rešenje problema sam našao u izboru pravog statičkog sistema konstrukcije nadstrehe i u pravilnom izboru građevinskog materijala. Potvrda ispravnosti rešenja je uspešno i u roku izveden objekat koji je omogućio da Olimpijada radničkih sportskih aktivnosti bude otvorena u ambijentu koji je dostojan ovako imponzantne manifestacije. Postojeća konstrukcija gledalašta na zapadu stadiona



a

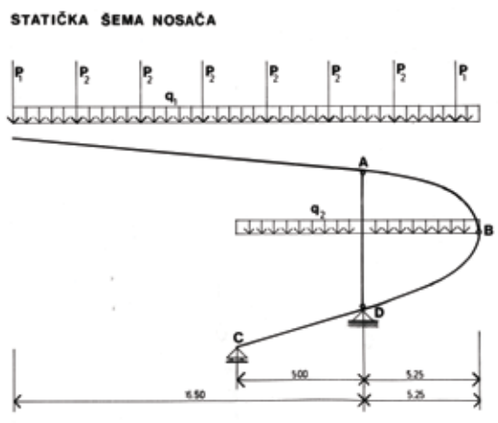


b



c

Sl. E.93a-c. Nadstrešnica nad stadionom FK Vojvodine u Novom Sadu



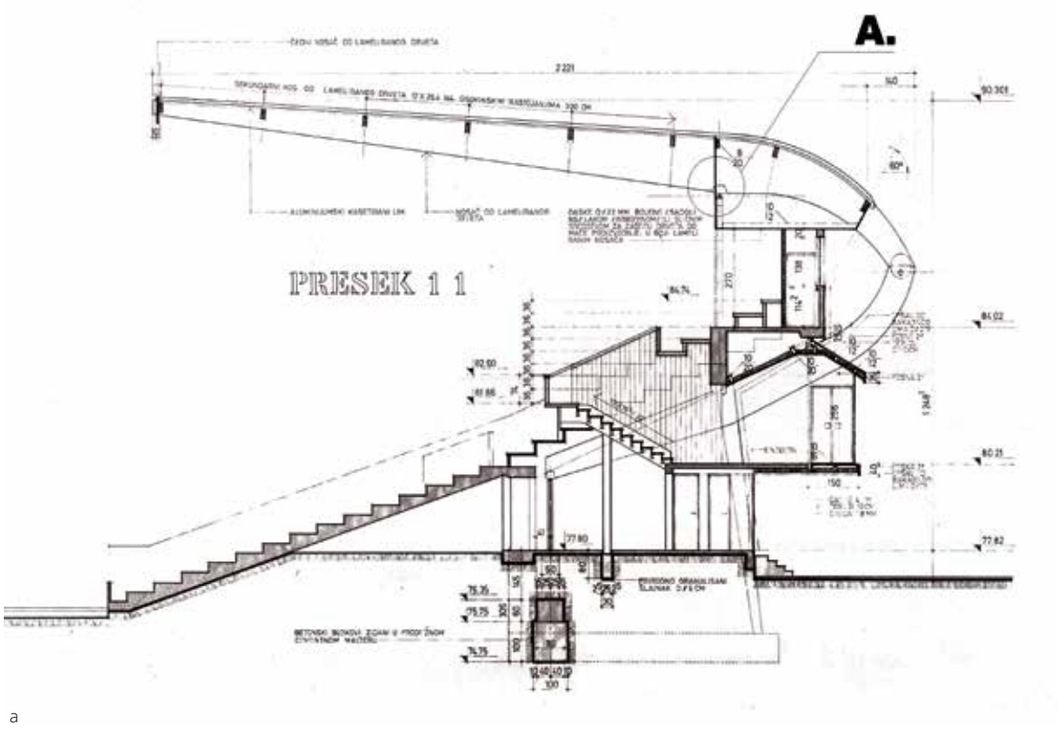
Sl. E.94. Statička šema krovnog nosača

se sastoji od niza ramovskih nosača od armiranog betona preko kojih su postavljeni montažni elementi (čela i gazišta od prednapregnutog betona „L“ preseka). Stubovi skeletnog sistema su fundirani preko paralelnih trakastih temelja sa kontragredom na međusobnom razmaku od 5,30 m. Jedan deo tribina, niži redovi gledališta, izvedeni su na nasipu koji je na višem delu poduhvaćen svodastim potpornim zidovima. Nad srednjim delom zapadne tribine postojale su novinarske lože sa nadstrehom nad nekoliko redova gledališta.

Obilaskom izgrađenog objekta i vizuelnim pregledom stanja konstrukcije, utvrdio sam je da je tokom eksploatacije postojećeg objekta došlo do vrlo naravnomernog sleganja elemenata konstrukcije. Budući da je veza između dva susedna ramovska nosača uspostavljena isključivo postavljanjem montažnih podnih elemenata gledališta, ovakva slaganja nisu izazvala nikakav efekat u odnosu na stabilnost objekta, ali, uz podatak o izvanredno slaboj nosivosti tla, potvrđena je teza projektanta konstrukcije o isključenju postojećeg konstruktivnog sistema iz nošenja gravitacionog opterećenja nove konstrukcije bez velikih zahvata na ojačanju temelja. Usvojeni statički sistem, kako je prikazano na šemi, može se dekompozicijom rastaviti na tri dela:

- greda sa prepustom - koja čini nadstrehu ukupne dužine 21,75 m - opterećena sopstvenim opterećenjem krovnog pokrivača (aluform) rožnjača i samog nosača, i opterećenjem od snega i od vetra po gornjoj površini,
- donja greda sa prepustom - koja je opterećena sopstvenom težinom i reakcijom gornjeg nosača na vrhu konzole u tački B,
- između oslonca A gornjeg nosača i oslonca D donjeg nosača umetnut je stub - balansir, koji uz pomoć rigle sa kojom su svi ostali stubovi kruto vezani, čini jedan sistem za prijem opterećenja od bočnog dejstva vetra na konstrukciju.

Donji nosač – greda sa prepustom – je izveden kao dvojni nosač i obuhvata postojeću testerastu riglu betonskog ramovskog nosača gledališta. U tački C ovog nosača projektovan je i izveden stubac sa kratkom obostrano konzulno prepuštenom riglom, koji prihvata celokupno opterećenje od nadstehe i prenosi ga na novo izvedeni temelj. Statički proračun je pokazao da je težište opterećenja krovnog nosača van sektora oslonca C i D, na strani oslonca C, te da je iz tih razloga reakcija sistema u tački D negativna, što znači da je moguće ostvariti izvesnu vezu između nove konstrukcije i postojeće konstrukcije samo u tački D. Ovakva veza rasterećuje postojeći sistem, istina uključivanjem vrlo male sile, ali je mnogo važnija činjenica da sistem nije ovom vezom opterećen i da nema potrebe ni za kakvom intervencijom u postojećem sistemu konstrukcije. Čvor D je predstavljao ključnu tačku sistema zbog višestruke funkcije koju je morao da zadovolji: da omogući prijem sile iz jednodelnog stuba A-D (reakcija A gornjeg - krovnog nosača), prijem reakcije D dvodelne donje grede i prenošenje razlike ove dve reakcije na postojeći betonski nosač i prijem, i prenošenje horizontalne sile od vetra paralelno sa ravni nosača na postojeći sistem betonskog ramovskog nosača gledališta. Bez obzira na kompleksnost funkcije čvora, konstrukcija čvora je vrlo jednostavna i vrlo laka za montažu. Čvor je načinjen iz dva nezavisna dela koji se zavarivanjem na licu mesta spajaju u jednu celinu. Gornji deo čvora postavljen je čeličnom pločom 8 ≠ 520.15.470 na koju su sa donje strane zavarena četiri profila betonskog gvožđa Ø 30...500 za vezu sa donjim delom čvora, i 4M - 24 zavrtnja bez matice za vezu sa podložnom pločom stuba A-D. Donji deo čvora sastoji se iz dve vertikalne čelične ploče nepravilnog oblika na kojima su spoljne strane navareni elementi zgloba sa njihovim ukrućenjima i elementima za vezu. Ove dve čelične ploče su postavljene po bočnim stranama postojeće betonske testeraste rigle i međusobno povezane horizontalnim limovima 2≠80.20...440, koji ne dozvoljavaju odizanje čvora i obujmicama



a



b

Sl. E.95a,b. Detalj A. Veza krovnog nosača nad osloncem

≠50.20...800 oko vertikalne površine stuba, što ne dozvoljava pomeranje ploča po horizontali. Kroz izbušene otvore u gazištima – prednapregntim pločama gledališta – spušteni su profili od betonskog gvožđa 4 Ø 30 mm iz sastava gornjeg dela čvora i posle centrisanja zavareni za vertikalne čelične ploče. Na ovaj način je oformljen čvor koji sa gornje strane ima priključke za podložnu ploču stuba razupirača i sa donje strane dva priključka za zglobnu vezu udvojenog donjeg nosača. Posebno je poklonjena pažnja činjenici da zglob mora da prenese svojom krutošću silu stuba na mesto oslanjanja donjeg udvojenog nosača, a da se izbegne vertikalno aksijalno naprezanje rigle betonskog postojećeg nosača usled gnječenja. Konstrukcijom zgloba se u tome potpuno uspelo, tako da je rigla primila isključivo razliku reakcija gornjeg i donjeg nosača i horizontalnu reakciju usled dejstva vetra. Dejstvo vetra na betonski nosač nije ispitivano, jer se reakcija uključuje u čvoru jednog zatvorenog sistema koji ima sistemnu skicu približno jednaku trouglu, tako da će se u betonu pojaviti izvestan aksijalni pritisak (bez savijanja) zanemarljivog reda veličina.

U čvoru B projektovanog sistema trebalo je obezbediti prenošenje reakcije gornjeg nosača na donji nosač koji se sastoji iz dve grede koje su na međusobnom rastojanju od 450 mm. Ovaj problem je rešen izvođenjem klasične zglobne veze gde je trn zgloba napregnut, osim smicanjem, i znatnim savijanjem, budući da su ravni smicanja razmaknute. U tu svrhu poslužio je cevasti trn Ø 108 mm. Svaki nosač, gornji i oba dela donjeg nosača, snabdeveni su čeličnim elementima zgloba i pričvršćeni zavrtnjevima M-24, tako da se sila iz gornjeg nosača preko čeličnih limova prenosi na cevasti trn koji solidarno predaje silu i jednom i drugom delu donjeg nosača. U čvoru A sila iz nosača se preko određenog broja zavrtnja, delimično i kontaktom, prenosi na čeličnu papuču, koja je klasičnim zglobom sa punim trnom vezana za stub. Ovako oformljeni sistem osiguran je od bočnog dejstva vetra sistemima spregova za ukrućivanje u ravni samih nosača, a ukupnu reakciju prihvatao je sistem podužnog okvirnog čeličnog nosača čiji su stubovi već postojeći stubovi - razupirači kruto vezani za podužnu zajedničku čeličnu riglu.

Opterećenje od nove konstrukcije se preko čeličnog stupca koji poduhvata donji dvojni nosač u tački C, prenosi na temelj. Problem fundiranja se sastojao u tome, što je na mestu oslanjanja metalnog stuba već izvedena kontragreda postojećeg skeletnog sistema gledališta. Zbog toga je izvedena dvojna stopa temelja - sa obe strane postojećeg temelja- koja je međusobno povezana grednim nosačem iznad gornje površine postojećeg temelja. U sredini raspona obrazovan je oslonac za metalni stub, tako da je cela nova konstrukcija nadstrešnice potpuno nazavisno fundirana u odnosu na postojeći sistem.I pred građevinski materijal od koga će biti realizovani elementi konstrukcije bili su postavljeni oštri uslovi. Tok gradnje, neophodne intervencije, izmene i dopune tokom gradnje, koje su se morale očekivati, nedvosmisleno su izdvojile lepljeno lamelirano drvo kao pravi materijal za realizaciju sistema. Visoke vrednosti mehaničkih karakteristika ovog materijala, izvesno mala sopstvena težina (g = 600 kp/m³), laka obrada, lako prilagođavanje uslovima ugrađivanja, laka montaža, izvanredna protivpožarna otpornost i neosetljivost na vlagu, bakterije i gljivice su bili elementi koji su ovoj vrsti materijala doneli najviše poena u poređenju sa betonom i čelikom kao konkurentnim materijalima. Prema nemačkim normama, budući da za ovaj tip konstrukcija nisu u to doba postojali domaći standardi ni propisi, izvršeno je dimenzionisanje štapova nosača. Rožnjače, koje nose talasasti plastificirani aluminijumski lim su preseka 12/26,4 cm. Oslanjaju se preko limenih papuča na glavne nosače. Prepust gornjeg nosača iznosi 16,5 metara, a ukupna dužina nosača je oko 22,0 m. Nad osloncem A nosač ima dimenzije 22/153,6 cm. Visina nosača prema vrhu konzole i prema osloncu B se smanjuje. Udvojeni donji nosač ima najveći presek u tački D od 2 x 22/102,4 cm. Visina nosača se smanjuje prema osloncima B i C. Nosači su izvedeni od lameliranog drveta I i II klase i slepljeni su rezorcinskim lepkovima. Opravdanost upotrebe konstrukcije od lameliranog lepljenog drveta se potvrdila tokom izvođenja i montaže konstrukcije: elementi su bili, iako znatnih dimenzija, izvanredno laki i nisu predstavljali nikakav problem za montažu. Iz opreznosti usled nepouzdanih geometrijskih mera postojeće konstrukcije od betona, svi elementi su bili izrađeni sa određenom merom tolerancije, tako da su dimenzije nosača bile usklađivane na licu mesta bez ikakvih problema, jer se ovaj materijal vrlo lako obrađuje van radionice. Sa druge strane, estetski kvaliteti samog sistema su na zavidnoj visini. Toplina materijala, prirodnost ambijenta, skladnost oblika uz skladan odnos izabranih boja sasvim su opravdali poverenje koje je ukazano drvetu na ovom važnom sportskom objektu. Činjenica da je konstrukcija montirana za svega dvadeset radnih dana, a da je dobijena krovna površina nad više od 2500 m² na zapadnoj tribini stadiona jasno pokazuje superiornost ovog nad konkurentnim materijalima. Nadstrešnica nad gledalištem na stadionu Vojvodine u Novom Sadu je dala pravo građanstva ovom tipu konstrukcije i tamo gde su rasponi dostojni poštovanja uz punu ekonomsku opravdanost.Projekat adaptacije i rekonstrukcije stadiona Vojvodina u Novom Sadu izradili smo kolega Laslo Filep i ja u projektnom birou Zavoda za fizičku kulturu u Novom Sadu tokom 1975. godine. Konstrukciju od lepljenog lameliranog drveta izveo je i montirao DIP Gaj iz Podravske Slatine, a u izvođenju radova su učestvovali Gradsko stambeno preduzeće iz Novog Sada, Brodogradilište i dr. Ovako pedantno definisan i detaljno revidovan projekat konstrukcije i pedantno izveden objekat bio je i tokom izvođenja obasut pažnjom stručne javnosti Novog Sada. Tokom izvođenja radova isporučilac konstrukcije je angažovao dr Stjepana Sablića, docenta sa Građevinskog fakulteta u Zagrebu, da izvrši superreviziju izvedene konstrukcije, zbog pojave izvesnih prslina na montiranoj konstrukciji. Ni dr Sablić, niti iko od dobronamernih novosadskih inženjera, nije imao primedbu na konstrukciju objekta.

Najteža oštećenja, koja je neki od mojih objekata u lepljenom lameliranom drvetu, u toku eksploatacije doživeo desila su se baš na ovoj krovnoj konstrukciji nad zapadnom tribinom stadiona Vojvodine u Novom Sadu. U enormnom naletu vetra, koji je zahvatio teritoriju grada Novog Sada u noći između 16. i 17. februara 1979. godine, i koji je najsnažnije udario na južno krilo nadstrešnice, došlo je do velikih oštećenja i do rušenja jednog broja nosača nadstrešnice. Iako je projekat bio pedantno koncipiran i detaljno razrađen, i iako je bio detaljno revidiran i analiziran od strane našoj javnosti poznatih stručnjaka, opštoj pažnji provukla se konstrukcijska finesa: oslonačka veza na mestu oslanjanja konzole, gde je nosač visok oko 130 cm, bila je koncipirana tako da se vertikalna sila usled gravitacionog opterećenja prenosila delom kontaktom, a delom određenim brojem zavrtnja, koji je vezivao drveni nosač za metalnu papuču oslonačkog zgloba. Udaljenje zavrtnjeva od ivice nosača je bilo određeno po svim normama i usvojeno sa određenom rezervom u odnosu na minimalno rastojanje. Ti zavrtnji su imali zadatak da takođe prihvate i alternativnu vertikalnu silu usled sišućeg dejstva vetra. Njihov broj je bio dovoljan za tu funkciju. Međutim, kako su rožnjače krova bile postavljene po gornjoj površini nosača i vezane za nosač dovoljno dobro da se može preneti sila sa rožnjača na nosač, i kako se pojavio vrlo snažan efekat odizanja konstrukcije, reakcija u oslonačkom zglobu je izazvala koncentraciju zatežućih poprečnih napona u sektoru iznad veze oslonačkog okova, te je došlo do otcepljenja gornjeg dela nosača zajedno sa rožnjačama i pokrivačem, kao jedne celine, od dela nosača nad osloncem. Po rušenju nosača na mestu oslonačkog okova, ostao je deo nosača u visini od oko 20 cm, koji je i dalje bio dobro vezan zavrtnjima za oslonački okov, a koji je bio dugačak po nekoliko metara levo i desno od oslonačkog zgloba. Činjenica je da nije došlo do loma u liniji zavrtnjeva već blisko iznad, pa se nameće zaključak da su propisi kojima se određuje nosivost zavrtnja, daleko bolji od dela propisa kojima se određuje najmanje rastojanje linije zavrtnja od ivice nosača. Rešenje ovog problema je moglo biti vrlo jednostavno za nosače sa velikom visinom i sa ovako nanetim opterećenjem, i svodilo se na ugrađivanje obujmice oko celog nosača (što bi bilo izvanredno bezbedno).Ova limena obujmica bi bila zategnuta i rasteretila bi poprečni pritisak u drvetu. Takođe je činjenica da iskustvo ove vrste nije bilo prisutno u doba gradnje stadiona Vojvodine i da je bilo neprijatno i bolno, ali podvlačim − ako se loša inženjerska iskustva prezentuju stručnoj javnosti i ako se ukaže na uzroke njihovog nastajanja i time spreči ponavljanje skrivenih grešaka, ni jedna materijalna šteta ne može biti prevelika.

F. ARHIVARIJE

Tokom prilično duge profesionalne karijere pokušavao sam da proniknem u područja građevinske tehnike i van svakodnevnog obrazovnog ili profesionalno-komercionalnog angažovanja. Istraživao sam područja primene nestandardnih oblika konstrukcija, neprimenjenih njihovih sistema u našem graditeljstvu. Kopao sam po starim projektima, prelistavao stranu stručnu literaturu, odlazio na sajmove, učestvovao na kongresima, savetovanjima i seminarima, i kao pažljiv slušalac, i kao referent. Tražio sam inspiracije u tuđim radovima, divio se mnogim lepim projektima i sjajnim konstrukcijama vrsnih konstruktera u mom okruženju i van njega. U mojoj arhivi je bilo dovoljno mesta za čudne i provokativne konstruktivne sisteme, koji se često nisu realizovali, osim na nivou makete ili prototipa. Imao sam sreću da budem promoter mnogih ideja, ali i sreću da imam sa sobom ljude koji su mi verovali, i koji su me podržavali i pružali mi šansu. Rado sam slušao eksperte drugih struka, divio se vispreni idejama, maštovitim kreacijama iz oblasti mašinstva, aeronautike, elektronike... I ja sam okušao sreću van uskog područja tehnike kojom sam se bavio. Eto, napravih neku čudnu vetrenjaču, njen prototip, i rekoh: „Eppur si muove!“ (Ipak se okreće!), i ostah živ.



Sl. F.1. Konstrukcija potkrovlja na zgradi gradske Uprave u Nišu

KOVANI NOSAČI

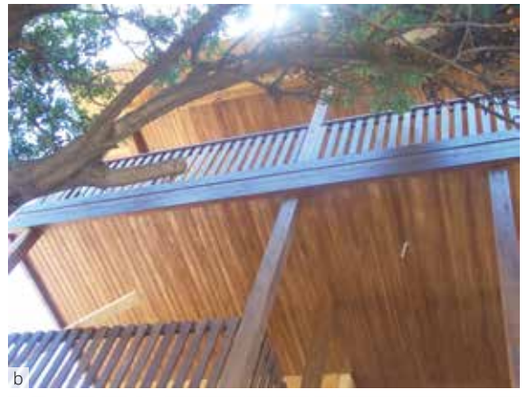
Na samom početku saradnje sa GP Integral iz Bele Palanke došao sam u situaciju da projektujem konstrukciju dogradnje dva velika objekta u Nišu. Najpre smo izveli konstrukciju potkrovlja na zgradi niške gradske uprave. Urbanistički uslovi su bili veoma oštri jer objekat ima svoju arhitektonsku vrednost, koja nije smela da se naruši. Iz tih uslova krovna ravan prema Ulici Nikole Pašića morala je da ima ugao nagiba najviše jednak uglu sagledavanja venca objekta sa trotoara na drugoj strani ulice. Ugao nagiba krova prema dvorišu gradske uprave



Sl. F.2. Konstrukcija potkrovlja na Tehničkoj školi „12. februar“ u Nišu

je bio proizvoljan. Poštujući te uslove kreirao sam dvozglobni luk poligonalnog oblika u kovanoj tehnici. Poprečni presek je bio oblika latiničnog slova „I“ sa rebrom od petoslojne furnirske ploče, nožicama od obrađene četinarske građe i dopunskim čvornim furnirskim pločama u krutim uglovima. Gabariti nosača su bili u granicama transportnih uslova, tako da je, od Bele Palanke, iz proizvodne hale Integrala, do lokacije gradnje, transport obavljen bez većih problema u Sićevačkoj klisuri. Konstrukcija je montirana, takođe, bez velikog napora, a svi traženi urbanistički uslovi su bili ispunjeni. Nad ravnim krovom jednog od objekata Tehničke škole u Nišu, na zahtev investirora, dograđeno je pokrovlje. Izveo sam trobrodnu konstrukciju u kovanoj tehnici, kakva je primenjena i na potkrovlju gradske uprave. Kovani nosači kolenastog oblika imali su vertikalni, fasadni stubac i kosa krovna rebra. Veza stupca i rebra je bila kruta, obezbeđena snažnim čvornim furnirskim pločama. Rebro se na svom višem kraju oslanjalo na podužnu konstrukciju u pregradnom hodničkom zidu i imalo je prepust dužine koja je odgovarala polovini tog hodničkog, srednjeg broda. Konzole takva dva naspramna nosača su se samo dodirivale u slemenu krova. Poprečnu stabilnost konstrukcije je obezbeđivao sam oblik kolenastog nosača, a podužnu stabilnost obezbedili su spregovi za ukućenje u parapetima oba fasadna zida i oba hodnička, pregradna zida, u koje su ugrađeni spregovi za ukrućenje od vertikalnih LKV nosača, koji su jednovremeno prihvatali vertikalne sile rebara i činili potkonstruciju za prihvatanje obloge hodničkih zidova. Ova kovana konstrukcija, osim ograničenih visina poprečnog preseka i mogućnosti formiranja funkcionalnih oblika profila objekta, nije imala veliko ekonomsko opravdanje, jer je bilo potrebno uložiti mnogo živog rada u njenu proizvodnju. Kovani rešetkasti nosači, koji su izvedeni u više navrata, sa čvornim furnirskim pločama, pokazali su se, u svom funkcionalnom domenu, mnogo ekonomičnijom podvrstom kovanih drvenih nosača rađenih, takođe, u zanatskoj tehnici.


a


b


c

Sl. F.3a-c. Izgrađene kuće u Grčkoj u sistemu LKVC


a


b


c


d

Sl. F.4a-d. Montaža prototipa bikonveksne komore od plastificirane tkanine

MONTAŽNE SPRATNE KUĆE U SISTEMU LKVC

Montažna gradnja u drvetu je jedno veoma veliko i značajno područje graditeljstva u celom svetu. Kod nas je začeto na nivou vikendica polovinom prošlog veka, i na nivou radnih naselja na velikim gradilištima infrastrukture. Nikad joj nismo posvetili dovoljno pažnje, jer mnoge nas „drvene kuće“ još uvek podsećaju na siromašne barake u kojima se moralo živeti posle Drugog svetskog rata u razrušenoj zemlji. Bilo je velikih državnih drvnih industrija koje su gospodarile tržištem montažnih kuća različite namene, ali loše funkcije, lošeg standarda, lošeg izvođenja radova, loše izolacije i loše...

Ni danas, početkom novog milenijuma, zemlja Srbija nema svoje standarde, ni norme, ni propise, po kojima bi se tehnika građenja ovih kuća kontrolisano podigla na viši nivo. Pokušao sam, i delimično uspeo, u porodičnoj firmi da razvijem sistem proizvodnje osnovnih elemenata montažne gradnje višeg nivoa. Uspeli smo samo delimično, i to van granica naše zemlje, najpre u Grčkoj, u gradnji porodičnih spratnih kuća višeg standarda i po, naravno, višoj ceni u odnosu na standard i cenu „garažne proizvodnje“ u današnjoj Srbiji.

PNEUMATSKE KONSTRUKCIJE

Bikonkavna struktura

Tokom rada na projektu konstrukcije krova nad zapadnom tribinom Stadiona FK Vojvodina u Novom Sadu, razmišljao sam o nestandardnoj sekundarnoj konstrukciji već usvojenog sistema glavnih nosača od lepljenog lameliranog drveta. Izveli smo izvanredan eksperiment sa pneumatskom konstrukcijom neobičnog oblika. Ideja je bila da između dva glavna nosača visine 1.30 m bude razapeta zatvorena komora od plastificirane tkanine i da u njoj bude smanjen nivo atmosferskog pritiska za samo 1,0% u odnosu na spoljni pritisak. Na taj način bi se dobila krovna površina konkavnog oblika koja bi sa lakoćom mogla da prihvati klimatska opterećenja. Donja plafonska površina bi imala oblik klasičnog svoda i bila bi takođe zategnuta. Ovu ideju smo proverili na modelu u razmeri 1:1 uz učešće slovenačkog preduzeća Induplati iz Jarša, koji su pripremili i poslali komoru od plastificirane tkanine. Montirana komora iz koje je isisan vazduh običnim kućnim usisvačem za prašinu, bila je veoma stabilna, čak i kruta kada se čovek na nju popne. Eksperiment je bio veoma intrigantan, ali se od primene ovakvog krovnog pokrivala odustalo zbog kratkih rokova rekonstrukcije Stadiona i manjka vremena za neophodne analize i provere sistema.

Bikonveksna strukura

Još jednom sam u mojoj dugogodišnjoj praksi bio u prilici da proveravam mogućnosti primene pneumatskih struktura u našoj građevinskoj praksi. Tako smo moj stariji kolega doc. arh. Dragan Ilić, projektant velikog broja domova kulture u Srbiji, pri projektovanju Doma kulture i sportova u Obrenovcu, projektovali bikonveksnu komoru – disk nad kružnom osnovom objekta. Sve analize, uključujući i model koji sam napravio uz veliku pomoć mog kolege Voje Smolea, pokazivale su da je moguće napraviti takvu vrstu krovne konstrukcije prečnika 60.0 m. Projekat, koji je zbog svoje veoma lepe ekonomičnosti prihvatio investitor, pao je na protivpožarnoj reviziji, jer nije bilo relevantnih propisa po kojima bi mogla biti data saglasnost za projekat, a ni dobre volje u Protivpožarnoj komandi da se podrži novina u graditeljstvu. Činjenice da je moguće nad pritiskom od samo 1.0% od spoljnog vazdušnog pritiska prihvatiti opterećenje po ovoj krovnoj konstrukciji od 1.00 kN/m2, da se ovim diskom postiže veoma dobra hidro i termoizolacija objekta, da je obodni prsten veoma dobro ukrućen i da mu je u velikoj meri sprečeno izvijanje van njegove ravni, su neka iskustva koja mogu svakako da pomognu u kreiranju sličnih konstrukcija.


a


b


c

Sl. F.5a-c. Studija bikonveksne pneumatske krovne konstrukcije na projektu Doma kulture i sportova u Obrenovcu

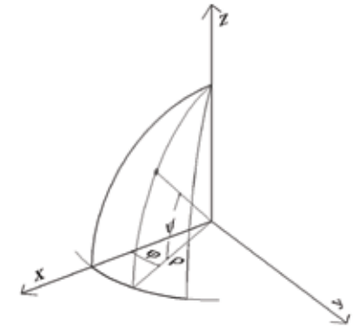
POLIESTERSKE KONSTRUKCIJE

Planetarijum na petrovardinskoj tvrđavi u novom sadu

Funkcionalni projekat i arhitektonsko rešenje za izgradnju Planetarijuma izradio je poznati novosadski arhitekta Sava Forkapić. Gradnja Planetarijuma je predviđena na Petrovaradinskoj tvrđavi , na gornjem platou, na tzv. Paradnom trgu u jednom bastionu (Jozefov Bastion), tj. u zidinama tvrđave pod zemljom. Oslanjajući se na uspešnu prethodnu saradnju, Forkapić me je pozvao sa molbom da se angažujem oko projekta konstrukcije projekcione kupole i realizacije tog projekta. Rado sam prihvatio poziv, pogotovu zbog toga što je projekat vodio predstavnik investitora, naš kolega arh. Dejan Rapajić.Na samom početku rada, a u skladu sa projektnim rešenjem, postavljeni su izričiti uslovi od strane predstavnika Astronomskog društva „Novi Sad“:

- donja površina idealno ravna, iz uslova dobre projekcije, uz toleranciju od max. 3 mm;
- trajna otpornost na vlagu, jer se kupola nalazi prostoru visokog stepena vlažnosti;
- dovoljno velika prostorna krutost i mala deformabilnost.

Kupola planetarijuma je, prema svetskim standardima, polusfera, prečnika između 6 i 24 m, u zavisnosti od tipa i veličine projektora. Moj saradnik, inž. Radojko Obradović, uspeo je da pronađe podatke o gradnji takvih kupola u svetu. Kupole planetarijuma su najčešće od gipsa i imaju čeličnu potkonstrukciju. Na neki od uobičajenih Platonovih načina vrši se triangulacija polusfere i sferni trouglovi od gipsa se liju u kalupima. Gipsane elemente je neophodno armirati trskom ili drvetom, jer je gips veoma agresivan na metal i uzaziva njegovu koroziju. Zadati prečnik kupole novosadskog Planetarijuma je 6.0 m i proizašao je iz dimenzija prostora u kome će kupola biti montirana. Lagum je širine 6.50 m sa polukružnim svodom od opeke, takođe prečnika 6.50 m. Analizurajući geometrijske uslove kupole prečnika 6.0m, došli smo do rešenja po kome ovu u polusferu treba podeliti na 58 trougaonih elemenata, površine od po ~1 m^2. Težina takve livene gipsane kupole bila bi oko 5000 kg, ne uzimajući u obzir čeličnu konstrukciju. Problemi vlage bili bi teško rešivi. Proizvodjači gips-kartonskih ploča, bar u katalozima, tvrde da mogu napraviti površi koje imaju dvostruku krivinu. Potkonstrukcija je tada od limenih profila, savijenih prema potrebnim dimenzijama, a gips-kartonske ploče se uz malo vlaženje oblikuju po potrebnoj geometriji. U konkretnim razgovorima sa predstavnicima najvećih svetskih proizvodjača ispostavilo se da bi za izradu kupole bilo potrebno nekoliko meseci, uz veoma visoku cenu i bez garancije za uslovljenu tačnost. Analizirajući sve podatke, došao sam do zaključka da kupolu treba izvesti od poliestera na način kako se poliester koristi za proizvodnju čamaca i kioska. Poliester je pogodan za oblikovanje, veoma je lak, neosetljiv na vlagu, i u očvrslom stanju poseduje veoma dobre mehaničke karakteristike. Moj mladi kolega, inž. Obradović, napravio je neophodnu studiju geometrije kupole i proverio naprezanja u zidu kupole od poliestera debljine samo 3.00 mm. Iz uslova dopreme u lagum i njene montaže, završena je vertikalna podela sfere na 10 identičnih segmenata tako da svaki ima 36° po lučnoj meri. Za izradu modela određene su koordinate tačaka sfere u sfernom koordinatnom sistemu:



$x = R * \cos\varphi * \cos\psi$	$R = 3,0$ m
$y = R * \sin\varphi * \cos\psi$	$0° < \varphi < 36°$
$z = R * \sin\psi$	$0° < \varphi < 90°$

Uvedeno je obeležavanje tačaka sa korakom: $\Delta\varphi=6°$ i $\Delta\psi=15°$.

Drveni kalup na kome će biti izliveni segmenti kupole, sastojao se od tri podužna i šest poprečnih rebara (svaki na po 15°). Definisane su ravni u kojima se nalaze rebra:

$\psi=15°$	$1,3224*x+0,4296*y-4,9355*z = 0$
$\psi=30°$	$-2,2906*x+0,7443*y+3,9674*z = 0$
$\psi=45°$	$-2,2648*x-0,8593*y+2,6448*z = 0$
$\psi=60°$	$-2,2904*x+0,7443*y+1,3224*z = 0$
$\psi=75°$	$-1,3224*x+0,4296*y+0,3543*z = 0$
$\psi=90°$	$1,3224*x+0,4296*y-4,9355*z = 0$

Centralni ugao između krajeva u funkciji ugla ψ:

$\psi= 0°$	$\alpha = 36,0000°$
$\psi=15°$	$\alpha = 34,7320°$
$\psi=30°$	$\alpha = 31,0497°$
$\psi=45°$	$\alpha = 25,2441°$
$\psi=60°$	$\alpha = 17,7856°$
$\psi=75°$	$\alpha = 9,1700°$
$\psi=90°$	$\alpha = 0°$

Sa ovako definisanom geometrijom moguće je napraviti zahtevani drveni kalup. Izveden je sledeći proračun uticaja u rotacionoj ljuski, za koju su definisani uslovi:


a


d


b


e


f


c

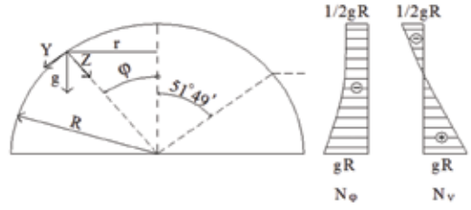

g

Sl. F.6a-g. Montaža poliesterske kupole na Planetarijumu u Novom Sadu

1. Odnos h/R veoma mali (h/R=0.003/3= 0,001)
2. Srednja površ glatka
3. Opterećenje bez skokova (sop.težina)
4. Oslanjanje obezbeđuje pojavu samo membranskih sila na krajevima.

U presecima ljuske javljaju se samo membranske sile za rotaciono simetrično opterecenje:

Nα i Nψ (Nα= -g*R/(1+cosφ) i Nφ =-g*R*(cosφ-1/(1+cosφ)).



Za uticaj ovih sila dobijena potrebna debljina ljuske je 3.00 mm, a sračunati ugib temena kupole, usled uticaja sopstvene težine, iznosi oko f = 2.0 cm. Proizvodnja osnovnih elemenata izvedena je na kalupu čija je gornja površina fino obrađena auto-gitom, i veoma pedantno kontrolisana napravljenim šablonima. Nalivanje polisterske mase i njeno vezivanje trajalo je jedan pun dan, tako da je proizvodnja trajala deset dana, s tim da su na sa samom kalupu pedantno obrađena poprečna ivična rebra. Montažu kupole sam organizovao poštujući uslove raspoloživog prostora. Osnovni problem bio je rastojanje od baze kupole do zidova od samo 25 cm, i od temena kupole do plafona svoda tek 20 cm. Iz tih razloga sam odlučio da kupolu sastavimo na podu laguma i to tako što će obodni prsten kupole, kutijastog poprečnog preska od čelika, ležati na rolnicama. Ove rolnice omogučuju prstenu da rotira oko svoje vertikalne ose i tako obezbedi nesmetano izvođenje radijalnih spojeva kriški kupole. Tako spojene kriške, a poslednja je pokazala da u geometriji nije bilo grešaka, navezena je na rampu po kojoj je skliznula na svoje mesto po obodnom zidu odeljka za projekcije. Unutrašnja površina kupole je obrađena gitom i obojena u belo, tako da bez odstupanja od tražene geometrije besprekorno služi projekcijama nebeskog svoda. Ukupna masa ove jako ekonomične kupole je oko 300 kg. Prema našim statičkim analizama, koje smo sproveli u međuvremenu, uz povecanje debljine zida sa 3.00 na 5.00 mm ovakva kupola bi mogla biti raspona do 20.00 m. Danas, u svetu, postoji veliki broj Planetarijuma (samo u Tokiju 20). Prema nekim saznanjima do kojih smo došli u toku izvođenja radova, ovo je verovatno jedna od retkih, ako ne i jedina, kupola ovakve vrste u svetu.

Nadstrešnica nad terasom restorana „Dali“ u Podgorici, Crna Gora

Po konstrukciji od lepljenog lameliranog drveta, koju čine radijalno orijentisani rogovi od lepljenog lameliranog drveta, oslonjeni po obimu poslovnog objekta u kome je smešten restoran „Dali“ sa jedne strane, i na stubove po obodu terase, postavljene



a



b

Sl. F.7a,b. Segmenti cilindrične površi od poliestera nad terasom restorana „Dali“ u Podgorici



Sl. F.8. Proizvodnja cilindričnih koruba za krov nad restoranom „Dali“ u Podgorici



Sl. F.9. Kupola od poliestera nad osnovom prečnika D = 4.00 m

su korube od poliestera kao sekundarna krovna konstrukcija i, jednovremeno, kao krovni pokrivač. Forma koruba u lepezastom rasporedu čini ovaj objekat veoma atraktivnim, što je od velikog interesa investitora. Korube su izlivene u Šapcu u privatnoj radionici proizvođača sanitarnih uređaja za kupatila, a po šablonu koji je napravljen u radionici LKV Centra u Beogradu.

Poliesterska kupola na krovu poslovno-stambenog objekta u Beogradu

Na poslovno-stambenom objektu u Beogradu, na uglu ulica Takovske i Dalmatinske, izvedena je krovna konstrukcija od drveta i lepljenog lameliranog drveta oko centralnog betonskog stepeničnog jezgra, nad kojim je montirana mala kupola od elemenata poliestera nad osnovom prečnika D = 4.00 m. Kupolu čini osam režnjeva, izlivenih u radionici, dopremljenih na gradilište i spojenih u celinu na trotoaru oko objekta. Cela kupola je podignuta kranom, postavljena na predviđenu poziciju i vezana za obodni prsten, čime je obezbeđena njena stabinost pri dejstvu vetra. Svi principi projektovanja i provere naprezanja za poliester debljine t = 3.00 mm provedeni su po postupku koji je kreiran za polusferu na Planetarijumu u Novom Sadu.

MODEL VETROGENERATORA EOLAQUA

Dugi niz godina me je opterećivala ideja o izgradnji vetrogeneratora – vetrenjače, koja će se okretati pod dejstvom vetra oko jedne vertikalne ose. O ovoj vetrenjači sam maštao, i prvi mali model smo napravili moj kolega i prijatelj Kokan Mandić i ja tokom moje posete njemu u Bocvani, u Africi. Napravili smo mali model koji je pokazao da se treba baviti ovom idejom, ali sam ja tek pre dve godine uspeo da napravim dovoljno veliki prototip na kome sam mogao da proverim celishodnost ideje, jer u današnje vreme, kada je svet zahvatila sveopšta ekonomska kriza, a posebno kriza energije, javlja se potreba za njenim alternativnim izvorima.

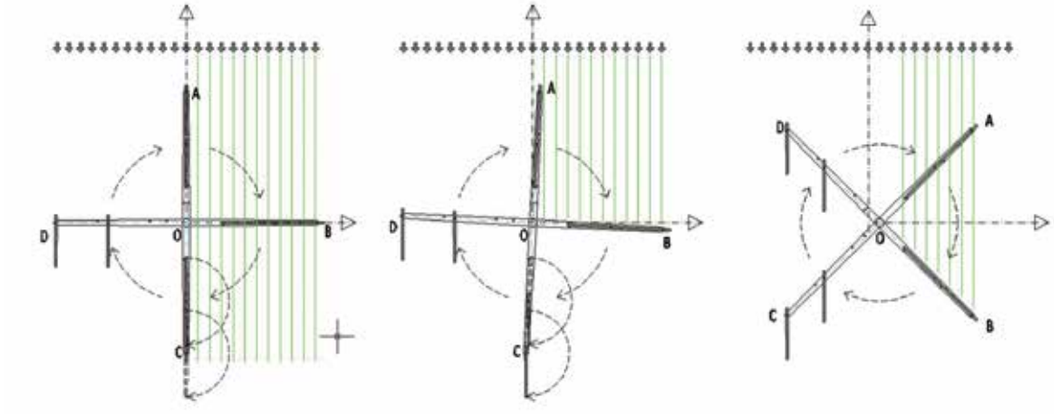
Energija koju koristimo na ovoj planeti je sve skuplja i maksimalno se eksploatiše − naročito sirova nafta, zemni gas, ugalj i ostali fosilni energenti. Stručnjaci prognoziraju da ćemo ih, ovakvim tempom eksploatacije, potrošiti u narednih 50−100 godina. Takvom potrošnjom ovih goriva, zbog sve većeg rasta populacije i sve većih potreba za energijom, doveli smo u pitanje opstanak života na planeti. Sagorevanjem fosilnih goriva emituju se ogromne količine ugljendioksida kojim se utiče na promenu klime na zemlji. Ovi energenti (nafta, ugalj...) su najveći zagađivači atmosfere i životne sredine. Znamo i to da će ovim današnjim tempom potrošnje fosilnih goriva u utrobi zemlje ostati veliki prostori iscrpljenih ležista koja su bila pod visokim pritiskom. Taj pritisak sprečavao je mešanje sa ostalim elementima, kao što je vulkanska lava koja dostiže ogromne pritiske i temperature. Pored toga, iscrpljivanje velikih količina goriva iz utrobe zemlje neminovno izaziva i tektonske poremećaje. Ovim problemima bave se stručnjaci kao što su: seizmolozi, vulkanolozi, rudari i drugi. Navedenim primerima autor je hteo da naglasi da se pogonska goriva i pogonska energija moraju tražiti u alternativnim izvorima, koji su obnovljivi i koji ne zagađuju atmosferu. Prema vrsti energenta, danas razlikujemo nekoliko vrsta energija koje su u upotrebi: hidroenergija, toplotna energija, atomska energija, sunčeva energija, energija vetra. Hidroenergija je najčistija i najisplativija od svih danas upotrebljivih energija. Jedino nastaje problem kada naiđu suše usled nedostatka kiše, pa padne nivo u akumulacionim jezerima. U hidroelektranama se koristii velika potencijalna energija pomoću zaustavljene vode branama različite konstrukcije. Toplotna energija je energija dobijena sagorevanjem nafte, gasa, uglja. Ta energija se koristi za pokretanje toplotnih motora sa unutrašnjim sagorevanjem, turbomotora... Energija sunca se još uvek koristi u malim količinama. Energija vetra takođe je malo iskorišćena u odnosu na ostale resurse. Energija dobijena snagom vode ili vetra je najčistija i najjeftinija. Pored sunčeve energije, ovi izvori energije su obnovljivi i neiscrpni.

Rešenje ovog agregata uskladio sam sa bazom podataka dobijenih od aeronautičkih stručnjaka. Prema tim podacima na 30.00 m iznad površine zemlje uvek ima strujanja vazduha. Zbog toga sam se pozabavio razvojem relativno jednostavne i lagane konstrukcije koja će moći bez problema da se instalira na mestima gde postoji kontinualno strujanje vazduha. Pored toga, konstrukciju sam osmislio tako da može da se postavlja i u vodotokove i da efikasno iskorišćava energiju vodenih struja. Prema ovom idejnom rešenju uspeo sam da napravim funkcionalni model (prototip) koji se danas nalazi u eksperimentalnoj eksploataciji i koji savršeno funkcioniše. Ovom originalnom idejnom rešenju neophodan je dalji razvoj i usavršavanje, izrada detaljnih proračuna i izrada tehničke dokumentacije, koja će omogućiti serijsku proizvodnju agregata, nephodnu za masovnu upotrebu. Verujem da će i ovaj uređaj, kao mnogi u istoriji, biti unapređivan i poboljšavan raznim inovacijama, što će ga učiniti još rentabilnijim i ekonomičnijim.

Ovo moje rešenje odnosi se na agregat za prihvatanje energije vetra i vodenih tokova, i za distribuciju tako preuzete energije. Predmetni agregat komercijalno je nazvan EOLAQUA. Idejni koncept agregata zasniva se na principu promene geometrije udarne površine osnovnog elementa jedra pri njegovoj rotaciji u horizontalnoj ravni, i stvaranju različitog intenziteta pritiska fluida u zavisnosti od pozicije jedra u prostoru. Agregat čini sistem ver-

tikalnih kolona n i horizontalnih nizova m jedara, kojima je omogućena kontrolisana lokalna rotacija oko sopstvene vertikalne ose rotacije i globalna rotacija oko centralne vertikalne ose sistema agregata. Jedro je kruti ili elastični površinski element i može imati oblik svake geometrijske slike. Lokalnom vertikalnom osom rotacije, koja leži u toj ravni, površina slike je podeljena na dva nejednaka dela podjednake mase. U horizontalnom preseku, upravnom na lokalnu osu rotacije, jedro može imati aerodinamični oblik. Jedro slobodno rotira u neaktivnoj zoni fluida oko svoje vertikalne ose do momenta oslanjanja na graničnik pri prelasku u aktivnu zonu fluida. Prostim naleganjem na graničnik onemogućena je lokalna rotacija jedra oko lokalne ose, ali ne i oko centralne vertikalne ose rotacije.

Lokalne vertikalne ose rotacije jedra se nalaze na horizontalnim radijalno postavljenim pravcima iz centralne ose. Radijalni pravci međusobno zaklapaju podjednake uglove β. Radijalnih pravaca mora biti više od dva i oni formiraju nizove horizontalnih ravni po visini centralne ose. Sistem agregata može imati najmanje dve horizontalne ravni između kojih se nalaze stacionirana jedra. Osnovni princip rada ovako kreiranog agregata se zasniva na nejednakom intenzitetu otpora, koji se stvara pritiskom fluida, pri strujanju, na različite površine jedra, što izaziva rotaciju sistema agregata oko centralne vertikalne ose. U neaktivnom sektoru dejstva fluida, jedru nije sprečena rotacija oko lokalne ose i ono zauzima najpovoljniji položaj pri kome je pritisak fluida na jedro najmanji (položaj vetrokaza). U aktivnom sektoru dejstva fluida jedro, zbog oslanjanja na graničnik, gubi slobodu lokalne rotacije i punom površinom jedra, ali pod različitom uglovima, pruža otpor fluidu. Budući da je otpor kretanju fluida proporcionalan udarnoj površini kolone jedara na koju fluid deluje, sistem međusobno povezanih jedara različitih udarnih površina, radijalno stacioniranih oko centralne ose, izazvaće rotaciju takvog sistema. U kritičnom položaju, kada jedro napušta aktivnu zonu, prinudno, pod dejstvom fluida, sa druge strane, jedro/lopatica rotira za 180° i zauzima položaj vetrokaza.



Sl. F.10. Princip rada vetrogeneratora tipa EOLAQUA



Sl. F.11.Prototip vetrogeneratora tipa EOLAQUA

Efikasnost agregata EOLAQUA u prihvatanju energije strujanja fluida, i distribucije te energije korisnicima, se ogleda u primenjenom principu automatske promene udarne površine osnovnog elementa sistema – jedra u zavisnosti od položaja u odnosu na pravac strujanja fluida. Po primenjenom principu, jedno jedro u dva različita položaja pruža veoma različit otpor strujanju fluida, od minimalnog, skoro zanemarljivog, u neaktivnoj zoni do maksimalnog, po punoj površini jedra, u sektoru aktivne zone dejstva fluida. Princip rada ovog agregata, po performansama, ne može se porediti ni sa jednim od postojećih sistema vetrogeneratora, koji rotiraju oko horizontalne ili vertikalne ose, jer predstavlja agregat koji pogodnim brojem, veličinom i geometrijom površine, i međusobnim rasporedom jedara u kolonama m duž više od dve radijalne ose i u više nizova n po visini centralne ose, preuzima značajnu energiju fluida pri njegovom dejstvu na punu udarnu površinu kolone jedara. Tom prilikom, pravac dejstva fluida ili promena pravca strujanja fluida nema nikakvog uticaja na stepen preuzimanja i distribucije energije.

Agregat EOLAQUA ima široko područje primene u korišćemju potencijalne energije fluida pri strujanju - energije vetra i energije vodotokova. Izložen intenzivnom strujanju vazduha ili porinut u tokove reka ili morskih struja, sistem može ekonomično preuzimati potencijalne energije tih fluida, i mehanički povezan sa različitim tipovima generatora može predstavljati neiscrpan izvor energije. Agregat EOLAQUA karakteriše izuzetna jednostavnost i ekonomičnost konstrukcije. Spretno orijentisanim metalnim nosačima poprečnog preseka “C”, radijalno postavljenim po pravcima u horizontalnim ravnima, a koji nose jedra i prenose rotaciju na centralnu osu rotacije, ceo sistem se ponaša kao anemometar i pozitivno utiče na povećanje intenziteta obrtnog momenta agregata. Balansiranjem jedara i dopunskim tegovima, povećana masa agregata, zbog inercije, ujednačava brzinu rotiranja sistema pri iznenadnim udarima fluida. Gabariti konstruktivnog sistema agregata povećavaju efikasnost sistema ne stvarajući buku, što ima veoma veliki ekološki značaj u očuvanju životne sredine. Primenjeni materijali za gradnju agregata EOLAQUA su tkanine različitog porekla, sintetički materijali, drvo i metal. Sigurnost konstrukcije agregata EOLAQUA tokom eksploatacije može se regulisati ugradnjom fleksibilnih graničnika, koji se isključuju pri povećanim brzinama vetra, kada sva jedra u aktivnoj zoni prelaze u položaj vetrokaza, tako da sistem ne rotira. Baterije agregata EOLAQUA u triangulisanom rasporedu, na primer, na prostorima intenzivnog dejstva vetra ili porinuti u vodene tokove, predstavljaju svojevrsne centrale za ekonomično prihvatanje i distribuciju prihvaćene energije bez ikakvog uticaja na promenu ekološke slike sredine u kojoj funkcioniše.







4

EPILOG

4 /// EPILOG

Ako se zapitam da li sam uspeo u naporu da se kosntrukcije u drvetu pedantno oblikuju, a pod oblikovanjem podrazumevam sveobuhvatnu projektantsku akciju, od analize ideje o primeni konstruktivnog sistema do kreiranja veza i nastavaka štapova, preko detaljne statičke analize i analize transporta i montaže, uveravam sebe da sam uspeo. Ako nas, nekolicinu arhitekata i inženjera, koji smo razvijali savremenu tehnologiju gradnje drvetom, nazovem pobornicima te tehnike, onda danas imamo opet malu, ali snažnu i spretnu grupu arhitekata i inženjera, koje slobodno mogu nazvati sledbenicima te tehnike. Ja poznajem najmanje četiri grupe nosilaca projektovanja savremenih drvenih konstrukcija čijim se rezultatima rada iskreno divim. Pa evo njih i njihovih dela:

/// SLIKE 1-6

Najpre, meni najdraža grupacija projektanata i izvođača radova, tehnička ekipa LKV Centra, koju vodi inž. Dragan Nikić. To su moji najbliži saradnici, inficirani mojim projektantskim virusima i kad me obraduju lepom kreacijom u konstrukcijama, veoma sam srećan. To je znak da sam bio dobar učitelj onima koji sada rade bolje od mene.

/// SLIKE 7-11

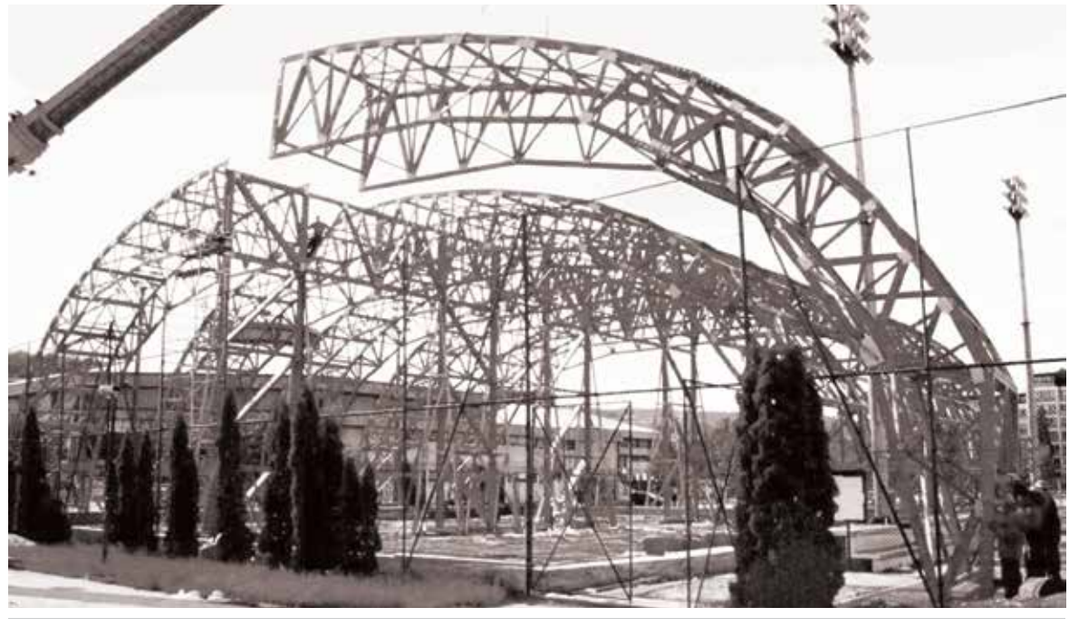
Na planu lepljenih lameliranih kostrukcija Preduzeće Piramida iz Sremske Mitrovice, na čijem je čelu inž. Čedo Andrić, pravi izvanredne pomake napred u kreiranju, proizvodnji i fantastično preciznoj montaži tih konstrukcija. Mnogi od izvedenih objekata mogu da konkurišu za najbolja godišnja konstruktorska ostvarenja. Posebno priznanje odajem konstrukciji Sportske dvorane u Inđiji (slika 8).

/// SLIKA 12

Projektnu kuću MEGA+ već dve decenije vodi vrsni konstruktivac arh. Dragan Nikolić. Započeo je profesionalnu karijeru kao konstrukter u Projektnom birou Jugodrva u Beogradu, i, naravno, "od malih nogu" je zadojen projektovanjem drvenih struktura. Njegova vrsna kreacija, između brojnih drugih, je krovna konstrukcija nad pokrivenim plivačkim bazenom u Gornjem Milanovcu (slika 12).

U četvrtu grupu sjajnih sledbenika uvrštavam moje drage mlađe kolege sa Univerziteta. Moji bliski saradnici, nekada moji asistenti na predmetima iz oblasti drvenih konstrukcija, koje sam vodio kao profesor na Arhitetonskom fakultetu, i saradnici na projektovanju i razvoju LKV sistema, su doc. dr Žikica Tekić, dipl. inž. arh., i, takođe, dipl. inž. arh., asist. mr Saša Đorđević. Obojica rade u nastavi na Arhitektonskom fakultetu u Beogradu. Koleginica doc. dr Tatjana Kočetov Mišulić, dipl. inž. građ., predaje na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Vrsni je teoretičar iz oblasti drvenih konstrukcija i veoma vredan univerzitetski nastavnik. Prof. dr Boško Stefanović, dipl. inž. građ., je ponikao na Katedri za drvene konstrukcije Građevinskog fakulteta u Beogradu, kao asistent prof. dr Milana Gojkovića. Uvek je bio na izvoru izuzetnih informacija iz oblasti primene drveta u konstrukcijama. U organizacionom pogledu ima mnogo uspeha. Danas je direktor Instituta za materijale i konstrukcije Građevinskog fakulteta Univerziteta u Beogradu. To je jedna sjajna ekipa stručnjaka u naponu snage, koja će unaprediti teoriju i praksu iz oblasti primene drvenih konstrukcija u arhitekturi i građevinarstvu.

I tako, na kraju moje priče verujem u to da će struka i teorija te struke napredovati, i da ćemo biti sve bolji i bolji projektanti, konstrukteri, proizvođači i montažeri savremenih drvenih konstrukcija, i da će struku ovi mladi ljudi podići na svetski nivo, naravno sa sledećom generacijom sledbenika, ovog puta, njihovih sledbenika.



Sl.1. Teniska dvorana u Boru – kreacija LKV Centra





Sl.2. Teniska dvorana u Boru – kreacija LKV Centra





Sl.3. Trobrodni mansardni krov u Podmoskovlju, Rusija – LKV Centar



Sl.4. Usavršeni sistem dvozglobnog luka na teniskoj dvorani u Smederevskoj Palanci



Sl.5. Mansardni krov sa lanternom na stambeno-poslovnom objektu u Vinči



Sl.6. Filigranska konstrukcija krova hotela u Borči





Sl.7. Besprekorna obrada spojeva u LLD konstrukciji



Sl.8. Konstrukcija Sportske dvorane u Inđiji u toku montaže



Sl.9. Pešačka pasarela hotela u Bečićima



Sl.10. Krovna konstrukcija pokrivenog bazena u Kragujevcu

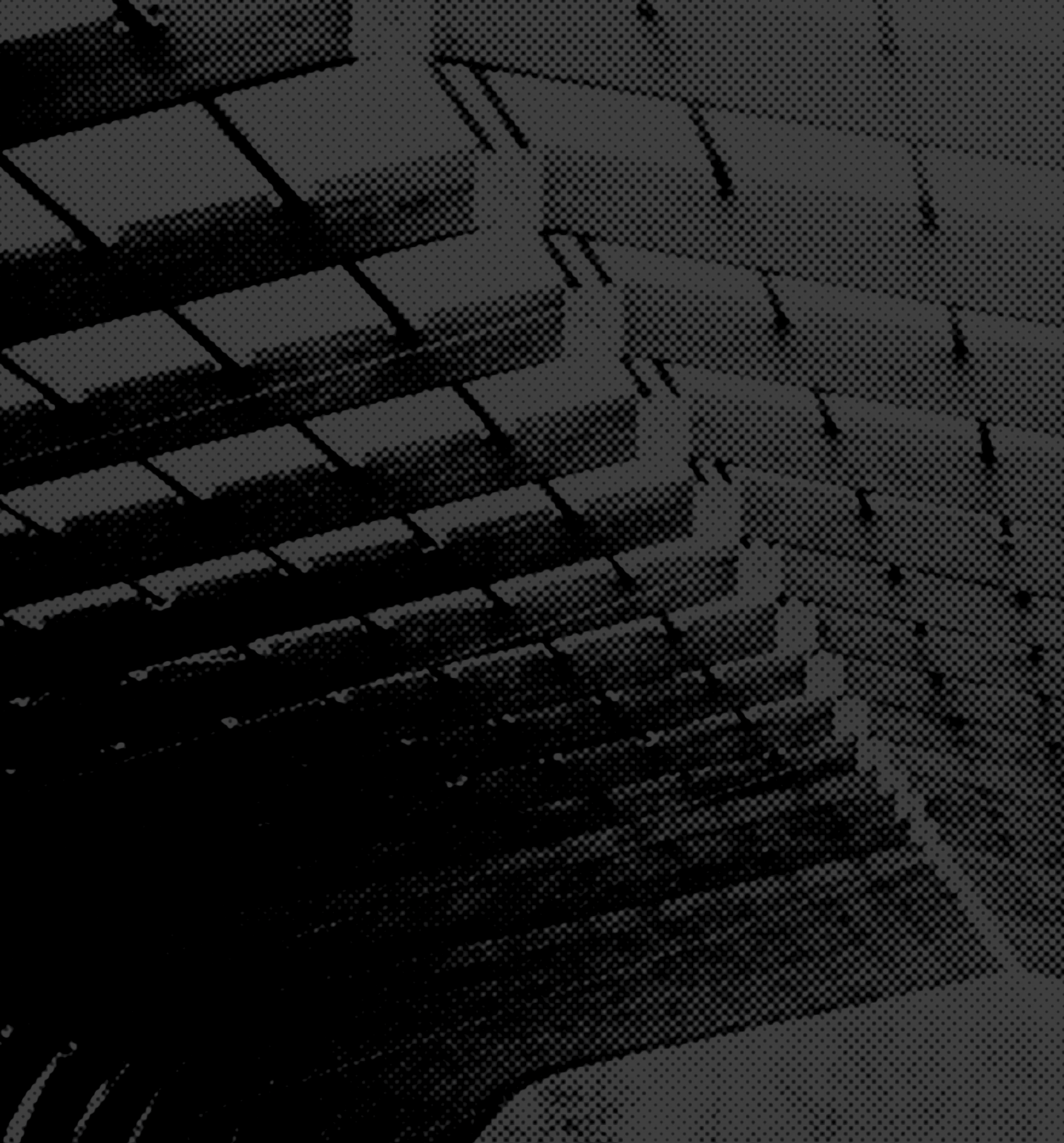


Sl.11. Pešački most u Niškoj Banji





Sl.12. Montaža krovne LLD konstrukcije na plivačkom bazenu u Gornjem Milanovcu





5

GENERALIJE

5 /// GENERALIJE

AUTOBIOGRAFIJA

Rođen sam 1941. godine u Beloj Palanci, gde sam završio osnovnu školu i gimnaziju. Školske 1960/61. godine upisao sam studije na Arhitektonskom fakultetu Univerziteta u Beogradu i diplomirao 1964. godine na Konstruktorskom odseku tog fakulteta. Po odsluženju vojnog roka, početkom 1966. godine, zaposlio sam se u Institutu za arhitekturu i urbanizam Srbije, kao saradnik na projektovanju i izradi projekata konstrukcija arhitektonskih objekata. Marta 1968. godine izabran sam za asistenta na Katedri za statiku konstrukcija Arhitektonskog fakulteta u Beogradu. Poslediplomske studije sam pohađao na Građevinskom fakultetu u Beogradu. Tokom 1976/77. godine uspešno sam obavio petomesečnu specijalizaciju iz oblasti projektovanja savremenih drvenih konstrukcija u institutu Centre Technique du Bois u Parizu. Odlukom Naučno-nastavnog veća Arhitektonskog fakulteta u Beogradu, realizacija projekta Salon nameštaja „Novi dom“ u Zrenjaninu ocenjena je kao značajno stručno-umetničko ostvarenje, na osnovu čega sam stekao verifikaciju stručno-umetničkih ostvarenja iz domena Konstruktivnih sistema u drvetu i bio izabran u nastavničko zvanje docenta na predmetu Konstruktivni sistemi − Posebni problemi konstruisanja. Na Arhitektonskom fakultetu u Beogradu jula 1987. godine odbranio sam doktorsku tezu pod naslovom „Primena industrijalizovanih montažnih sistema sa aspekta racionalizacije gradnje drvenih krovnih struktura“, čime sam stekao zvanje doktora arhitektonskih nauka. Tokom 1988. godine izabran sam u zvanje vanrednog profesora, a tokom 1992. godine u zvanje redovnog profesora na Katedri za statiku konstrukcija Arhitektonskog fakulteta u Beogradu na predmetu Metalne i drvene konstrukcije. Nastavu izvodim i na posledoplomskom kursu Poljoprivredni objekti, kao rukovodilac kursa, i na kursu Konstruktivni sistemi u arhitekturi kao učesnik u nastavi. Aktivno, kao mentor, učestvovao sam u izradi i odbrani brojnih diplomskih zadataka i više magistraskih i doktorskih teza. Na predlog Naučno-nastavnog veća Arhitektonskog fakulteta izabran sam 2001. godine za redovnog člana Inženjerske akademije Srbije u Odeljenju za arhitekturu, građevinarstvo i geodeziju. Član sam Saveza arhitekata Srbije, Društva arhitekata Beograda, počasni član Društva građevinskih inženjera Beograda, član Inženjerske komore Srbije (licence 300 i 301). U preduzeću LKV CENTAR d.o.o. iz Beograda sam na dužnosti savetnika za projektovanje konstrukcija. U Ministarstvu za kapitalne investicije, u četiri mandata, vodio sam Komisiju za reviziju projekata za koje građevinsku dozvolu izdaje to Ministarstvo. Primeni savremenih drvenih konstrukcija na planu arhitektonskog inženjerstva doprineo sam uvođenjem studija ovih sistema u redovnu i poslediplomsku nastavu na Arhitetkonskom fakultetu Univerziteta u Beogradu. Vodio sam ili sarađivao u radu na realizaciji više naučnoistraživačkih projekata iz oblasti stanovanja i prefabrikovane gradnje arhitektonskih objekata primenom proizvoda drvne industrije poverenih Arhitektonskom fakultetu. Autor sam više objavljenih knjiga i udžbenika iz oblasti projektovanja konstrukcija u drvetu, više desetina objavljenih monografija, objavljenih ili saopštenih stručnih i naučnih članaka, referata i saopštenja. Takođe sam autor više patenata, tehničkih i tehnoloških unapređenja, projekata od posebnog značaja i specijalizovanog softvera u oblasti projektovanja konstruktivnih sistema. Iz oblasti arhitektonskog konstrukterstva imam više značajnih priznanja i nagrada. Uvršten sam 1999. godine u „Leksikon srpskih arhitekata 19. i 20. veka“ autora Z. Manevića.

Prilažem podatke o značajnijim studijama, idejnim i glavnim projektima izvedenih i neizvedenih objekata sa konstrukcijom u drvetu i lepljenom lameliranom drvetu.

IZVOD IZ SPISKA STUDIJA, PROJEKTOVANIH I IZVEDENIH, ZNAČAJNIJIH KONSTRUKTIVNIH SISTEMA OBJEKATA U LEPLJENOM LAMELIRANOM DRVETU

1. Projekat konstrukcije nadstrešnice nad gledalištem sportskog stadiona u Gornjem Milanovcu
2. Krovna konstrukcija Doma kulture i sportova u Obrenovcu
3. Prodajni salon nameštaja Novi dom u Ćupriji
4. Prodajni salon nameštaja Novi dom u Zrenjaninu
5. Školsko-gradska sportska dvorana u Kaću, raspona 29.20 m
6. Školsko-gradska sportska dvorana u Novom naselju u Novom Sadu, raspona 29.20 m
7. Školsko-gradska sportska dvorana Jožef Atila u Novom Sadu, raspona 29.20 m
8. Školsko-gradska sportska dvorana u Kostolcu, raspona 29.20 m
9. Školsko-gradska sportska dvorana u Podravskoj Slatini, raspona 29.20 m
10. Školsko-gradska sportska dvorana u Kačarevu, raspona 29.20 m
11. Školsko-gradska sportska dvorana u Adi, raspona 29.20 m
12. Školsko-gradska sportska dvorana u Županji, raspona 29.20 m
13. Školsko-gradska sportska dvorana u Livnu, raspona 29.20 m
14. Školsko-gradska sportska dvorana u Kosjeriću, raspona 29.20 m
15. Školsko-gradska sportska dvorana u Zaboku, raspona 29.20 m
16. Školsko-gradska sportska dvorana Obrazovnog centra Jovan Skerlić u Vladičinom Hanu, raspona 29.50 m
17. Gradsko-školska sportska dvorana u Mojkovcu, raspona 31.50 m
18. Krovna konstrukcija Sportske dvorane GŠC u Osijeku
19. Krovna konstrukcija nad sportskom dvoranom, bazenom i bioskopskom salom u Školi

ambasade SSSR u Novom Beogradu
20. Robna kuća Jasikovac u Ivangradu
21. Kuća na Tari – objekat posebne namene (predsednička rezidencija, zatim muzej)
22. Projekat pokrivenog plivačkog bazena u Ivangradu
23. Restoran društvene ishrane GAJ u Podravskoj Slatini
24. Restoran društvene ishrane Suvača u Novom Bečeju
25. Dečja ustanova u Smederevskoj Palanci. Objekat je nagrađen za arhitektonski izraz na Salonu arhitekture u Beogradu
26. Servisna hala Lasta u Smederevskoj Palanci
27. Centar mesne zajednice u Voćinu
28. Regalno skladište RO Duhan u Podravskoj Slatini
29. Informativni centar u okviru Memorijalnog kompleksa Kadinjača na Kadinjači
30. Osnovna škola u Radincu
31. Vidikovac na Kusjaku
32. Plivački bazen u okviru hotelskog kompleksa Lepenski vir u Donjem Milanovcu
33. Sportska dvorana u Gostivaru
34. Dečja ustanova Dardanija u Prištini
35. Farma za 1.200 krava u Retkovcu
36. Sportska dvorana u Pitomači
37. Proizvodna hala Gaj u Podravskoj Slatini
38. Farma za uzgoj junadi na Manjači kod Banja Luke
39. Farma za uzgoj junadi u Karađorđevu
40. Fabrika sirćetne kiseline Segestica u Sisku
41. Skladište suhe građe GAJ u Podravskoj Slatini
42. Konstrukcija industrijske nadstrešnice nad sušarom u Voćinu
43. Pešački most u Bugojnu
44. Pešački most u Čortanovcima
45. Pešački most na Plitvicama
46. Most poezije – pešački most u Strugi
47. Gradsko-sportska dvorana u okviru Građevinskog školskog centra u Strugi
48. Realizacija skulpture Lesnina u Ljubljani, visine 10.00 m
49. Idejni projekat sportske dvorane u Limožu, Francuska
50. Projekat konstrukcije fabrike sira u Parizu
51. Skladište suhe građe u Voćinu
52. Idejni projekat natkrivanja klizališta u Smederevu
53. Skladište preduzeća Export-import u Osijeku
54. Skladište vodoprivredne organizacije u Osijeku
55. Remontna hala Transportnog preduzeća Panonija u Osijeku
56. Industrijsko skladište INA u Kutini
57. Projekat pokrivenog bazena ZRC u Zdencima
58. Idejni projekat Sportskog centra u Bugojnu
59. Idejni projekat nadstrešnice nad Hipodromom u Beogradu
60. Idejni projekat nadstrešnice nad gledalištem Stadiona Crvene zvezde u Beogradu
61. Skladište Kofeniksa u Kosijeriću
62. Rekonstrukcija krova Doma kulture u Loznici
63. Projekat novog Doma kulture u Loznici
64. Idejni projekat konstrukcije natkrivanja sportskog centra Kale u Skoplju
65. Glavni projekat nadstrešnice nad gledalištem stadiona u Makarskoj
66. Glavni projekat sportskog centra u Bečeju
67. Skladište kalijum-sulfata INA u Kutini
68. Skladište superfosfata INA u Kutini
69. Idejni projekat hala distributivnih centara u Grčkoj
70. Glavni projekat tipskog skladišta komponenata veštačkog đubriva GAJ
71. Projekat Samačkog hotela na Tari
72. Projekat kompleksa kuća za odmor na Tari
73. Proizvodne hale Slatinka u Podravskoj Slatini
74. Projekat konstrukcije teniske dvorane, pokrivenog bazena i solarijuma u okviru hotela Grand na Kopaoniku
75. Projekat konstrukcije za sportsko-rekreacioni centar Junior u Brzeću
76. Idejni projekat natkrivanja arheološkog nalazišta Lepenski Vir
77. Rekonstrukcija oštećene drvene kupole na Srpskom domu u Sremskoj Mitrovici
78. Rekonstrukcija kupole zgrade RTV u Beogradu
79. Projekat rekonstrukcija i dogradnja zgrade klinike ORL u okviru Kliničkog centra u Beogradu
80. Rekonstrukcija krova studentskog doma Lola u Beogradu
81. Krovna konstrukcija Evangelističke metodističke crkve u Šidu
82. Projekat sanacije objekta i sanacije konstrukcije Sportske dvorane Ada u Ćupriji, oštećene tokom NATO agresije
83. Sportska dvorana u okviru Svetosavskog doma u Kaću, raspona 35.00 m
84. Idejni projekat Prodajnog salona Gaj u Zemunu
85. Projekat konstrukcije sportske hale u Resenu, Makedonija
86. Projekat konstrukcije krova poslovne zgrade Agroplod u Resenu
87. Projekat skladišta Oteksa u Ohridu
88. Remontna radionica Dunavprevoz u Bačkoj Palanci
89. Hala za negu vozila Dunavprevoz u Bačkoj Palanci
90. Dogradnja Doma zdravlja Stari grad u Beogradu
91. Dogradnja Doma zdravlja u Rumi
92. Dogradnja dva bloka u Studentskom domu u Košutnjaku u Beogradu
93. Hangar za poljoprivredne mašine i magacin veštačkog đubriva u Podravskoj Slatini
94. Idejni projekat sekundarne strukture hangara u Batajnici
95. Idejni projekat hangarskih vrata na aerodromu u Batajnici
96. Projekat dogradnje i adaptacije potkrovlja stambenog bloka u Zemunu
97. Projekat konstrukcije objekata recepcije i restorana hotela u Kubanu, SSSR
98. Krovna struktura nad atrijumom Biblioteke grada Beograda
99. Paviljon Arboretum u Lisičini na Papuku
100. Konstrukcija Kuće jugoslovensko-norveškog prijateljstva u Gornjem Milanovcu
101. Projekat školskih radionica u okviru Obrazovnog centra u Lebanu - nerealizovan projekat
102. Projekat rekonstrukcije i dogradnje Robne kuće u Lebanu
103. Gradski pešački most preko reke Jablanice u Lebanu
104. Pešački most preko reke Jablanice u industrijskoj zoni Lebana
105. Pešački most preko reke Jablanice u prigradskom naselju Lebana
106. Konstrukcija manježa ergele Zobnatica u Bačkoj Topoli
107. Dom kulture u Gadžinom Hanu
108. Dom kulture u Medveđi
109. Projekat Doma kulture u Golupcu - nerealizovan projekat
110. Rekonstrukcija Upravne zgrade Šumskog gospodarstva u Slavonskoj Požegi
111. Pešački most preko reke Orljave u Slavonskoj Požegi
112. Krovna konstrukcija restorana Mc Donalds na Slaviji u Beogradu
113. Robna kuća Jugodrvo u Obrenovcu
114. Kompresorska stanica u Fabrici katodnih cevi u Valaškim Mezeržičima
115. Proizvodna hala u Fabrici katodnih cevi u Valaškim Mezeržičima, ČSSR
116. Idejni projekat sportske dvorane u Ankoni, Italija
117. Idejni projekat natkrivene pešačke pasarele preko autoputa kod Krivolačke ulice u Beogradu
118. Studija gradskih pešačkih pasarela u Južnom Jemenu
119. Studija konstruktivnog sistema sportske dvorane za 12.000 gledalaca u Kairu (koprojektanti prof. M. Gojković, asist. B. Stevanović)
120. Studija konstruktivnog sistema tipske sportske dvorane za 5.000 gledalaca u Egiptu (koprojektanti prof. M. Gojković, asist. B. Stevanović)
121. Projekat Robne kuće Jugodrvo u Barajevu
122. Katolički obrazovni centar u Ulan Batoru, Mongolija
123. Glavni projekat krovne konstrukcije proizvodnih hala Staklopan u Novom Beogradu
124. Glavni projekat sportske dvorane u Kolašinu
125. Glavni projekat sportske dvorane u Dobanovcima
126. Glavni projekat sportske dvorane Adecon u Rusiji
127. Glavni projekat zatvorenog bazena na krovu poslovno-stambenog objekta u Moskvi
128. Studija realizacije projektovane konstrukcije objekata Sportskog centra u Novoj Varoši
129. Peronska konstrukcija nad Muzejskim kolosekom Železničke stanice Mokra Gora u okviru projekta revitalizacije Šarganske osmice
130. Dom košarke Partizan u Beogradu

131. Sportska dvorana OŠ Duško Radović u Nišu
132. Poslovno-stambeni objekat BBF u Beogradu, Mite Cenića broj 11
133. Krov nad letnjom pozornicom u Čačku
134. Programska studija Sportske dvorane u Platičevu
135. Upravna zgrada preduzeća Građevinar u Donjoj Ratini u Kraljevu
136. Viminacijum, Kostolac, 2003. godina
137. Idejni projekat sportske dvorane u Pirotu, 2003. godina
138. Školsko-gradska sportska dvorana na Ubu
139. Školsko-gradska sportska dvorana u Smederevskoj Palanci
140. Konstrukcija krova Mlečne pijace u Priboju, 2003. godina – izvedeni objekat
141. Sportska dvorana u Milićima, Republika Srpska, BiH
142. Idejni projekat manježa KOCIĆ u Beogradu, 2014. godina

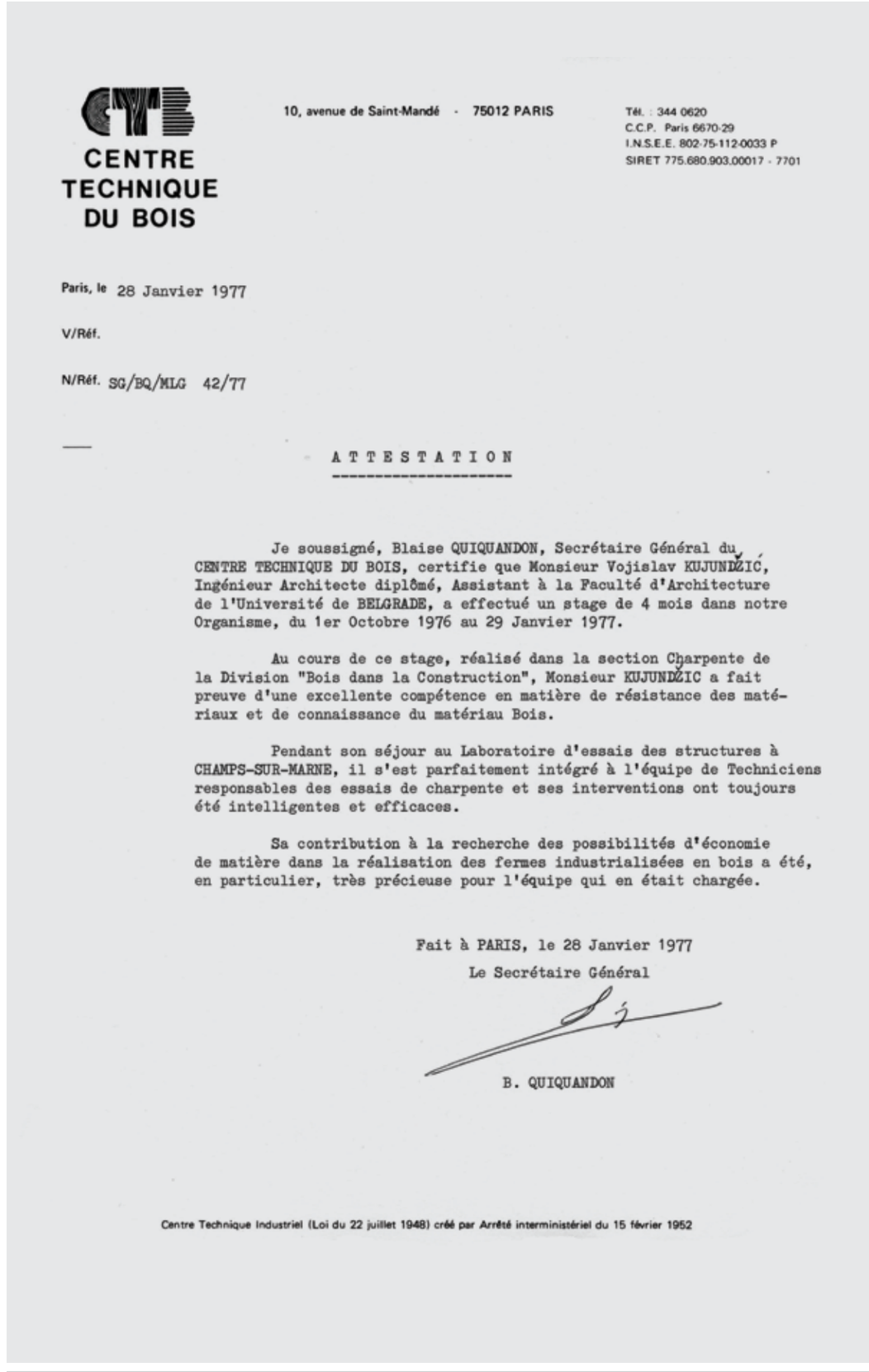
IZVOD IZ SPISKA STUDIJA, PROJEKTOVANIH I IZVEDENIH, ZNAČAJNIJIH KONSTRUKTIVNIH SISTEMA OBJEKATA U SISTEMU LAKIH KROVNIH VEZAČA ZAKLJUČNO SA 2003. GODINOM

1. Nadogradnja potkrovlja I, II, III, i IV bloka u Studentskom gradu na Novom Beogradu
2. Nadogradnja bloka I, II i IV Studentskog doma „Patris Lumumba“ u Beogradu
3. Fiskulturna sala Studentskog doma „4. april“ u Beogradu
4. Stambeni blok Učiteljsko naselje u Beogradu
5. Stambeni blokovi Mesne zajednice Konjarnik (10.000m2)
6. Vojni samački hotel u Beogradu
7. Sanacija ravnih krovova pretvaranjem u kose na objektima PKB Imlek u Padinskoj Skeli (7.500m2)
8. Pretvaranje ravnog krova u kosi na proizvodnoj hali Apatinske Pivare u Apatinu
9. Izgradnja krova nad objektom Agroimpex u Barajevu
10. Nadogradnja stambene kule u Kovinu
11. Rekonstrukcija krova zatvorske bolnice u Kovinu
12. Izgradnja krovova na stambenim objektima na Košutnjaku
13. Izgradnja krova na hladnjači u Arilju
14. Izgradnja potkrovlja i krova stambenog objekta u Zaječaru
15. Rekonstrukcija krova Doma zdravlja u Lazarevcu
16. Dogradnja potkrovlja na hiruškom bloku KBC Dr Dragiša Mišović u Beogradu
17. Izgradnja krova na poslovno-stambenom objektu u Leštanu
18. Rekonstrukcija dela krova na objektu Instituta za biologiju u Beogradu
19. Rekonstrukcija krova nad objektom Centra za multidisciplinarne nauke u Beogradu
20. Stambeni blokovi IVa, IVb i V u Apatinu
21. Rekonstrukcija i dogradnja potkrovlja na stambenim objektima u Smederevu, Bezdanu, Negotinu, Niškoj Banji, Gruži i Beogradu
22. Dogradnja potkrovlja na Domu zdravlja u Beloj Palanci
23. Rekonstrukcija i dogradnja potkrovlja na Vatrogasnom domu u Nišu
24. Potkrovlje na Toplani u Prištini
25. Tržni centar Tošin bunar na NovOM Beogradu
26. Krovna konstrukcija na objektima Agrorazvoja u Nišu
27. Rekonstrukcija krova i dogradnja potkrovlja OŠ Stepa Stepanović u Kumodražu
28. Rekonstrukcija krova i dogradnja potkrovlja OŠ Ljuba Nenadović u Beogradu
29. Rekonstrukcija krova i dogradnja potkrovlja OŠ Milentije Popović
30. Rekonstrukcija krova i dogradnja potkrovlja XIII Beogradske gimnazije u Beogradu
31. Rekonstrukcija krova na Elektrotehničkoj školi Rade Končar u Beogradu
32. Privatna kuća u Pčinjskoj ulici u Beogradu
33. Porodična kuća u naselju Kaluđerica u Beogradu
34. Stambena kuća u Šumatovačkoj ulici u Beogradu
35. Stambeno potkrovlje u Paraćinu
36. Stambeno potkrovlje u Ulici Majora Jagodića u Beogradu
37. Privatna kuća u Ulici Jove Ilića u Beogradu
38. Porodična kuća u naselju Mali Mokri Lug u Beogradu
39. Stambeno potkrovlje u Topolskoj ulici u Beogradu
40. Nadogradnja stambene zgrade kod Kalenićeve pijace u Beogradu
41. Izgradnja krova nad stambenim objektom u Somboru
42. Stambena kuća u Doroslovu
43. Nadogradnje stambene zgrade u Ulici Ignjata Joba u Beogradu
44. Rekonstrukcija krova OŠ Sava Kovačević u Beogradu
45. Sanacija ravnog krova nad stambenim lamelama u Valjevu
46. Sanacija ravnog krova nad Sportskim centrom „Košutnjak“ u Beogradu
47. Sanacija ravnog krova nad blokom stambenih zgrada u Nikšiću
48. Sanacija ravnog krova bloka upravnih zgrada Instituta za kukuruz u Batajnici
49. Sanacija ravnog krova magacina Slobodne carinske zone u Šapcu
50. Sanacija ravnog krova objekta pošte u Rakovici
51. Izgradnja krova nad sportskom halom „Arena“ u Rumi
52. Sportska dvorana za mali fudbal na Bežanijskoj kosi u Beogradu
53. Stambeno potkrovlje nad zgradom u Ulici Rastka Petrovića u Beogradu
54. Dogradnja stambenog potkrovlja u Jevrejskoj ulici u Beogradu
55. Dogradnja salona nameštaja „Šipad“ u Zvorniku
56. Rekonstrukcija poslovnog objekta „Metal“ u Gradiški
57. Rekonstrukcija Mesne zajednice u naselju Braća Jerković u Beogradu
58. Rekonstrukcija bloka garaža u Višnjičkoj Banji u Beogradu
59. Izgradnja krova Mašinske radionice u Surčinu u Beogradu
60. Izgradnja krova nad proizvodnom halom u Surčinu u Beogradu
61. Izgradnja krovova nad magacinima u Novim Banovcima
62. Izgradnja krovova nad magacinima u Subotici
63. Izgradnja krovova nad magacinima u Dobanovcima
64. Igradnja krova nad stovarištem i radionicom u Sopotu
65. Izgradnja krova nad proizvodnom halom u Krnješevcima
66. Izgradnja krova nad proizvodnom halom u Dobanovcima
67. Izgradnja krova nad proizvodnim kompleksom „Gaj holdinga“ u Zemunu
68. Izgradnja proizvodne hale „Djapa company 7“ u Beogradu
69. Izgradnja krovova nad proizvodnim halama Batajnici u Beogradu
70. Izgradnja krova nad proizvodnom halom Sigma Inženjeringa u Smederevskoj Palanci
71. Izgradnja krova nad proizvodnom halom Ritam Inženjeringa u Zemunu, Beograd
72. Izgradnja krova nad proizvodnom halom Dabela u Batajnici, Beograd
73. Izgradnja krova nad proizvodnom halom Osetie u Krnjači, Beograd
74. Izgradnja krova nad proizvodnom halom MUBB-a u Batajnici, Beograd
75. Izgradnja stambenog potkrovlja na stambenoj zgradi Rankom Inženjeringa u Bijeljini, Republika Srpska
76. Izgradnja krova nad magacinskom halom sportske opreme PUMA u Batajnici, Beograd
77. Izgradnja krova nad proizvodnom halom TERMODOMA u Beogradu
78. Izgradnja stambenog potkrovlja na zgradi studentskog doma u Banja Luci, Republika Srpska
79. Izgradnja krova nad proizvodnom halom preduzeća AZZARO u Batajnici, Beograd
80. Izgradnja krovne konstrukcije na izložbenom, poslovno-prodajnom objektu preduzeća Montera u Zemunu
81. Scena za predstavu Opsada crkve Svetog Spasa Narodnog pozorišta u Somboru
82. Stambeno potkrovlje na zgradi u Nišu, kompanija Prosoft
83. Izgradnja krova nad proizvodnom halom industrije nameštaja u Bajmoku
84. Šatorasta hala za potrebe sajma u Bijeljini
85. Sanacija ravnog krova škole u Topoli
86. Krovna konstrukcija objekta Panongradnje u Subotici

87. Izgradnja krova nad proizvodnom halom preduzeća S.R.M.A u Beogradu
88. Izgradnja krova nad proizvodnom halom preduzeća Mega drvo u Bijeljini, Republika Srpska
89. Stambeno naselje Dolina Sunca u Mostaru, Federacija Bosne i Hercegovine
90. Proizvodni objekti preduzeća Zdrava hrana, Mostar, Federacija Bosne i Hercegovine
91. Proizvodni objekat firme Produkt u Pečenjevcima
92. Krovna konstrukcija auto-salona Radulović u Beogradu
93. Krovna konstrukcija zgrade Tehničkog fakulteta, Kosovska Mitrovica
94. Krovna konstrukcija zgrade Medicinskog fakulteta, Kosovska Mitrovica
95. Izgradnja krova nad objektom Panongradnje u Subotici
96. Sportska hala za male sportove u Pionirskom gradu, Beograd
97. Krovna konstrukcija za OŠ „Dobrosav Radosavljević" Majur, Šabac
98. Krovna konstrukcija za OŠ u Draževcu
99. Krovna konstrukcija za OŠ u Stopanji
100. Krovna konstrukcija za OŠ u selu Ba kod Ljiga
101. Krovna konstrukcija za OŠ u selu Dragočaj, Republika Srpska
102. Krovna konstrukcija za OŠ u Sokolcu, Republika Srpska
103. Mansardna krovna konstrukcija nad privatnom kućom, Sremski Karlovci
104. Izgradnja krova nad zdravstvenim centrom „Sveti Luka" u Smederevu
105. Nadogradnja blokova zgrada u naselju Julino brdo, Beograd
106. Sanacija i dogradnja mansardnog krova nad objektima bazena „Kunjak" u Vladičinom Hanu
107. Krovna konstrukcija Univerzitetskog centra u Banja Luci, Republika Srpska
108. Nadstrešnica železničke stanice u Valjevu
109. Sanacija ravnog krova železničke stanice u Glibovcu
110. Sanacija i nadogradnja Univerzitetskog centra u Novom Sadu
111. Sportska hala za male sportove u Obrenovcu
112. Krovna konstrukcija poslovno-izložbenog salona BMW automobila „Radulović" u Beogradu
113. Sportska hala za male sportove „Kolubara invest gradnja" u Beogradu

PREPORUKE I KRITIKE

- Potvrda o obavljenoj specijalizaciji
- Preporuka za izbor u zvanje redovnog profesora
- Priznanje za najbolje konstruktorsko ostvarenje u Srbiji u 1988. godini
- Kandidatura za izbor redovnog člana Jugoslovenske inženjerske akademije
- Predlog kandidature za Oktobarsku nagradu grada Beograda 1989. godine
- Ogledalo kritike



CENTRE TECHNIQUE DU BOIS

10, avenue de Saint-Mandé - 75012 PARIS

Tél. : 344 0620
C.C.P. Paris 6670-29
I.N.S.E.E. 802-75-112-0033 P
SIRET 775.680.903.00017 - 7701

Paris, le 28 Janvier 1977

V/Réf.

N/Réf. SG/BQ/MLG 42/77

ATTESTATION

Je soussigné, Blaise QUIQUANDON, Secrétaire Général du CENTRE TECHNIQUE DU BOIS, certifie que Monsieur Vojislav KUJUNDŽIĆ, Ingénieur Architecte diplômé, Assistant à la Faculté d'Architecture de l'Université de BELGRADE, a effectué un stage de 4 mois dans notre Organisme, du 1er Octobre 1976 au 29 Janvier 1977.

Au cours de ce stage, réalisé dans la section Charpente de la Division "Bois dans la Construction", Monsieur KUJUNDŽIC a fait preuve d'une excellente compétence en matière de résistance des matériaux et de connaissance du matériau Bois.

Pendant son séjour au Laboratoire d'essais des structures à CHAMPS-SUR-MARNE, il s'est parfaitement intégré à l'équipe de Techniciens responsables des essais de charpente et ses interventions ont toujours été intelligentes et efficaces.

Sa contribution à la recherche des possibilités d'économie de matière dans la réalisation des fermes industrialisées en bois a été, en particulier, très précieuse pour l'équipe qui en était chargée.

Fait à PARIS, le 28 Janvier 1977

Le Secrétaire Général

B. QUIQUANDON

Centre Technique Industriel (Loi du 22 juillet 1948) créé par Arrêté interministériel du 15 février 1952

Sl.1. Potvrda o obavljenoj specijalizaciji

Katedri za STATIKU KONSTRUKCIJA
Arhitektonskog fakuiteta u

B e o g r a d u

Prateći direktnim uvidom stručni i naučni razvoj prof. dr Vojislava Kujundžića u obiasti drvenih konstrukcija , sa posebnim zadovoijstvom prediažem Katedri da pokrene postupak za izbor nastavnika u svim zvanjima, na odgovarajućoj grupaciji predmeta, kako bi se pružiia priiika prof.dr Vojislavu Kujundžiću da konkuriše za više zvanje.

Kandidat dr Vojislav Kujundžić, dipi.inž.arh. i vanr. prof. na Arhitektonskom fakuitetu u Beogradu ima sve potrebne kako stvarne tako i formaine usiove da konkuriše za više zvanje. Njegov zapažen rad u struci - preko brojnih projekata i realizacija, pisanih stručnih i naučnih radova, rada na stručnoj iiteraturi, pozitivnog i zapaženog učešća na stručnim skupovima, istraživačkom radu i uopšte na razvoju i afirmaciji savremenih drvenih konstrukcija - izdvaja Vojislava Kujundžića u vrhovnog stručnjaka u ovoj obiasti ne samo u nas, već i šire. Njegove stvaraiačke kreacije u drvenim konstrukcijama, jedinstvene po obiiku i arhitektonskom dizajnu, koncepciji i konstrukcijskim zahvatima, reprezentuju vanstandardna dostignuća jednog zreiog i u stvaraiaštvu piodnog graditeija. Sva njegova ostvarenja vrhune u struci i pozitivno utiču na razvoj ove obiasti gradjenja.

Sav taj njegov rad uzrokovao je brojna društvena priznanja na saionima arhitekture, javnim konkursima, kao i nominacije za najboije konstrukterske ostvarenje Jugosiavije i Oktobarsku nagradu grada Beograda (1988).

Na osnovu napred rečenog, miišijenja sam da dr Vojislav Kujundžić, dipi.inž.arhitekture i vanr.prof. na Arhitektonskom fakuitetu u Beogradu ima sve potrebne usiove za izbor u zvanje redovnog profesora. Nadam se i verujem da će njegov daiji rad u ovoj obiasti struke biti još piodniji i sadržajniji.

Dr Milan Gojković, dipi.inž.gradj.
redovni profesor na Gradjevinskom
fakuitetu u Beogradu, na grupaciji
predmeta DRVENE KONSTRUKCIJE

02.XII.1991.
Beograd

Sl.2. Preporuka za izbor u zvanje redovnog profesora

8.
31. 03 9

Savez društava gradjevinskih konstruktera Jugoslavije
Beograd

Na raspisani konkurs za najbolje ostvarenje u oblasti gradjevinskog konstrukterstva u 1988 godini prispela su dva rada od kojih je naše Društvo proglasilo rad:"Konstrukcija menježa ergele "Zobatnica" u Bačkoj Topoli",čiji je autor Dr.arh.Vojislav Kujundžić,vanredni profesor Arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Beogradu,za najbolje konstruktersko ostvarenje u SR Srbiji za 1988 godinu.

Sa istim ovim radom naše se Društvo prijavljuje na konkurs za najbolje ostvarenje u 1988 godini u Jugoslaviji,a u okviru SDGK Jugoslavije.

U prilogu se dostavlja traženi referat o ovom radu.

Sa drugarskim pozdravom

Predsednik Društva GK SRS
Prof.Gojko Nenadić

Prilog:referat

Sl.3. Priznanje za najbolje konstruktorsko ostvarenje u Srbiji u 1988. godini

ARHITEKTONSKI FAKULTET
UNIVERZITETA U BEOGRADU
01 br. 1099/1-4
23.05.2001.godine,
Beograd,

Na osnovu čl. 134 Statuta Nastavno-naučno veće Arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Beogradu na sednici održanoj 23.05.2001.godine donelo je sledeću

ODLUKU

Kojom se predlaže prof. dr Vojislav Kujundžić za izbor akademika u odelenju inženjerstva za arhitekturu, građevinarstvo i geodeziju JINA - Jugoslovenske inženjerske akademije.

Obrazloženje

Redovni je profesor na predmetu Drvene i metalne konstrukcije na Katedri za statiku konstrukcija. Predaje na Poslediplomskoj nastavi na kursu Konstruktivni sistemi u arhitekturi. Dugi niz godina je bio rukovodilac poslediplomskog kursa Poljoprivredni objekti. Aktivno, kao mentor, učestvuje u izradi diplomskih zadataka kandidata, čiji su zadaci iz oblasti arhitektonskog konstrukterstva.

Autor je više pisanih dela iz oblasti projektovanja konstrukcija u drvetu:
- Oblikovanje struktura u lepljenom lameliranom drvetu, 1983.g.,
- Savremene drvene konstrukcije, 1989.g.,
- Lamlirano drvo, Tehničar III, 1988.g.,
- Metalne i drvene konstrukcije, udžbenik za srednju školu, 1991.m 1995, 1998.god., koautori Mr. D. Tošić,
- Montažne konstrukcije, udžbenik za srednju školu, 1993.god., koautori Mr D.Tošić, M. Turina,

i više desetina stručnih i naučnih članaka, saopštenja i referata.
Učestvovao je u izradi standarda za drvene konstrukcije JUS.UC.9.200 i JUS UC.9.300.

Iz oblasti arhitektonskog konstrukterstva ima više nagrada i priznanja:
- Nagrade Salona arhitekture 1975. i 19988.godine,
- Priznanje Društva građevinskih konstruktera za najbolje konstruktersko ostvarenje u 1988. godini za konstrukciju Manježa Zobnatica, u Bačkoj Topoli,
- Kandidatura za Oktobarsku nagradu grada Beograda za 1989.godinu.
- U Leksikonu srpskih arhitekata 19. i 20. veka, u okviru Encyclopedia architectonice, svrstan je među priznate stvaraoce, Beograda, 1999.godine.

Ima više stotina realizovanih projekata objekata i pešačkih mostova u betonu, čeliku i drvetu, od čega dvadesetak realizovanih objekata sa konstrukcijom u čeliku i lepljenom lameliranom drvetu raspona preko 30.00 m.

Autor je industrijalizovanog sistema Lakih krovnih vezača, uključujući i tehnologiju za industrijalizovanu proizvodnju i prefabrikovanu gradnju tih drvenih krovnih struktura, koja se uspešno primenjuje u LKV fabrikama u Beogradu, Apatinu, Bezdanu, Banja Luci, Nikšiću i Zvorniku.

Katedra smatra da je prof. dr Vojislav Kujundžić svojim radom dao veliki doprinos razvoju savremenih principa projektovanja konstruktivnih sistema u arhitekturi i građevinarstvu, da je takve stavove potvrdio uspešnim realizacijama projekata, da je više od drugih konstruktera, građevinaca ili arhitekata doprineo razvoju i afirmaciji građevinskog drveta ka konstrukcionog materijala i da je na taj način ispunio potrebne uslove za pokretanje postupka isticanja kandidature za izbor akademika Jugoslovenske inženjerske akademije iz Beograda za 2001.godinu.

Dostaviti:
- prof. dr V.Kujundžić,
- Katedri za statiku konstrukcija,
- Arhivi N.N.V.,
- Arhivi

DEKAN
ARHITEKTONSKOG FAKULTETA

Prof. dr Dimitrije Rajić

Sl.4. Kandidatura za izbor redovnog člana Jugoslovenske inženjerske akademije

ARHITEKTONSKI FAKULTET
UNIVERZITETA U BEOGRADU
01 br. 3085/3
13.9.1989.godine
B e o g r a d

Na osnovu čl. 154 Statuta, Nastavno-naučno veće Arhitektonskog fakulteta Univerziteta u Beogradu, na sednici održanoj 13.9.1989.godine, donelo je sledeću

ODLUKU

1. Predlaže se da se Oktobarska nagrada Beograda za 1989.godinu dodeli:
   1. Za najvrednija dostignuća u oblasti arhitektonsko-gradjevinskih ostvarenja prof.dr Vojislavu Kujundžiću za studiju, projekat i realizaciju konstruktivnog sistema Manježa ergele Zobnatica u Bačkoj Topoli.
   2. Za najvrednija dostignuće iz oblasti arhitekture i urbanizma doc.arh. Ratku Karoliću za porodične stambene objekte u naselju "Bežanija" i autorskom timu Zorana Žunkovića,dipl.inž.arh. i Slobodana Raspopovića,dipl.inž.arh. za objekat Robne kuće "Beko" u Knez Mihailovoj ulici u Beogradu.
2. Ovu odluku sa detaljnim obrazloženjima dostaviti Gradskom komitetu za obrazovanje nauku i kulturu.

DEKAN
ARHITEKTONSKOG FAKULTETA
Prof.dr Milan Lazić

Sl.5. Predlog kandidature za Oktobarsku nagradu grada Beograda 1989. godine

НИН

2004 28. maj 1989. 6000 динара

огледало критике

АРХИТЕКТУРА

у врху

(Конструкција мањежа ергеле „Зобнатица" у Бачкој Тополи, арх. Војислава Кујунџића, извођач „Гај" – Подравска Слатина, 1988)

Позната крилатица „Инжењери освајају врхове архитектуре" - којом је Добровић изразио дивљење према савременим конструкцијама признавши им сва својства врхунских архитектонских дела, ових сезона се јавља у нешто измењеном облику, у форми „архитекти освајају врхове инжењерства" Награде на прошлом и овом београдском Салону архитектуре - једна коју је Габријелчич однео за мостове у Љубљани и друга коју је Кујунџић заслужио за конструкцију Зобнатичког мањежа у Бачкој Тополи, показују не само да се поље интересовања архитеката значајно шири већ и да институције какав је Салон имају за те продоре потпуно разумевање.

Награда Зобнатичком мањежу има и друго значење - она је признање човеку који се већ пуне две деценије успешно бави релативно мало познатим и ређе примењиваним конструкцијама чији су елементи слепљени од мноштва малих комада дрвета али које су способне неретко да премосте и више стотина метара. Мелерови теоријски радови у Немачкој, Лурденове и Брошарове конструкције у Француској, широка примена ових грађевина у Сједињеним Америчким Државама, Жагарови, Гојковићеви и Закићеви радови у нас, чине могући професионални оквир у коме се налази и конструкција Зобнатичког мањежа.

Конструкције које Кујунџић гради деле се у две основне врсте: једно су линијски, а друго просторни носачи. Структура која покрива Зобнатички мањеж је овог другог типа. Њене димензије су сличне просечном фудбалском терену Основа мањежа је елиптична а пресек куполаст са висином од 17 метара у темену Купола је обликована од триангулисаних ребара, што је мотив који се среће и на другим Кујунџићевим делима. То преплитање линија у сложене просторне форме (нећемо заборавити да га код других аутора срећемо и у бетонској изведби) сродно је сложеним готским конструкцијама које су премошћавале велике распоне какав је, рецимо, Владислављев хол у Прагу. Преплет Зобнатичког мањежа, развијајући се по дужој страни скоро у равни, буди и асоцијације на архитектуру флоамбоајена. То подсећање на велику конструкциону традицију доприноси да Зобнатички мањеж доживљавамо не само у контексту савремене технологије грађења у лепљеном ламелираном дрвету већ и у склопу европске архитектонске културе.

Стога се чини сасвим оправданим што Кујунџићев склоп за Зобнатички мањеж није мимоишло и једно друго признање - Награда за најбоље конструкторско остварење у СР Србији у 1988. години Друштва грађевинских конструктора Србије.

■ ВЛАДИМИР МАЦУРА

Sl.6. Ogledalo kritike





6

POST SCRIPTUM

6 /// POST SCRIPTUM

Iza moje karijere arhitekte konstruktera, naravno, stoji mnogo uspešnih poznatih i anonimnih arhitekata i inženjera. Najpre su to bili moji dragi profesori na Arhitektonaskom fakultetu (1960. –1964), a onda moji dragi stariji i mlađi kolege sa tog istog fakulteta na Beogradskom univerzitetu (1968. – 2006). U razdoblju dugom pedeset godina koristio sam sjajnu podršku mojih kolega iz više velikih projektnih biroa, zavoda i instituta, i poštovalaca moga rada iz većeg broja građevinskih preduzeća i industrijskih kombinata. Ne pominjem imena, jer se bojim da ću, ako načinim grešku, povrediti mnoge moje prijatelje, drugove i kolege sa kojima sam uspešno sarađivao i izgrađivao moj stav prema projektovanju konstrukcija i gradio mnoge interesantne, nekada provokativne, konstrukcije arhitektonskih objekata i objekata parterne arhitekture. Svima njima zajedno dugujem veliku zahvalnost, koju im na ovaj način izražavam. Ipak, moram da napravim izuzetak: posthumno izražavam posebno poštovanje i veliku zahvalnost arhitekti Petru Markoviću (1935. – 1991.) za sve ono što je učinio za promociju lepljenih lameliranih nosača u arhitekturi. Njemu sam posvetio sledeći nekrolog:

"I tako, bilo jednom jedno drvo...
i volelo jednog dečaka."



Ovim stihovima započinje moja najdirljivija bajka "Dobro Drvo" Šela Silverstejna, najlepša i najtoplija priča o umetnosti davanja i plemenitosti takvog čina. Samo je jedno biće, koje sam poznavao i voleo, Pera Marković, moglo da bude uzor pesniku da stvori odu nesebičnom i popunom žrtvovanju i najuzvišenijoj bezrezervnoj ljubavi. Pitam se: koji su to unutarnji porivi, vatra i vulkani buktali u biću Petra Markovića da posveti i potroši svoj život zarad umetnosti graditeljskog stvaranja? Koji je to zanos, koja snaga i koja volja, za takvu vrstu životnih i ličnih radosti? Nikad neću moći da proniknem u te tajne; nedokučiva mi je uzvišena filozofija asketa koji posvećuju sopstveno biće jednoj ideji ili jednom opredelenju. Veoma mnogo vremena sam proveo uz Petra, bio sam svedok, ređe saučesnik, u nastajanju skladnih, toplih i humanih arhitektonskih formi i izraza pravog umetnika. Svaki put bi to bila svečana skoro magična atmosfera, puna spokojstva i mira i to samo do mirisa prvog otvorenog flomastera, do prvog poteza, do prve linije, mekane, produhovljene, plemenite. Onda bi se taj veliki mag uzdigao iznad stvarnosti, iznas sredine, iznad ljudi. Prešao bi u jedan paralelan meni nedokučiv svet. Sada znam da je to bio njegov, samo njegov svet, kojim je bezgranično vladao, kome je nesebično poklonio svoju ličnost i svoju dušu, svet uzvišenih stvaralaca. Samo u takvom svetu moglo je da živi Dobro Drvo. Da rađa i da nesebično poklanja svoje plodove i žrtvuje svoje stablo onome što voli – arhitekturi. Siguran sam da je naš prijatelj bio srećan čovek. Bavio se zanatom koji je voleo, koji ga je potpuno okupirao, ispunjavao mu život i donosio mnogo radosti i iskušenja. Njegov profesionalni život je bio veoma sadržajan, plodonosan i uspešan. Darovao je graditeljstvu značajne projekte, kućama tople enterijere, a dizajnu karakterističan pristup. Dobro drvo je pustilo snažne korene, koji nikad neće nestati i koji će nas uvek podsećati na plemenitog Petra Markovića.

Koristio sam neiscrpne izvore informacija iz stranih časopisa i prospekata velikih svetskih istraživačkih i privrednih koncerna iz oblasti drvne industrije (Centre technique du bois, Cahiers du CTB, Informationsdienst Holz, Wolf system, Stora Enso Bilding solution, Hasslacher, Wiehag GmbH, Pro:Holz Steiermark...), kojima, takođe, izražavam duboku zahvalnost.

V. Kujundžić

7 /// REFERENCE

1. CHARPENTES EN BOIS LAMELLE COLLE, Syndicat national des constructeurs de charpentes en bois lamelle colle, Eyrolles, Paris, 1976.
2. REGLES DE CALCUL ET CONSEPTION DES CHARPENTES EN BOIS, REGLES C. B-71, Eyrolles, Paris, 1972.
3. CRUBILE Philippe: Technique de l'ingenieur, Extrait de la collection, Paris, 1976.
4. LA FABRICATION DES ELEMENTS DE STRUCTURE EN BOIS LAMELLE COLLE, Cahiers du C.T.B. Paris, 1971.
5. DOSSIER LE BOIS ET LE FEU, C.T.B. Paris, 1979.
6. TRUONG M.: Le bois lamelle colle dans les collectivites locales, , Syndicat national des constructeurs de charpentes en bois lamelle colle, Paris, 1978.
7. LE LAMELLE COLLE FACE AU FEU, Syndicat national des constructeurs de charpentes en bois lamelle colle, Paris, 1977.
8. LES STRUCTURES EN BOIS LAMELLE COLLE, Cahier No. 93., C.T.B. Paris, 1976.
9. GOJKOVIĆ M., TODOROVIĆ S., KOVAČEVIĆ M., KUZMANOVIĆ S.: Drvene konstrukcije, 4. izdanje, Građevinski fakultet, Beograd, 1980.
10. TIMBER DESING MANUAL, Laminated timber institute of Canada, Ottawa, 1980.
11. HEMPEL G.: Freigespannte holzbinder, Karlsruhe, 1973.
12. BRUCKEN, Informationsdienst holz, 1977.
13. HOLZBAU-STATIK-AKTUELL, Folge 1, 2, 4, 5, 6. Informationen zur berechnung von holzkonstruktionen.
14. INFORMATIONSDIENST HOLZ, Konstruktionsbeispele Berechungsverfahren, Teil 1, 2, 3, 4, 5.
15. DOBRILA Peter: Osnove lesnih konstrukcij, Maribor, 1977.
16. DIMITRIJEVIĆ Milorad: Osnovi proračuna drvenih konstrukcija, SSAF, Beograd, 1974.
17. ZAKIĆ B: Predavanja na Građevinskom fakultetu u Novom Sadu.
18. ZAKIĆ B: Lepljene lamelirane konstrukcije, Beograd 1965.
19. ZAKIĆ B.: Inelastic bending of wood beams, Journal of the structural division, 1973.
20. REDŽIĆ D.: Teoretsko određivanje otpornosti na visokim temeperaturama nastalim u požaru drvenih pritisnutih elemenata u zavisnosti od vrednosti kritičnog koeficijenta vitkosti, referat na Simpozijumu Drvene inženjerske konstrukcije i njihova sigurnost, Cavtat, 1977.
21. PICHLER T.: Požarna sigurnost drvenih konstrukcija, referat na Simpozijumu Drvene inženjerske konstrukcije i njihova sigurnost, Cavtat, 1977.
22. PREDNACRT TEHNIČKIH UVJETA ZA PROJEKTIRANJE I IZVOĐENJE DRVENIH KONSTRUKCIJA.
23. KIRIJAS T.: Drveni konstrukcii, Skopje, 1978.
24. Robert von HALASZ: Holzbau tescenbuch, , Verlag, Berlin, 1974.
25. WERNER G.: Holzbau, Teil 1 und 2 Werner - Verlag, 1979.
26. LIMTRA HANDBOKEN, Svenskt Limtra AB, Stockholm, 1979.
27. TIMOŠENKO S.: Teorija elastične stabilnosti, Naučna knjiga, Beograd, 1952.
28. KUJUNDŽIĆ V.: Bočno izvijanje drvenih štapova napregnutih na savijanje, Izgradnja br. 2/83.
29. KUJUNDŽIĆ V.: Prihvatni centar - koncepcija i rešenje konstruktivnog sistema, Izgradnja br. 4/80.
30. KUJUNDŽIĆ V.: Lepljeno lamelirano drvo u arhitekturi, Tehničke informacije, br. 4-5, Beograd, 1980.
31. KUJUNDŽIĆ V.: Analiza naprezanja opterećenih pravih, zakrivljenih i poligonalnih štapova od lepljenog lameliranog drveta, DGA, Sveska 356, Beograd, 1983.
32. KUJUNDŽIĆ V.: Il lamellare in Jugoslavia, Mondo legno No. 93, Milano, 1981.
33. KUJUNDŽIĆ V.: Stabilnost drvenih štapova sa redukovanom visinom poprečnog preseka nad osloncem.
34. GOTZ-HOOR-MOHLER-NATTER: Holzbau Atlas, Munchen, 1978.
35. VUJAKLIJA: Leksikon stranih reči i izraza.
36. CAMPREDON J.: Le bois, PUF, Paris, 1975.
37. TUFEGDŽIĆ V.: Poznavanje i ispitivanje građevinskog materijala, Naučna knjiga, Beograd, 1961.
38. LOURDIN R.: Couverture de grands espaces a l'aide de structure en bois, Conservatoire national des arts et matiers, Chaiere d'arts appliques aux metiers, Paris, 1961.
39. LOURDIN R.: Cours de technologie du bois, U.P.5. Paris.
40. BRONNECK H.: HOLZ IM HOCHBAU, Julius Springer, WIEN, 1927.
41. ENCICLOPEDIA ITALIANA DI SCIENZE, LETTERE E D'ARTI, Instituto della Enciclopedia Italiana fondata da Giovanni Trescani, Roma, 1933 - XI.
42. CALVI Gerolamo: LEONARDO - ŽIVOT I RAD JEDNOG GENIJA, II izdanje, Hrvatski izdavački bibliografski zavod, Zagreb, 1943.
43. GAMULIN Grego: VISOKA I KASNA RENESANSA U ITALIJI, Grafička škola, Predavanja održana 1948/49. godine na Sveučilištvu u Zagrebu.
44. SKREBEK Antonin: DRVENE KONSTRUKCE VELKYCH ROZPETI, B. Pysvejc, Praha, 1948.
45. JOVANOVIĆ Svetozar: DRVENE ARHITEKTONSKE KONSTRUKCIJE, Naučna knjiga, Beograd, 1954.
46. TONKOVIĆ Kruno: DRVENE KONSTRUKCIJE, AGG fakultet, Zagreb, 1956.
47. NEDELJKOVIĆ Dušan: LEONARDO DA VINČI, UMETNIK I ESTETIČAR, SANU, Posebna izdanja, knjiga 23., Odelenje društvenih nauka, Beograd, 1957.
48. KARLSEN G. G. i drugi: DEREVJANIJE KONSTRUKCIJI, III izdanje, Gosudarstvenoe izdateljstvo literaturi po stroiteljstvu, arhitekture i stroiteljnim materialam, Moskva, 1961.
49. DIX PLANS - TYPES DE HANGARS AGRICOLES, Cahier No. 41, CTB, Paris, 1961.
50. SIX PLANS - TYPES DE HANGARS EN CHEVRONS COURBES, Cahier No. 44, CTB, 1961.
51. AISTOV N. N. i drugi: ISTORIJA STROITELJNOJ TEHNIKI, Gosudarstvenoe izdateljstvo literaturi po stroiteljstvu, arhitekture i stroiteljnim materialam, Moskva - Lenjingrad, 1962.
52. GEZA Lantos: TEST RESULTS ON MILD STEEL REINFORCED GLULAM TIMBER BEAMS, Timber Research and Development Association, reprinted from Civil Engineering, London, October 1964.
53. 21 PLANS - TYPES DE POUTRES DROITES EN BOIS, Cahier No. 79, CTB, Paris, 1968.
54. LOURDIN Robert: ETUDE GENERALE DE SYSTEM GANG-NAIL, Affaire No. 677, Paris, 1968.
55. LOURDIN Robert: STRUCTURES EN BOIS, CEA, Bruxelles, 1969.
56. CODE OF RECOMMENDED PRACTICE FOR ENGINEERING DESIGNING IN TIMBER, Canadian Standards Association, Ontario, 1970.
57. WILLE Frizz VDI: HOLZBAU, STATIK DER HOLZTRAGWERKE, Verlagsgesellschaft Rudolf Muler, Kon - Braunsfeld, 1970.
58. PRINCIPE D'ANALYSE SCIANTIFIQUE, ARCHITECTURE, METODE ET VOCABULAIRE 1. et 2., Ministere des Affaires Culturelles, Inventaire general des monuments et des

richesses artistiques de la France, Paris, 1972.
59. BIBLIJA ILI SVETO PISMO STAROGA I NOVOGA ZAVETA, Prevod Đure Daničića, Biblijsko društvo, Beograd, 1972.
60. REGLES DE CALCUL ET DE CONCEPTION DES CHARPENTES EN BOIS REGLE C.B. 71. Eyrolles, Paris, 1972.
61. LA CHARPENTE INDUSTRIALISEE EN BOIS, CARACTERISTIQUES TECHNIQUES DU SYSTEM GANG-NAIL, L'Industriel sur Bois, Paris, Decembre 1973.
62. WILLIAMS R. A.: LES APPLICATIONS DES FERMES INDUSTRIALISES, INFORMATIONS ET ETUDES TECHNIQUES, Le Moniteur, Paris, Octobre 1974.
63. CRUBULE Philippe: LES CHARPENTES INDUSTRIALISEES EN BOIS, Charpente/ Menuiserie, Le Moniteur, Paris, Octobre 1974.
64. STANDARDIZACIJA ELEMENATA ZA OTVORENI SISTEM GRAĐENJA, Jugoslovenski građevinski centar, Beograd, 1974.
65. HALASZ von Robert: TABLEAUX DE CALCUL POUR DES CONSTRUCTIONS DES TOITURES EN BOIS, Wilhelm Ernst und Sohn, Berlin, Munchen, Dusseldorf, 1974.
66. NARDINI Bruno: LEONARDO DA VINČI, ŽIVOT I DELO, Vuk Karadžić, Beograd, 1975.
67. FANJAT DE ST-FONT, A.: DE LA FERME CHEVRON A LA FERME CHEVRON, Revue du Bois, Paris, 1975.
68. CAMPREDON Jean: LE BOIS, PUF, Paris, 1975.
69. TRBOJEVIĆ Ranko: ANALIZA ARHITEKTONSKIH KARAKTERISTIKA PREFABRIKOVANIH SISTEMA (FLEKSIBILNOST), Arhitektonski fakultet, Beograd, 1975.
70. SNIP III-19-76, STROITELJNIJE NORMI I PRAVILA, CAST III - PRAVILA PROIZVODSTVA I PRIEMKI RABOT, GLAVA 19 - DEREVJANIE KONSTRUKCIJI, Moskva, 1976.
71. CRUBULE Philippe: CHARPENTES EN BOIS, Technique de l'ingenier, Paris, 1976.
72. SPACEJOIST, Trus Wal Systems, Michigan, USA, 1976.
73. OZELTON E. C., BAIRD J. A.: TIMEBER DESIGNERS MANUAL, Crosby lock wood staples, London, 1976.
74. RICATI Marija Luisa: VELIKI MAJSTOR UMETNOSTI - LEONARDO, Nolit, Beograd, 1977.
75. LE LAMELLE - COLLE FACE AU FEU, Syndicat National de Constructeurs de Charpentes en Bois Lamelle - colle, Paris, 1977.
76. ZAGAR Zvonimir: MOGUĆNOSTI INDUSTRIJSKE PROIZVODNJE MREŽASTIH STRUKTURA IZ DRVETA, Referat na Simpozijumu Drvene inženjerske konstrukcije i njihova sigurnost, Cavtat, 1977.
77. HOLZLEIMKONSTRUKTIONEN - ARRBEITSBLATER, Poppensieker holzleimbau, Lohne, 1978.
78. PRAHT Klaus: HOLZBAU - SISTEME, Verlagesellschaft Rudolf Muler, Koln - Braunsfeld, 1978.
79. RECOMMANDATIONS POUR LE CALCUL DES CHARPENTES INDUSTRIALISEES ASSEMBLEES PAR CENNECTEURS OU GOUSSETS, Cahier No. 111, Paris, 1978.
80. LES PROCEDES D'ASSEMBLAGES DANS LA CHARPENTE EN BOIS, CTB, Cahier 77, Paris, 1978.
81. TROUNG M.: LE BOIS LAMELLE COLLE DANS LE CELLECTIVITIES LOCAL, Syndicat National des Constructeurs de Charpentes en Bois Lamelle colle, Paris, 1978.
82. TRBOJEVIĆ Ranko: KOMBINABILITET FUNKCIONALNIH ELEMENATA U PREFABRIKOVANOJ STAMBENOJ IZGRADNJI, Doktorska disertacija, Arhitektonski fakultet, Beograd, 1979.
83. INFORMATIONSDIENST HOLZ - ENTWURFUBERLEGUNGEN BEI HOLZBAUTEN, Dusseldorf, Novembar 1979.
84. TODOROVIĆ Borisav: PREFABRIKACIJA POVEZANIH JEDNOPORODIČNIH STAMBENIH ZGRADA, Specijalistički rad, Arhitektonski fakultet, Beograd, 1979.
85. SUZUKI Hiroyuki, CHANG Tse-Yung P.: BENDING LAMINATED CANTILEVER BEAMS WITH INTERLAYER SLIP, Journal of the Structural Division, Vol. 105, February 1979.
86. KINA, Jugoslovenska revija, Beograd - Narodna izdavačka kuća lepih umetnosti, Šangaj, 1980.
87. PALADIO Andrea: LES QUATRES LIVRES DE L'ARCHITECTURE, tradicion integrale de Freart de Chambray, 1650, Intraduction de Francois Hebert-Stevens, Arthaud, Paris, 1980.
88. KUJUNDŽIĆ Vojislav: LAKI REŠETKASTI KROVNI VEZAČI, PRIKAZ I ANALIZA INDUSTRIJALIZOVANIH SISTEMA U DRVETU, Izgradnja br. 10, Beograd, 1980.
89. RODIĆ Dragutin: DRVENE KONSTRUKCIJE I SKELE, Građevinski fakultet Univerziteta u Nišu, Niš, 1980.
90. BEREKENING VAN TRIPLEX CONSTRUKTIES, Centrum voor Houtresearch utigave, Amsterdam, 1981.
91. GOGGEL Manfred: BEMESSUNG IM HOLZBAU, Bauverlag GmbH, Wiesbaden - Berlin, 1980/81.
92. TODOROVIĆ Borisav: PROSTORNA KOORDINACIJA PRIMARNIH I SEKUNDARNIH SISTEMA U PREFABRIKACIJI DRVENIH STAMBENIH ZGRADA, Magistarski rad, Arhitektonski fakultet, Beograd, 1982.
93. MIŠKOVIĆ Petar - Vojislav: STAGE DE SPECIALISATION DANS LE DOMAINE DE LA CHARPENTES EN BOIS LAMELLE COLLE, Paris, 1982.
94. KUJUNDŽIĆ Vojislav: RAVNE KROVNE STRUKTURE U DRVETU NAD POLIGONALNOM OSNOVOM, DGA, Sveska 354, Beograd, 1982.
95. KUJUNDŽIĆ Vojislav: OBLIKOVANJE STRUKTURA U LEPLJENOM LAMELIRANOM DRVETU, Građevinska knjiga, Beograd, 1983.
96. TODOROVIĆ Borisav: KONSTRUKTIVNI SISTEMI DRVENIH STAMBENIH ZGRADA, DGA, Sveska 362, Beograd, 1983., Paris, Mart 1983.
97. OLIVIERI F.: LA CONSTRUCTION DE LOGEMENTS A OSSATURE EN BOIS, Traveaux, Paris, Mart 1983.
98. MIŠKOVIĆ Petar - Vojislav: STAGE D'ETUDE DES MAISONS PREFABRIQUEES DE BOIS EN FRANCE, Paris 1984.
99. GOJKOVIĆ Milan: DRVENE KONSTRUKCIJE, Naučna knjiga, Beograd, 1985.
100. JUS U.C9.200. - 1985. - KONSTRUKCIJE OD MONOLITNOG DRVETA.
101. JUS U.C9.300. - 1985. - LEPLJENO LAMELIRANO DRVO. TEHNIČKI USLOVI.
102. DIN 1052 HOLZBAUWERKE - 1985.
103. JUS U.C9.500. - 1985. - ZAŠTITA DRVETA U KONSTRUKCIJAMA. TEHNIČKI USLOVI.
104. ZBIRKA JUGOSLOVENSKIH PRAVILNIKA I STANDARDA ZA GRAĐEVINSKE KONSTRUKCIJE (KNJIGA 4, DRVENE KONSTRUKCIJE), Građevinski fakultet, Beograd, 1995.
105. KUJUNDŽIĆ Vojislav: PRIMENA INDUSTRUJALIZOVANIH MONTAŽNIH SISTEMA SA ASPEKTA RACIONALIZACIJE GRADNJE DRVENIH KROVNIH STRUKTURA, Doktorska disertacija, Arhitektonski fakultet, Beograd, 1987.
106. KUJUNDŽIĆ Vojislav: SAVREMENE DRVENE KONSTRUKCIJE, Građevinska knjiga, Beograd, 1989.
107. ŽAGAR dr Zvonimir: PRORAČUN GRAĐEVNIH KONSTRUKCIJA RAČUNALOM, Školska kniga, Zagreb, 1993.
108. ŽAGAR dr Zvonimir:DRVENI MOSTOVI, Pretei d.o.o. Zagreb, 2001.
109. KUJUNDŽIĆ Vojislav, TOŠIĆ Dragoslav: METALNE I DRVENE KONSTRUKCIJE, Zavod za udžbenike i nastavna sredstva, Beograd 2002.
110. TEKIĆ Žikica: POSEBNI PROBLEMI KONSTRUISANJA (PREFABRIKOVANI SISTEMI U DRVETU), Poslediplomske studije, seminarski rad, Arhitektonski fakultet, Beograd, 1998.
111. TEKIĆ Žikica: OBLIKOVANJE FUNKCIONALNIH ELEMENATA KROVNIH DRVENIH STRUKTURA U SISTEMU LKV - PROGRAMSKI PAKET, Magistarski rad, Arhitektonski fakultet, Beograd, 2001.
112. ŽAGAR dr Zvonimir:DRVENE KONSTRUKCIJE I, Pretei, d.o.o. Zagreb, 2005.
113. ŽAGAR dr Zvonimir:DRVENE KONSTRUKCIJE II, Pretei, d.o.o. Zagreb, 2006.
114. ŽAGAR dr Zvonimir:DRVEN MOSTOVI, Pretei, d.o.o. Zagreb, 2006.
115. PROSPEKTNI MATERIJAL LKV CENTRA, Beograd
116. KUJUNDŽIĆ Vojislav: RAVNE KROVNE STRUKTURE U DRVETU NAD POLIGONALNOM OSNOVOM, DGA – 1743, Sveska 354
117. KUJUNDŽIČ Vojislav: LEPLJENO LAMELIRANO DRVO U ARHUTEKTURI, Tehničke informacije, dvobroj 4/5, 1980. godin
118. KATALOG PROJEKATA GRAD, Kosjerić
119. KATALOG PROJEKATA ŠPIK, Ivanjica iz lične arhive P. Dovijanića
120. KOČETOV Tatjana: http://www.scribd.com/doc/59460349/Sistemi-montaznih-drvenih-kuca http://www.google.rs/search?q=montažne+kuće
121. ČANAK dr. Mihailo, ČANAK MIloš: Studija funkcionalnih i oblikovnih mogućnosti sistem „ECODOMUS",ARD bilten 6/92, Beograd, 1991. godina
122. KUJUNDŽIĆ Gordana: VIMINACIJUM - PORTA PRETORIA, Modul broj 26, 2004. g
123. KUJUNDŽIĆ Gordana: VIMINACIJUM - TERME I PERIVOJ- NEKROPOLA. Modul broj 27, 2004.g
124. LONČARIĆ mr Davorin: TETHNOLOGIJA DRVETA, Građevinski fakultet u Sarajevu, 2007.
125. TEKIĆ dr Žikica: SAVREMENI PKONCEPT PRIMENE METALNIH KONEKTERA U SISTEMIMA DRVENIH STRUKTURA, Argitektonski fakultet u Beogradu, 2007.
126. ŽAGAR dr Zvonimir: lična prepiska sa autorom
127. MUELLER K.Rene:GEODESIC POLYEDRA DOMES, http://simplydifferently.org/
128. PETRUŠEVSKI dr Ljiljana: GEODEZIJSKE KUPOLE – GEODEZIJSKE SFERE, predavanje 5.
129. ŠIBER Antonio: KIRALNE KUPOLE I BUCKMINSTER FULLER , 2009. godine
130. ŠIBER Antonio: ICOSADELTAHEDRAL GEOMETRY OF FULLERENES, VIRUSES AND GEODESIC, Cornell University Library, arXiv:0711.3527
131. www.mystudiomontreal.com, biosphere

LKV CENTAR

LKV CENTAR d.o.o.
Gajeva 7; 11000 Beograd
tel./fax. 011/7848 090. 7848 096
PIB: 100005471
e-mail. office@lkvcentar.com
www.lkvcentar.com

LKV CENTAR - NAŠA MISIJA:

PRIMENA SAVREMENIH SISTEMA DRVENIH
KONSTRUKCIJA U ARHITEKTURI I GRAĐEVINARSTVU

Davno, u doba kada je najstariji čovekov predak napustio pećinu, kao svoje prirodno sklonište i sačinio prvu strehu od granja i lišća, započinje jedan dugi proces koji nikada neće biti okončan – veština gradnje čovekovog krova nad glavom. Drvo, taj ponekad zaboravljeni, ali nikada napušteni građevinski materijal služio je, i danas služi za realizaciju čovekovih graditeljskih ostvarenja, koja su odražavala vreme u kome nastaju, klimatske uslove, raspoloživu tehniku, nivo obrazovanja čoveka, njegov intelektualni, socijalni i religiozni status. Krov istinski predstavlja prvu konstrukciju koju je čovek osmislio i izveo. Čovekova najznačajnija graditeljska kreacija, bila je i ostaće krov, neophodan krov nad glavom, taj nezaobilazni element na svakoj kolibi, kući, oblakoderu, fabrici, školi... Krov je najviši, najmarkantniji deo zgrade. Krov je kruna građevine – znali su da kažu stari majstori i nisu grešili, jer krov pored svih tehničkih karakteristika u domenu graditeljstva ispoljava veoma značajnu kreativnu fazu čovekovog stvaralaštva. Simbolika kojom zrače ova ostvarenja je veoma slojevita i prefinjena.

Novi stari krovovi i nove stare kuće. Možda su to najbolji termii za prikaz palete proizvoda i graditeljskih uspeha snažnog preduzeća LKV CENTRA, iz Beograda, kolektiva sa već značajnim dvadesetogodi[njim iskustvom, velikim ambicijama i svetlom perspektivom.

Poštujući ekonomske i marketinške zakonitosti osnovni koncept preduzeća zasnovan je na organizaciji besprekorne industrijske realizacije programskih usmerenja iz oblasti građevinarstva koje proklamuje savremena nauka. Novi programi u savremenom građevinarstvu usvojeni su uz pomoć i uz saradnju sa Arhitektonskim fakultetom u Beogradu, a zasnovani su na primeni savremenih konstruktivnih sistema u proizvodnji elemenata krovnih drvenih konstrukcija arhitektonskih objekata i u osvajanju proizvodnje prefabrikovanih drvenih kuća različite namene. Predanim zalaganjem dobro obučenog kolektiva LKV CENTAR je osvojilo proizvodnju krovnih konstrukcija, najboljih tehničkih, tehnoloških, ekonomskih i estetskih kvaliteta u Sistema Lakih krovnih vezača i prozvodnju elemenata sitnog i krupnog drvenog panela za izgradnju prefabrikovanih kuća.

Savremeni sistem krovnih konstrukcija u drvetu proizvode se na nov industrijski način u velikim serijama sa malim troškovima, što ga čini veoma ekonomičnim i laganim prozvodom, primenljivim u svim uslovima. Sistemi konstrukcija LAKIH KROVNIH VEZAČA - skraćeno: LKV SISTEM, izvode se od četinarske građe sa čvormim vezama i nastavcima štapova rešetkastih nosača primenom specijalnog sredstva koje je nazvano METALNI KONEKTER. Tako formirani nosači prihvataju sva opterećenja od krovnog pokrivača, snega i vetra, a grade se kao jednovodni, dvovodni i složeni krovovi. Svaki krovni pokrivač: eternit, lim, salonit, tegola, crep, može lako naći mesto na krovovima izgrađenih u LKV SISTEMU.

Lakim krovnim vezačima se grade i krovovi nad skladištima, nadstrešnice nad poljoprivrednim mašinama, krovovi industrijskih hala manjeg raspona. Pored ovakvih krovova, krovova bez potkrovlja LKV CENTAR gradi i krovove sa korisnim prostorom u potkrovlju. Na ovaj način se može, uz određena urbanistička uklapanja postići dvostruki cilj. Rešeni su problemi prokišnjavanja ravnih krovova i dobijen je, praktično poklonjen, novi koristan stambeni prostor za nove generacije. Pproizvodnjom osnovnih zidnih elemenata sistema sitnog i krupnog panela prizemnih i spratnih objekata sa LKV krovovima LKV CENTAR je zaokružio celoviti program primene drveta u prefabrikovanoj industrijalizovanoj gradnji arhitektonskih objekata izvanrednih funkcionalnih, oblikovnih i tehničkih performansi, koji su veoma brzo našli svoju primenu u zemlji i inostranstvu. Veoma veliki bropj krovova i montažnih objekata u Srbiji, na Balkanu, u Francuskoj, Norveškoj, Švedskoj i Ruskoj federaciji su kruna uspeha LKV Centra u primeni sofosticirane tehnologije građenja u drvetu.

Novi pravci razvoja i premene rezultata permanentnog rada na primeni uvek novih tehničkih, tehnoloških i naučnih dostignuća čine LKV CENTAR liderom u gradnji arhitektonskih objekata i objekata parterne arhitekture u širokom okruženju Srbije. LKV CENTAR gradi krovove za generacije koje sad žive i za generacije koje dolaze, krovove za svaku kuću, i gradi raznovrsne objekta kakvi su porodične kuće, dečje jaslice, vrtići i škole, ambulante i bolnice, sportske i proizvodne hale i industrijska skladišta.

LKV SISTEM
Ovaj savremeni konstruktivni sistem je našao primenu u gradnji krovova na objektima veoma različitete namene, ali i na sanaciji ravnih krovova sa dotrajalom hidro i termo izolacijom i u njihovom pretvaranju u krovove sa kosim ravnima bez tavanskog prostora ili sa formiranjem potkrovlja sa kosrisnim funkcionalnim prostorom. LKV CENTAR je osvojio proizvodnju specijalnog mehaničkog spojnog sredstva METALNOG KONEKTERA i svsrtao se u red malobrojnih evropskih vlasnika autorskog prava na primeni najviših tehnoloških dostignuća u gradnji drvetom. Stambeni i javni objekti, škole i studenstki domovi, industrijski objekti, sportske i proizvodne hale, magacinski prostori, skladišni i poljoprivredni objekti najekonomičnije se štite krovoima u SISTEMU LKV uz primenu svih krovnih pokrivača, dostupnih našem graditeljstvu.

EKO-KUĆA
Industrijaki prefabrikovani objekti sistema EKO-KUĆA razvijeni su u tesnoj saradnji Arhitektonskog fakulteta u Beogradu i LKV CENTRA d.o.o u okviru realizacije projekta iz Programa tehnološkog razvoja Republike Srbije, koje je podržalo republičko Ministarstvo za nauku, tehnologiju i razvoj. Prizemni i spratni objekti iz ovog programa namenjeni su stanovanju, ali se mogu koristiti kao javni, administrativni, poslovni i školski objekti, a odlikuje ih izuzetna fleksibilnost funkcije i oblikovanja i uklapanja u prirodno okruženje. Posebna pažnja je posvećena zadovoljenj strogih uslova iz oblasti stabilnosti i iz oblasti građevinske fizike (akustika i termika). Objekti se grade u suvoj montaži na prethodno izvedenim betonskim temeljima ili nad podrumskom – suterenskom pločom.

LLD – LEPLJENO LAMELIRANO DRVO
LKV CENTAR projektuje i izvodi konstrukcije objekata velikih raspona u tehnici Lepljenog lameliranog drveta. Brojni izvdene objekti po projektima stručnjaka ove kuće i veliko stečeno iskustvo garantuju kvalitet i sigurnost izgradnje sportskih i sajamskih hala, pokrivenih akva parkova, nadstrešnica nad gledalištem sportskih stadiona, velikih poljoprivrednih i industrijskih hala i najrazličitijih objekata parterne i sakralne arhitekture.





















CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

624.011.1
72.071.1:929 Кујунџић В.

КУЈУНЏИЋ, Војислав, 1941-
Drvene konstrukcije u mojoj arhitektonskoj praksi : automonografija / Vojislav Kujundžić. - Beograd : LKV Centar : Arhitektonski fakultet, 2014 (Beograd : Bigraf plus). - 297 str. : ilustr. ; 29 cm

Tiraž 300. - Bibliografija: str. 296-297. - Rezimei na više jezika.

ISBN 978-86-918325-1-3 (LKVC)

a) Кујунџић, Војислав (1941-) b) Дрвене конструкције
COBISS.SR-ID 211611148