

# ZBORNIK

3. DNEVA INŽENIRJEV IN ARHITEKTOV

Inovativno grajeno okolje





# ZBORNIK

3. DNEVA INŽENIRJEV IN ARHITEKTOV

Inovativno grajeno okolje



Ljubljana, 2003

**Strokovni svet:**

mag. Črtomir Remec  
Roman Lebar  
dr. Viktor Pust  
Gorazd Humar  
Andrej Povšič  
Ivan Leban  
Matjaž Grilc  
dr. Željko Vukelič

**Glavna in odgovorna urednica**

mag. Barbara Škraba

**Tehnična urednika:**

Predsednik komisije za izobraževanje pri IZS  
dr. Željko Vukelič, univ.dipl.inž.rud.  
Služba za izobraževanje in informiranje  
Petra Kavčič

**AD&D:**

Kraft&Werk d.o.o.

**Tisk:**

Euroadria d.o.o., Ljubljana

Ljubljana, november 2003

CIP - Kataložni zapis o publikaciji  
Narodna in univerzitetna knjižnica, Ljubljana

69(063)(082)  
72(063)(082)

DAN inženirjev in arhitektov (3 ; 2003 ; Ljubljana)  
Inovativno grajeno okolje : zbornik 3. dneva inženirjev in  
arhitektov / urednica Barbara Škraba. - Ljubljana : Inženirska  
zbornica Slovenije, 2003

ISBN 961-90706-2-3  
1. Gl. stv. nasl. 2. Škraba, Barbara, 1969-  
126815488

# Kazalo

- 5 **Predsednik IZS: mag. Črtomir Remec, univ.dipl.inž.grad.**  
Uvodna beseda  
**INTRODUCTION**
- 7 **dr. Božena Lipej, univ.dipl.inž.geod.**  
Geodezija, kartografija in evidentiranje nepremičnin –  
Izkoristimo skupne priložnosti  
**GEODESY, CARTOGRAPHY AND REAL ESTATE REGISTRATION – WE TAKE  
ADVANTAGE OF JOINT OPPORTUNITIES**
- 17 **dr. Bogo Zupančič, univ.dipl.inž.arh., samostojni kulturni ustvarjalec**  
Urbani management – Razvoj Ljubljane v tranzicijskem  
obdobju  
**URBAN MANAGEMENT – DEVELOPMENT OF LJUBLJANA CITY IN TRANSITION  
PERIOD**
- 23 **dr. Marjana Šijanec Zavrl, univ.dipl.inž.grad.**  
Energetsko učinkovita in trajnostna gradnja  
**CONSTRUCTION OF ENERGY EFFICIENT AND SUSTAINABLE BUILDINGS**
- 31 **mag.ekon., mag.el. Djani Brečević, univ.dipl.inž.**  
Vloga obnovljivih virov v energetske oskrbi Slovenije  
**THE ROLE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN ENERGY SUPPLY OF SLOVENIA**
- 39 **dr. Angela Scheller**  
Inteligentni dom – uganka prihodnosti  
Tehnologije za mrežno povezovanje domačih naprav  
**THE SMART HOME PUZZLE – TECHNOLOGIES FOR FUTURE CONNECTED HOMES**
- 45 **prof.dr. Jakob Likar, univ.dipl.inž.rud. in geoteh.**  
Gradnja predora Trojane  
**TROJANE TUNNEL CONSTRUCTION**
- 53 **Danilo Širnik, univ.dipl.inž.el.**  
Inovativni razvoj signalno varnostnih sistemov na  
Slovenskih železnica  
**INNOVATIVE DEVELOPMENT OF SIGNAL SAFETY SYSTEMS ON SLOVENE  
RAILWAYS**
- 63 **Jože Drčar, univ.dipl.inž.str., Miloš Ebner, univ.dipl.inž.arh., MBA**  
Montažna gradnja v jeklu – Izkušnje iz prakse  
**PRE-FABRICATED BUILDING IN STEEL – PRACTICAL EXPERIENCE**
- 77 **Viktor Markelj, univ.dipl.inž.grad.**  
Most čez Muro – Najdaljši skok čez vodo  
**BRIDGE OVER THE MURA RIVER – THE LONGEST WATER JUMP**
- 89 **Marjan Pipenbaher, univ.dipl.inž.grad.**  
Viadukt Črni Kal – Ali naj živi različnost!  
**VIADUCT ČRNI KAL – LET'S LIVE THE DIVERSITY!**



# Uvodna beseda

## INTRODUCTION



Letošnji dan inženirjev in arhitektov je že tretji po vrsti in počasi se oblikuje neka trajnejša celostna podoba te prireditve. Ena od tokratnih novosti je tudi posebna publikacija, ki je pred vami in katere osnovni namen je čimbolj nazorno in razumljivo predstaviti v sliki in besedi nekatere pomembnejše dosežke naše stroke.

Zakaj ravno tematski naslov INOVATIVNO GRAJENO OKOLJE? Predvsem zato, ker dobro povzema naša skupna prizadevanja za sožitje vseh potrebnih aktivnosti na področju urejanja prostora in graditve objektov, pri čemer ostaja naš najpomembnejši cilj dvigovanje splošne gradbene kulture.

Seveda bi si želeli, da bi bilo podobnih priložnosti za predstavitev inovativnih primerov grajenega okolja širšemu krogu tehnične inteligence in drugi zainteresirani javnosti čimveč. Tako že nekaj časa razmišljamo tudi o izdajanju posebne revije, ki bi usmerjala naše delovanje v duhu trajnostnega razvoja grajenega okolja.

Kot sem že večkrat poudaril ob podobnih priložnostih so ravno izzivi inovativnih prostorskih in arhitekturnih rešitev ob hkratnem razvoju splošne gradbene kulture pomembno gibalno napredka naše stroke in zagotovilo za vedno nove poslovne priložnosti.

Na poti k večjim ciljem pa so pomembni tudi vmesni rezultati, kot je letošnje srečanje, ki vsekakor predstavlja pomemben korak naprej k boljšemu razumevanju našega skupnega delovanja. Vedno bolj prihaja do izraza potreba po interdisciplinarnem in skupinskem delu, kot predpogoju za učinkovito izvedbo vsakega projekta.

Predvsem pa vam želim prijetno in predvsem strokovno koristno branje zanimivih prispevkov priznanih strokovnjakov, katerim gre tudi moja velika zahvala.

Ljubljana, 19. november 2003

**mag. Črtomir Remec, univ.dipl.inž.grad.**  
Predsednik IZS

This year's Day of Engineers and Architects is a third one in succession and it seems that a more complete and permanent image of the meeting have been slowly formed. One of this time novelties is also this special publication which intends to shortly present some more important achievements from our field in writing, as well as with selected pictures.

Why we selected precisely the thematic title INNOVATIVE BUILT ENVIRONMENT? Above all, because it summarize well our joint efforts for coexistence of all necessary activities in the field of space regulation and building of objects. However, our most important goal remains the improvement off common building culture.

Of course we wish there would be more such opportunities to present the cases of innovatively built environment to broad technical intelligence and other interested public. For this reason we are also considering the issuing of a special magazine which could orientate our activities toward sustainable development of built environment.

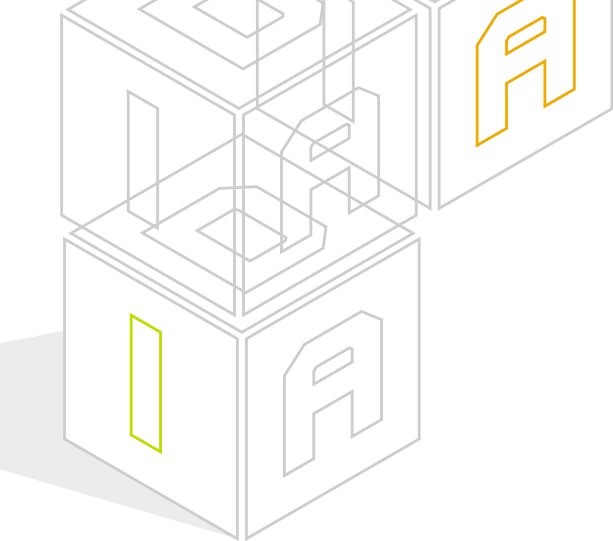
As I have already stressed on several similar occasions, a taking up the challenge of innovative urban and architectural solutions with simultaneous development of common building culture, presents an important stimulation for the progress in our field, as well as a promise for the new business opportunities.

On the way toward higher goals also the intermediate results are important. From this point of view the upcoming meeting presents an important step toward better mutual understanding of our common activities and operations. It becomes inevitable, that an interdisciplinary team work is a prerequisite for a successful completion of every project.

Above all we wish you a pleasant and technically educative reading of interesting contributions of acknowledged professionals, which I also owe a great debt of thanks.

Ljubljana, 19. November 2003

**Črtomir REMEC, MSc CEng**  
IZS president





# Geodezija, kartografija in evidentiranje nepremičnin – Izkoristimo skupne priložnosti

## GEODESY, CARTOGRAPHY AND REAL ESTATE REGISTRATION – WE TAKE ADVANTAGE OF JOINT OPPORTUNITIES

**dr. Božena Lipej, univ.dipl.inž.geod.**  
Geodetska uprava Republike Slovenije

### POVZETEK

Geodetska dejavnost predstavlja meritve in opazovanja, kartiranje ter druga dela in postopke, ki so potrebni za evidentiranje podatkov o nepremičninah in prostoru, za razmejevanje nepremičnin in za tehnične namene. V delovno področje Geodetske uprave Republike Slovenije sodijo naloge geodetske službe, ki obsegajo vzpostavitev, vodenje in vzdrževanje zbirk podatkov na področju osnovnega geodetskega sistema, nepremičnin, državne meje, prostorskih enot in hišnih števil ter topografskega in kartografskega sistema. Poleg nalog, ki jih geodetska stroka opravlja s tradicijo in z visoko mero strokovnosti, se s kakovostnimi izdelki in storitvami vse bolj prilagaja uporabniškim zahtevam. Nova zakonodaja in potrebe uporabnikov usmerjajo geodetsko delo in razvoj ter zahtevajo prilagajanje novim strokovnim področjem. V zadnjem letu so največji izzivi, ki jih lahko izkoristimo kot geodetske priložnosti, na področjih sodelovanja v upravljanju s prostorom v občinah, pri izgrajevanju novih prostorskih evidenc ter pri uvajanju množičnega vrednotenja nepremičnin.

### ABSTRACT

Surveying and mapping activities consist of geodetic measurements and observations, mapping as well as of other works and procedures required for registering data on real estate and space, for identifying property line locations and for technical purposes. The competence of the Surveying and Mapping Authority of the Republic of Slovenia comprises the mandated duties of the national geodetic service which include creation, administration and updating of databases related to the basic geodetic system, registration of real estate, state border, spatial units and house numbers, and to the topographic and cartographic system. Apart from mandated duties having been implemented traditionally and at a high-level of expertise, the national geodetic service has also been increasingly adapting to user needs by providing quality products and services. The new legislation and user needs provide guidance to the surveying and mapping profession, and its development, and they require adjustment to new areas of expertise. The greatest challenges in the current year can be used as opportunities in terms of participation in managing physical planning on municipal level, creating new spatial databases and by introducing mass real estate valuation.

**Ključne besede:** evidentiranje nepremičnin, geodetska dejavnost, kartografija, topografija,

**Keywords:** cartography, real estate registration, surveying and mapping activities, topography

### UVOD

Geodetska dejavnost je po Zakonu o geodetski dejavnosti opredeljena z meritvami in opazovanji, kartiranjem ter drugimi deli in postopki, ki so potrebni za evidentiranje podatkov o nepremičninah in prostoru, za razmejevanje nepremičnin in za tehnične namene. Dela na področju geodetske dejavnosti, katerih izvedba vpliva ali bi lahko vplivala na varnost življenja ali zdravja ljudi, in strokovna dela ter postopke v zvezi z nalogami geodetske službe, opredeljenimi kot geodetske storitve, lahko opravljata samo samostojni podjetnik posameznik ali gospodarska družba, ki sta vpisana v imenik geodetskih podjetij pri Inženirski zbornici Slovenije in izpolnjujeta dodatne pogoje po zakonu. Geodetska služba predstavlja del geodetske dejavnosti, ki se izvaja v javnem interesu, in obsega vzpostavitev, vodenje in vzdrževanje zbirk podatkov na področju osnovnega geodetskega sistema, nepremičnin, državne meje, prostorskih enot in hišnih števil ter topografskega in kartografskega sistema. Geodetska služba je državna in lokalna. Naloge državne geodetske službe opravlja Geodetska uprava Republike Slovenije (v nadaljevanju: geodetska uprava), naloge lokalne geodetske službe občina, razvojne in nekatere strokovno-tehnične naloge v okviru državne geodetske službe pa Geodetski inštitut Slovenije. Strokovna dela in postopke v zvezi z nalogami geodetske službe, ki so opredeljena kot geodetske



storitve, lahko izvajajo le geodetska podjetja, ki pridobijo dovoljenje za izvajanje geodetskih storitev. Veliko več del je izvajalske narave in ta opravljajo na trgu geodetska podjetja, ki v zadnjem času postajajo vse bolj široko usmerjena in geodetsko dejavnost povezujejo s sorodnimi področji delovanja.

### STRATEŠKI CILJI DRŽAVNE GEODETSKE SLUŽBE

Državna geodetska služba ima v programu dela opredeljene strateške cilje, med katerimi izpostavimo naslednje (geodetska uprava, 2003b).

- Na področju evidentiranja nepremičnin:
  - izboljšati kakovost podatkov o nepremičninah, predvsem podatkov zemljiškega katastra;
  - urediti in aktualno voditi podatke o vseh nepremičninah v zemljiškem katastru in katastru stavb;
  - s povezavo zemljiškega katastra, katastra stavb in zemljiške knjige vzpostaviti jedro celovitega nepremičninskega sistema;
  - omogočiti dinamično nadgrajevanje podatkov o nepremičninah v jedrnih zbirkah (gostujoči podatki) ali dodajanje podatkov s povezovanjem podatkov v drugih zbirkah z jedrnimi zbirkami (povezani podatki).

Z doseganjem strateških ciljev na področju evidentiranja nepremičnin bodo izpolnjeni pogoji za večjo pravno varnost lastnikov nepremičnin, večjo varnost vlaganj v nepremičnine in v investicije, povezane z nepremičninami, omogočeno bo delovanje nepremičninskega trga, pravičnejše in učinkovitejše obdavčenje nepremičnin, ustvarjeni bodo predpogoji za vodenje ustreznejše zemljiške in stanovanjske politike, planiranje in načrtovanje v prostoru, hitro odkrivanje in evidentiranje vseh nedovoljenih posegov v prostor ter uspešno delovanje služb za zaščito in reševanje.

- Koordinacijska vloga na področju nepremičninskega sistema:
  - v sodelovanju z drugimi upravljavci matičnih evidenc koordinirati povezovanje nepremičninskih evidenc s poudarkom na podatkih o fizičnih lastnostih nepremičnin;
  - koordinirati aktivnosti, povezane z evidentiranjem podatkov o fizičnih lastnostih nepremičnin;
  - vzpostaviti organizacijske in tehnične pogoje za celovito evidentiranje in gospodarjenje z vsemi nepremičninami s ciljem, da geodetska uprava koordinira aktivnosti, povezane z vzpostavljanjem in vodenjem evidenc o lastnostih nepremičnin.

Z doseganjem strateških ciljev na področju koordinacijske vloge nepremičninskega sistema bo zagotovljeno usklajeno in smotno evidentiranje podatkov o nepremičninah z doslednim upoštevanjem načela matičnosti podatkov brez podvajanja v enotnem državnem koordinatnem sistemu, kar bo omogočalo celovito gospodarjenje z nepremičninami.

- Na področju osnovnega geodetskega sistema:
  - zagotavljati matematično podlago in državni koordinatni sistem kot del evropskega koordinatnega sistema;
  - vzpostaviti mrežo državnih GPS-postaj kot del evropske mreže in zagotoviti delovanje službe za GPS za potrebe posredovanja GPS-signalov za izvajanje geodetskih meritev, navigacije, geolociranja podatkov ter spremljanja dogajanj v prostoru.

Vzpostavljena bo tehnična in organizacijska infrastruktura za enostavno, natančno in hitro geolociranje podatkov, spremljanje stanj in dogajanj v enotnem evropskem referenčnem sistemu, kar bo poenostavilo izmenjavo podatkov oziroma sodelovanje v meddržavnih projektih.

- Na področju topografije in kartografije:
  - vzpostaviti in voditi podatke o prostoru v topografskih bazah podatkov;
  - voditi državni kartografski sistem in z njim usklajen vojaški kartografski sistem ter zagotavljati državne karte, izdelane po mednarodnih standardih;
  - izdelati geodetske podlage za izdelavo in prikaz prostorskih planskih aktov.

Z doseganjem strateških ciljev na področju topografije in kartografije bodo vzpostavljeni temelji prostorske podatkovne infrastrukture, ki bo omogočala povezovanje in prikazovanje prostorskih podatkov različnih upravljavcev, virov, ravni in natančnosti. Topografski podatki in državne karte bodo uporabljeni kot podlaga na področju načrtovanja ter upravljanja s prostorom in okoljem, navigacije, ter kot podlaga za izdelavo različnih tematskih kart oziroma prikazov.

- Koordinacijska vloga na področju prostorske podatkovne infrastrukture:
  - koordinirati povezovanje temeljnih prostorskih podatkovnih baz;
  - pripraviti poenotene standarde ter skrbeti za vzpostavitev in vodenje metapodatkov za prostorske podatke;
  - zagotavljati povezavo z evropsko prostorsko podatkovno infrastrukturo.

Z doseganjem strateških ciljev bodo vzpostavljeni temelji celovite prostorske podatkovne infrastrukture, ki bo omogočala usklajeno vzpostavljanje, vodenje in vzdrževanje prostorskih podatkov različnih upravljavcev, virov, ravni in natančnosti ter učinkovito uporabo.

- Na področju množičnega vrednotenja nepremičnin:
  - razvoj, vzpostavitev, implementacija, vodenje in vzdrževanje sistema množičnega vrednotenja nepremičnin za potrebe obdavčenja nepremičnin v sodelovanju z Ministrstvom za finance;
  - vzpostavitev in organizacija službe za vrednotenje nepremičnin.

Z doseganjem strateških ciljev na področju množičnega vrednotenja nepremičnin bodo zagotovljeni podatki o posplošeni tržni vrednosti za vse nepremičnine v Sloveniji z namenom omogočanja pravičnejšega, celovitega in poenotnega obdavčenja nepremičnin ter izboljšanja preglednosti in učinkovitosti trga nepremičnin.

- Na področju posredovanja geodetskih podatkov:
  - zagotoviti enostaven in hiter dostop do podatkov vsem uporabnikom, predvsem z uporabo elektronskega poslovanja;
  - zagotavljati podatke čim ceneje, vendar s pokrivanjem stroškov za izdajanje;
  - seznanjanje strokovne in širše javnosti o geodetskih podatkih, možnostih njihove uporabe, s storitvami ter z aktivnostmi geodetske službe.

Z doseganjem strateških ciljev na področju posredovanja podatkov bo doseženo optimalno informiranje vseh uporabnikov prostor-skih podatkov in geodetskih izdelkov o njihovi razpoložljivosti ter hiter in enostaven dostop do podatkov oziroma izdelkov.

## IZVAJANJE NALOG IN POMEMBNEJŠI NOVEJŠI DOSEŽKI

### Projekt posodobitve evidentiranja nepremičnin

Osnovni namen in cilj Projekta posodobitve evidentiranja nepremičnin je zagotoviti vzpostavitev osnovnih podatkov o nepremičninah in njihovem lastništvu ter z uvajanjem novih tehnologij in informatizacije evidenc omogočiti enostavnejšo in hitrejšo nadgradnjo teh podatkov za različne namene, predvsem varovanje stvarnih pravic na nepremičninah, obdavčenje nepremičnin, nadzor trga z nepremičninami, podporo aktivnostim v kmetijstvu, gozdarstvu in ravnanju z naravnimi viri ter s premoženjem, podporo prostorskemu načrtovanju in stanovanjski politiki ter statističnim obdelavam, ekologiji, geodeziji in drugim.



Vlada Republike Slovenije je oktobra 1998 imenovala Programski svet za posodobitev evidentiranja nepremičnin, v katerem so visoki predstavniki Ministrstva za okolje, prostor in energijo, Ministrstva za finance, Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano, Ministrstva za pravosodje, Vrhovnega sodišča Republike Slovenije, Ministrstva za informacijsko družbo, Statističnega urada Republike Slovenije, Centra Vlade Republike Slovenije za informatiko, Servisa Vlade Republike Slovenije skupnih služb ter geodetske uprave. Ena izmed nalog programskega sveta je usklajevanje izvedbe Projekta posodobitve evidentiranja nepremičnin, ki se je začel operativno izvajati leta 2000 in bo trajal do konca junija 2005. Celotna predvidena vrednost projekta, ki je sofinanciran s sredstvi posojila Mednarodne banke za obnovo in razvoj, je 24 milijonov EUR. Geodetska uprava je glavni koordinator in usklajevalec aktivnosti v povezavi z delom v programskem svetu in v projektu.

Vsebinsko in organizacijsko je Projekt posodobitve evidentiranja nepremičnin razdeljen na osem podprojektov oziroma vsebinsko zaključenih tematik.

|                                                                                     |                     |                                                                                                    |
|-------------------------------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | <b>Podprojekt A</b> | Zemljiški kataster in kataster stavb<br>Geodetska uprava Republike Slovenije                       |
|  | <b>Podprojekt B</b> | Zemljiška knjiga<br>Vrhovno sodišče Republike Slovenije                                            |
|  | <b>Podprojekt C</b> | Razvoj sistema registracije stanovanj<br>Geodetska uprava Republike Slovenije                      |
|  | <b>Podprojekt D</b> | Zajem in spremljanje rabe kmetijskih zemljišč<br>Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano |
|  | <b>Podprojekt E</b> | Razvoj sistemov obdavčenja in vrednotenja nepremičnin<br>Ministrstvo za finance                    |
|  | <b>Podprojekt F</b> | Financiranje stanovanjske gradnje in reforma hipotekarnega bančništva<br>Ministrstvo za finance    |
|  | <b>Podprojekt G</b> | Priprava zakonodaje na področju lastništva nepremičnin<br>Ministrstvo za pravosodje                |
|  | <b>Podprojekt H</b> | Podpora koordinaciji projekta in strateške študije<br>Geodetska uprava Republike Slovenije         |

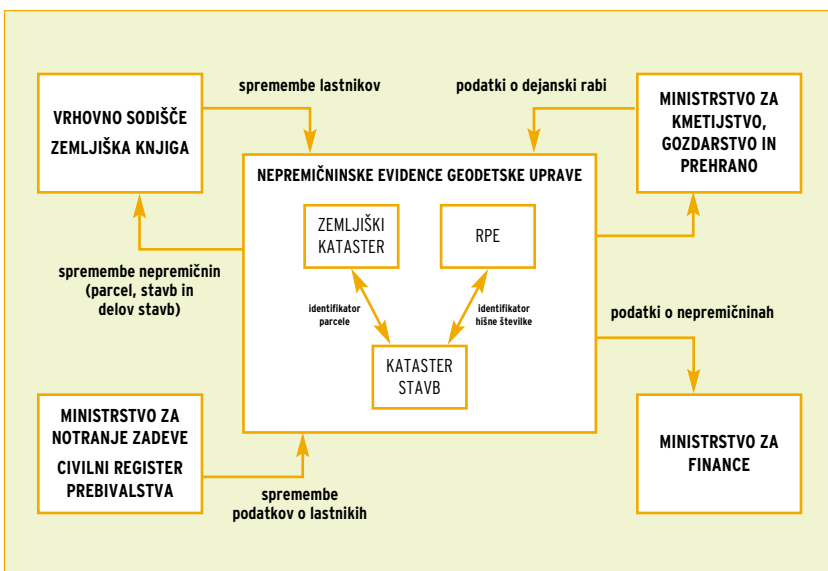
Geodetska uprava operativno vodi podprojekte Zemljiški kataster in kataster stavb, Razvoj sistema registracije stanovanj ter Podpora koordinaciji projekta in strateške študije. V okviru teh podprojektov, in skladno z razpoložljivimi proračunskimi sredstvi programov dela državne geodetske službe v zadnjih letih, so bili med najpomembnejšimi doseženi naslednji rezultati:

- izdelani digitalni ortofoto načrti za celotno območje Slovenije;
- izdelani digitalni katastrski načrti za celotno območje Slovenije;
- fotogrametrično zajete vse stavbe, večje od 4 m<sup>2</sup> in višje od 2 m, za celotno območje Slovenije;
- pripravljen predlog dolgoročne strategije s predlogi rešitev za pospešeno registracijo stanovanj v nepremičninskih evidencah;
- začeta dela na vzpostavitvi katastra stavb - registrskih podatkov;

- operacionalizacija delovanja projektne pisarne (sistemi spremljanja, poročanja in arhiviranja, finančnega poslovanja, naročanja in nabav po pravilih Mednarodne banke za obnovo in razvoj).

Med najpomembnejšimi planiranimi aktivnostmi, ki bodo trajale do konca projekta, je informacijska prenova nepremičninskih evidenc na geodetski upravi, ki se bo začela še v letu 2003.

Večina razpisov v projektu je bila mednarodnih in veliko večino le-teh so dobila slovenska podjetja – samostojno, v medsebojnih povezavah ali v povezavi s tujimi partnerji. Slovenska geodetska podjetja so pokazala visoko mero strokovne zrelosti in poslovnega znanja. Še večja odlika so pridobljena dela v projektu v okviru razpisov drugih ministrstev in se nanašajo na razvoj sistema množičnega vrednotenja nepremičnin in obdavčenja (nosilec: Ministrstvo za finance) ter zajemanja rabe kmetijskih in gozdnih zemljišč (nosilec: Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano). Veliko vlogo pri zagotavljanju kakovostne odzivnosti slovenskega geodetskega zasebnega sektorja sta imela Matična sekcija geodetov v okviru Inženirske zbornice Slovenije in Gospodarsko interesno združenje geodetskih izvajalcev.



**SLIKA 1**  
Prenova informacijskega sistema vodenja nepremičninskih evidenc na geodetski upravi

### Zemljiškokatastrski načrti v digitalni obliki in centralna baza podatkov zemljiškega katastra

S projektom digitalizacije zemljiškokatastrskih načrtov je geodetska uprava začela leta 1992 in ga konec leta 2002 dokončala za vso državo. V digitalno obliko je bilo zajetih 22.114 listov načrtov (5,1 milijona parcel), od katerih jih je že več kot polovica uradno uveljavljenih. Katastrske občine, ki so bile vodene v lokalnem koordinatnem sistemu, so bile postavljene v enotni državni koordinatni sistem s pomočjo ortofoto načrtov in posameznih zemljiškokatastrskih točk, izmerjenih na terenu. V letu 2002 so se začela dela v povezavi z dodatno izboljšavo položajne natančnosti teh načrtov.

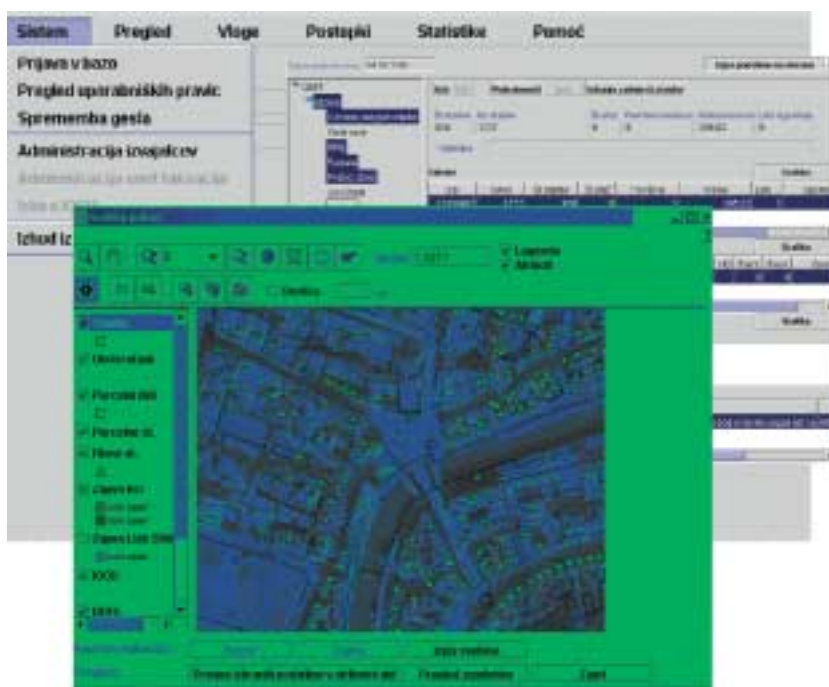
Pisni podatki zemljiškega katastra so na voljo v digitalni obliki v centralno vodeni evidenci od leta 1995 (uradni podatki o površini in vrsti rabe parcel ter drugi).

| Parcelna številka | Površina | Vrsta rabe | Drugi podatki |
|-------------------|----------|------------|---------------|
| 101/010/001       | 1200 m²  | Kmetijska  | ...           |
| 101/010/002       | 800 m²   | Gozdna     | ...           |
| 101/010/003       | 500 m²   | Stavbna    | ...           |
| 101/010/004       | 300 m²   | Trgovska   | ...           |
| 101/010/005       | 200 m²   | Prostorska | ...           |

**SLIKA 2**  
Pregled podatkov centralne baze zemljiškega katastra

### Zajem podatkov o stavbah in centralna baza podatkov katastra stavb

Geodetska uprava, v skladu z Zakonom o evidentiranju nepremičnin, državne meje in prostorskih enot, vzpostavlja kataster stavb z registrskimi in katastrskimi podatki za stavbe in dele stavb. V letu 2002 je bil dokončan fotogrametrični zajem podatkov o stavbah za vso državo (1.401.270 enot), kjer so bile poleg obrisov streh stavb zajete tudi karakteristične višine stavb. V letu 2004 bo dokončana vzpostavitev registrskih podatkov katastra stavb, ki se izdeluje na podlagi podatkov fotogrametričnega zajema podatkov o stavbah, podatkov zemljiškega katastra, registra prostorskih enot, centralnega registra prebivalstva, poslovnega registra Slovenije, plačnikov električne energije, plačnikov nadomestila za uporabo stavbnih zemljišč po posameznih občinah, upravnikov večstanovanjskih stavb, agregatnih podatkov statistike ter nekaterih drugih. Po zaključku projekta se predvideva, da bo končno število vseh stavb v Sloveniji 1,2 milijona.



SLIKA 3  
Pregled podatkov v centralni bazi  
katastra stavb

Vzpostavljena je centralno vodena aplikacija za vodenje podatkov o stavbah in delih stavb, kjer se vodijo obrisi stavb in že vpisani katastrski podatki.

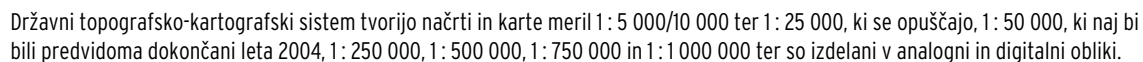
### Ortofoto načrti, državni načrti in karte

Slovenija je v celoti prekrita z ortofoto načrti (3.258 slik v mreži listov v merilu 1 : 5 000) iz časovnega obdobja 1997 - 2003. Ortofoto načrti se izdelujejo iz posnetkov cikličnega aerosnemanja, ki se izvaja v črno-beli tehniki v merilu 1 : 17 500 ob trenutnem ciklu štirih let. Geodetska uprava načrtuje, da bo ortofoto načrte obnavljala na 6 do 9 let in da bo v naslednjih letih uvedla barvna aerosnemanja.



SLIKA 4  
Digitalni ortofoto načrt s pretiskom  
plastnic, hidrografije in stavb





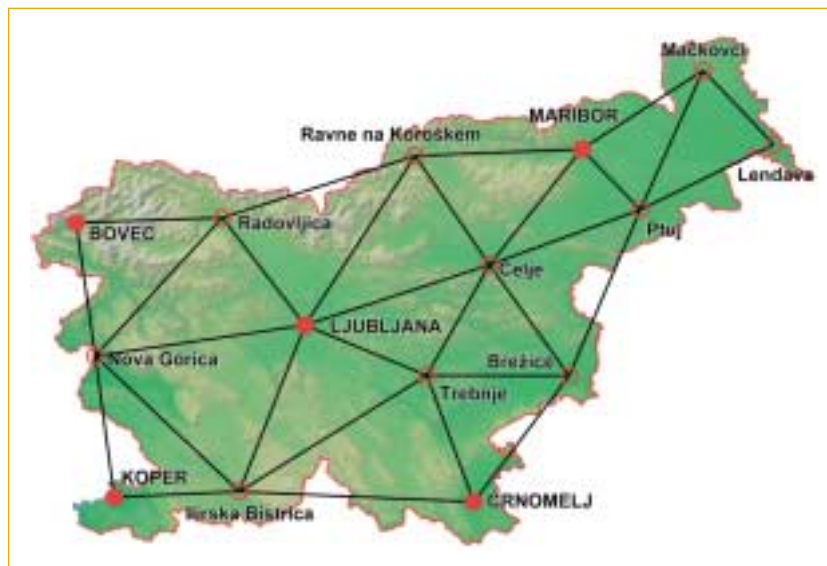
Geodetska uprava je za celotno območje države izdelala topografsko bazo natančnosti 1 : 25 000 (GKB25) v vektorski obliki. Začela je vzpostavljati topografsko bazo podatkov velike natančnosti (TOP05) po posameznih slojih v vektorski obliki: ceste in cestni objekti, hidrografija in objekti na vodah, železnica in železniški objekti, relief, zemljepisna imena. Poleg izdelave podatkovne baze za intenzivni del območja države je cilj tudi neposredno prevzemanje podatkov od nosilnih institucij, ki upravljajo z izvornimi podatki.

V registru zemljepisnih imen so zajeta imena krajev, voda, reliefnih oblik in krajinskih delov. Zajeta so iz kartografskih gradiv meril 1 : 5 000/10 000, 1 : 25 000 in 1 : 250 000.



### GPS-služba in podatki osnovnega geodetskega sistema

Podatki osnovnega geodetskega sistema (položajna, višinska, gravimetrična mreža) predstavljajo temelje državnega koordinatnega sistema, ki se bo v prihodnosti, skladno z evropskimi smernicami, transformiral v enotni evropski koordinatni sistem. Za namene zanesljivejšega in natančnejšega določanja lokacij uvaja geodetska uprava omrežje permanentnih GPS-postaj, kjer so v Sloveniji od predvidenih 13-15 postaj delujoče že štiri postaje.



SLIKA 7  
Načrtovano in realizirano omrežje  
permanentnih GPS-postaj

### Dostop do podatkov zemljiškega katastra in registra prostorskih enot

Skladno s strategijo e-poslovanja v javni upravi tudi geodetska uprava uvaja elektronski dostop do distribucijskih baz geodetskih podatkov. Tako je geodetska uprava v letu 2002, ob sodelovanju Centra Vlade Republike Slovenije za informatiko, zagotovila dostop do pisnih podatkov zemljiškega katastra (glej tudi: centralna baza podatkov zemljiškega katastra) in registra prostorskih enot (prostorske enote, ulice, hišne številke) za vse upravne enote ter nekatera ministrstva (letno se iz teh evidenc izda okoli 35.000 uradnih potrdil - posestnih listov, lastninskih listov, podatkov o parceli, podatkov o hišni številki - ki so uporabljeni v različnih upravnih postopkih na upravnih enotah). V enotno distribucijsko okolje so že preneseni podatki katastra stavb, registra zemljepisnih imen, evidence položajnih in višinskih geodetskih točk ter evidence elaboratov. S tem se je razvoj na področju zagotavljanja elektronskega dostopa do podatkov geodetske službe začel, cilj geodetske uprave pa je omogočiti dostop in uporabo vseh podatkov iz geodetskih evidenc in registrov uporabnikom na čim bolj varen, prijazen in hiter način.

INTRANET aplikacija: Register prostorskih enot

| Hišne številke           | Upravne enote                 |
|--------------------------|-------------------------------|
| Občine in hišne številke | Volišne enote za drž. volitve |
| Naselja                  | Volišni okraj za drž. volitve |
| Ulice                    | Volišča za drž. volitve       |
| Statistični okoliši      | Volišča za lok. volitve       |
| Prostorski okoliši       | Volišne enote za lok. volitve |
| Katastrske občine        | Krajevne skupnosti            |
| Katastrski okraj         | Vaške skupnosti               |
| Geodetske uprave         | Mestne četrti                 |
| Območne geodetske uprave | Stare krajevne skupnosti      |
| Katastrske uprave        | Stare občine (do 31.12.1994)  |

SLIKA 8  
Pregled podatkov v centralni bazi  
registra prostorskih enot

Pregled podatkov o hišnih številkah

RPE - Hišne številke

Vsestojni seznam hišnih številk:

ISS: MID:  na

Šifra občine:

Šifra ulice:

Šifra naselja:

Šifra mesta:

Šifra države:

Šifra hišne številke:

Dodatenk:





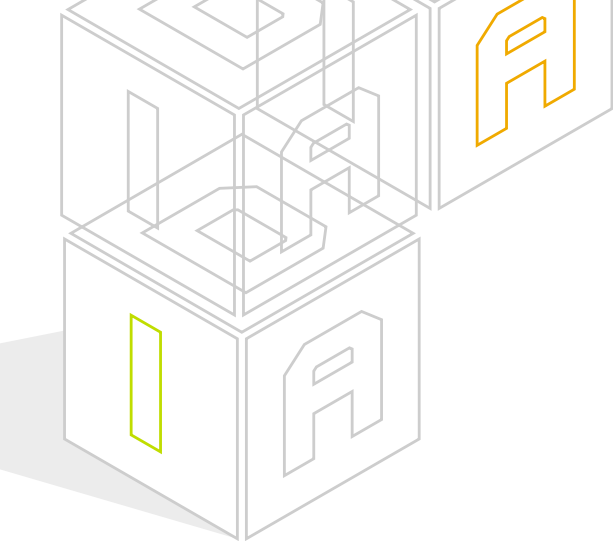
Geodetska stroka bi se morda lahko poskusila v večji meri vključiti v vzpostavljanje kmetijskega informacijskega sistema, podporo dodeljevanja in preverjanja subvencij, vzpostavljanje katastrov trajnih nasadov in v druge naloge, kjer na Ministrstvu za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano uporabljajo geodetske evidence. Ena od večjih priložnosti je morda prav ta na kmetijskem in gozdarskem področju.

## ZAKLJUČEK

Prispevek lahko strnemo z ugotovitvijo, da skupne priložnosti na geodetskem strokovnem področju ustvarjamo že dlje časa, pa naj gre za sodelovanje znotraj državne ali javne uprave ali za sodelovanje in partnerski odnos med javnim in zasebnim sektorjem. Ob sodelovanju, poznavanju zahtev uporabnikov, prenosu znanja in izkušenj ter medsebojnem zaupanju si oba partnerja, javni in zasebni, delita pozitivne učinke, kot tudi morebitno tveganje. To pa je tudi največji izziv za iskanje novih partnerstev in s tem priložnosti znotraj in tudi zunaj geodetske stroke in dejavnosti.

## VIRI IN LITERATURA

1. Geodetska uprava Republike Slovenije, 2003a, Letno poročilo o delu Geodetske uprave Republike Slovenije 2002, Ljubljana
2. Geodetska uprava Republike Slovenije, 2003b, Program dela državne geodetske službe 2003 in 2004, Ljubljana
3. Kupic, A., Režek, J., Mladenovič, U., 2003c, Elektronski dostop do geodetskih podatkov, Posvetovanje: Država, državljani, stanovanja, Portorož
4. Lipej, B. et al. (geodetska uprava), 2003d, Analiza vplivov vstopa Slovenije v Evropsko zvezo na geodetsko službo, Ljubljana
5. Lipej, B., 2003e, Prostorski podatki za urejanje prostora in upravljanje z nepremičninami, Posvet: Imate prostor? Odprimo ga!, Čatež
6. Projekt posodobitve evidentiranja nepremičnin, Vmesni rezultati, maj 2002, Ljubljana, str. 4-10
7. Zakon o evidentiranju nepremičnin, državne meje in prostorskih enot, Ur.l. RS, št. 52/2000, 87/2002
8. Zakon o geodetski dejavnosti, Ur.l. RS, št. 8/2000, 110/2002



# Urbani management – Razvoj Ljubljane v tranzicijskem obdobju

## URBAN MANAGEMENT – DEVELOPMENT OF LJUBLJANA CITY IN TRANSITION PERIOD

dr. Bogo Zupančič, univ.dipl.inž.arh., samostojni kulturni ustvarjalec

### ABSTRACT

The previous period related to urban town planning in Ljubljana has not been successful because of numerous problems connected with privatization, denationalization, reestablishment of real estate market, implementing of the new laws and institutions as well as incredible reaction speed of speculators. Many things will have to be improved, it is necessary to limit the power of speculative groups and to increase the transparency of the market activities. However, the real estate market is established and the new players as well as the new regulative framework have been formed. The market works according to its rules and depending on the power of the players; the biggest problems are associated with the implementation of the new regulation and politics. Due to the inherited and the current problems, previous city development was blind, not inter-connected and even chaotic. The architecture in the transition period was characterized and reflected by technological change from industrial into post-industrial society. The municipality of Ljubljana (MOL), in spite of several efforts, was not able to form its own new visions and town

plans. With the exception of few good examples, the numerous poorly articulated projects have prevailed. Alas, city with every new building and intervention loses its charm and harmony. Several transition and very centralized institutions, such as for example funds, should disappear after the transition period is over. Will this really happen? It would be recommendable to establish several new forums, such as Slovene city presentation forum together with the exhibition, also in the international environment. The non-profitable developers should be more welcome and we should strive for connected approach of public institutions, associations, museums, faculties and also different chambers. I am sure that the (in practice) reasonable traffic restructuration will follow the residential housing development program and other programs. It seems that the real battle among more and more precisely formed players is still at the beginning. I am sure that it will lead into the improvement of city living space in entire satisfaction of all of us.

### 1. UVOD ALI KAJ JE MANAGEMENT IN TRANZICIJA

V prispevku se bom osredotočil na urbani management in mesto Ljubljano v prehodnem obdobju, ko sta bila župana Jože Strgar in Dimitrij Rupel ter županji Viktorija Potočnik in Danica Simčič. Ob desetletnici osamosvojitve Slovenije je bilo slišati, da se z vstopom v EU pri nas zaključuje tranzicijsko obdobje. To je priložnost za pogled nanj in naprej, kot tudi za kritičen pregled razvoja prestolnice. Prispevek pomeni zaradi kompleksnosti in obsega pojavov, pa tudi zaradi omejitve tega prispevka poskus pregleda razvoja Ljubljane v tranziciji, predvsem v arhitekturi in z njimi povezanimi področji.

Tranzicija se pojmuje kot prehodni čas iz socialističnega sistema v kapitalizem, ko naj bi pripravili vse potrebno za delovanje tržne ekonomije, uvedli demokracijo, izvedli privatizacijo ... Spremenilo se je dobesedno vse: zakonodaja na številnih področjih, organiziranost stroke, teoretska načela, tržišča, priča smo (bili) tehnološkemu napredku, spremembi miselnosti. V razvitih državah je privatizacija potekala na že izoblikovane akterje in v manjšem obsegu. Ker novih igralcev pri nas ni bilo, se ni čuditi, da ni bilo razprav in javnih polemik, kot v razvitih sredinah.

Management je povezovanje in usklajevanje dejavnosti podjetja, usmerjeno v uresničevanje skupne naloge in cilja delovanja. Je del procesa odločanja v podjetju in vključuje planiranje, organiziranje, vodenje in nadzor, piše v enciklopediji Slovenije. Geslo je zanimivo zato, ker v nadaljevanju zvemo, da začetki managementa pri nas datirajo v sredo šestdesetih let. Politično nasprotovanje tehnokraciji in omejevanje svobodnega poslovnega življenja v sedemdesetih sta začetne poskuse izobraževanja managerjev zavrgla. Šele konec osemdesetih let se je zavest o pomenu dobrega managementa ponovno uveljavila. Poznamo strateški, urbani, okoljevarstveni, projektni, finančni menedžment, menedžment stavbnih zemljišč, pa tudi partnerstvo javnega in zasebnega sektorja ...

Skratka, urbani management lahko opredelimo kot upravljanje z mestnimi prostori usmerjeno v uresničevanje mestnih nalog in ciljev. Kako poteka v Ljubljani, kdo ga vodi, je seveda odvisno od ljudi in dejavnikov v danem času in prostoru. Gre za ekonomske, družbene in tehnološke dejavnike, gre tudi za podjetništvo, kapital, znanje in delovno silo. Socialistična načela so bila družbena last-



nina, dogovorna ekonomija, politični monopol. Sedanji kapitalizem temelji na tržni ekonomiji, znotraj vse bolj liberalnega in globalnega okolja, demokraciji in zasebni lastnini. Bistvo tržne ekonomije je trg oziroma ponudba in povpraševanje. Neposredno odločanje se vrši v obliki volitev in z referendumi. Številne družbene skupine v razvitih in tudi manj razvitih sredinah čedalje bolj dvomijo v svetost zasebne lastnine, saj globalizacija poteka tako, da imajo koristi od nje le redki, zato naj bi bili načeli demokracije in trga v naprotju. Iz sveta, kjer je bila najpomembnejša ideologija, smo prešli v svet, kjer so interesi kapitala najmočnejši dejavnik v prostoru.



SLIKA 1  
Ljubljana leta 2000

## 2. IGRALCI IN NEKATERA ORODJA

Glavni trije igralci v prostoru so javni in zasebni sektor ter uporabniki, pomembno mesto ima civilna družba, mednarodne organizacije pa dolgoročno strateško. V praksi znotraj posameznih projektov gre za sila raznolike nabore igralcev, njihovih vlog in koalicij v specifičnih okoljih. Odnosi znotraj javnega sektorja se nanašajo na pristojnosti: v čigavi domeni je kaj in koliko finančnih sredstev bo dobilo posamezno ministrstvo za uresničitev svojih nalog. Med javnim in zasebnim sektorjem obstajajo spori glede interesov, odnos obremenjuje tudi pomanjkanje investicij. Odnos med javnim sektorjem in uporabniki zaznamujejo pritožbe slednjih: npr. na trgu ni dovolj stanovanj, dostopnost do stanovanj je premajhna itd. Zasebni sektor se pritožuje nad javnim sektorjem zaradi monopolov države in previsokih davkov, ki jih plačuje. Odnosi znotraj zasebnega sektorja se nanašajo na konkurenco oziroma tekmovanje. Zasebni sektor ni zadovoljen s stanovalci, ki nimajo dovolj denarja za njihove usluge ali izdelke. Stanovalci so v sporu z javnim sektorjem zaradi denarja. Bogati želijo nižje davke, srednji sloj večjo varnost denarja, revni pa si želijo, da bi zbrali dovolj finančnih sredstev za prvi polog pri nakupu stanovanja. Stanovalci se bojijo nepravilnosti znotraj zasebnega sektorja, ki se kažejo v obliki neizpolnjenih obveznosti do kupcev (primer afera Zbiljski gaj). Stanovalci si želijo boljše dostopnosti za nakup ali najem stanovanj v zasebnem sektorju. Odnosi med stanovalci so različni, če niso dobri, ali vsaj nevtralni, so slabi.

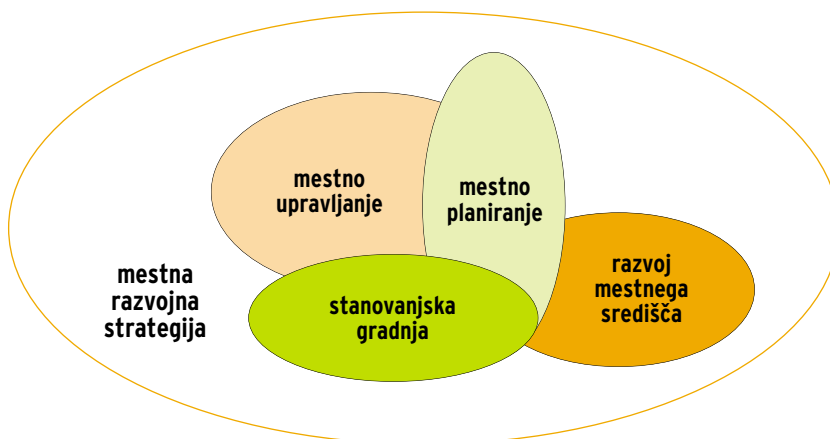
|                         | Javni sektor                                                            | Zasebni sektor                                | Stanovalci (uporabniki)                 |
|-------------------------|-------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|
| Javni sektor            | spori glede pristojnosti in financ                                      | spori glede interesov, pomanjkanje investicij | pritoževanje                            |
| Zasebni sektor          | državni monopol, davki                                                  | konkurenca, tekmovanje                        | pomanjkanje denarja                     |
| Stanovalci (uporabniki) | bogati - nižje davke, srednji sloj - varnost denarja, revni - 1. dostop | nepravilnosti (Zbiljski gaj) dostopnost       | dobri, nevtralni, slabi sosedski odnosi |

TABELA 1  
Odnosi med akterji na stanovanjskem področju

Vir: SHPM Course. Rotterdam: IHS 24. 10. - 5. 12. 1997

Javni sektor se zavzema za javni blagor in predstavlja tiste dobrine in usluge, ki jih ni mogoče zagotoviti za vse z ekonomskimi procesi. Prevzeti mora odgovornost za infrastrukturo, zdravstvo, javni transport, izobraževanje in drugo. Zasebni sektor zanima predvsem dobiček, stanovalce pa blaginja. Civilno družba, ki jo sestavljajo nevladne organizacije, društva, univerze itn., povezuje vse glavne akterje in predstavlja nekakšno srž družbe. Delovanje civilne družbe teži k sinergiji in harmoniji družbenega razvoja. Za razliko od civilne družbe pa predvsem javni in zasebni sektor ter, nekoliko manj, uporabniki predstavljajo neravnotežne akterje. Zasebni sektor je praviloma dinamičen in prilagodljiv, javni sektor pa počasen in zbirokratiziran. Nekoč najpomembnejši igralec na prostorskem področju je bila država, vendar se je njen neposredni vpliv zmanjšal, krepi pa se njen posredni vpliv pri delovanju nedržavnih akterjev.

Trg nepremičnin ni prosti trg, javni sektor se neprestano bolj ali manj vmešava vanj. Nabor orodij, s katerimi posega javni sektor na prostorsko področje, je velik. Mednje sodijo 1. planski instrumenti (na primer upravni monopol za planiranje in prostorski nadzor ...), 2. davčni (davek na premoženje, nadomestilo za uporabo stavbnega zemljišča ...), 3. tržni (nakup in zamenjava zemljišč ...), 4. finančni (posojila, pogojevanje cene ...), 5. upravni instrumenti (razlastitev ...). Za vodenje mestne razvojne politike, bi mesta morala imeti lastne instrumente, kot je bil, na primer, med obema vojnama davek imenovan prirastkarnina. Pri nas gradbeno dovoljenje izdaja Upravna enota, torej država, kar govori o veliki centraliziranosti.



SLIKA 2  
Odnosi med stanovanjskim področjem  
in drugimi področji

Vir: Jaleniewski M. Reader/Handout SHPM - introduction. Rotterdam: IHS 1997: 7



SLIKA 3  
Akteji (igralci) na nepremičninskem  
področju

Vir: Jaleniewski M. Reader/Handout SHPM - introduction. Rotterdam: IHS 1997: 8-9

### 3. PRIMERI, FENOMENI ALI POSLEDICE URBANE TRANZICIJE:

#### O raztezajočih (med)predmestjih

Raztezajoče urbane strukture so podedovan fenomen preteklega obdobja in so posledica pomanjkanja sredstev (bolje rečeno organiziranosti!), da bi mesto pripravilo dovolj komunalno opremljenih zemljišč. Nekdaj so samo(črno)graditelji gradili v bližini obstoječih cest, družbeni sektor pa je kasneje s komunalno sanacijo, bloki in stolpiči eksterne stroške prelevil na širšo skupnost. V tranzicijskem obdobju ni prišlo do ponudbe komunalno opremljenih stavbnih zemljišč v zadostni količini. Visoka cena stavbnih zemljišč bi morala pognati stavbe v višino, vendar se to pri nas ne dogaja zaradi omejitev. Ker ni mogoče zgostiti stanovanjskih struktur, čeprav vidimo številne zanemarjene parcele znotraj mesta, se stanovanjska naselja selijo v Stanežiče in podobne druge lokacije. Urbano razraščanje se nadaljuje.

#### O pozidavi javnih in odprtih (tudi zasebnih) površin

Če mestna uprava nima jasne vizije in mestnega načrta, hkrati pa vlada načelo, da je kjerkoli mogoče zgraditi karkoli, v prostoru prevladujejo najmočnejši, predvsem na račun najšibkejših stanovalcev in uporabnikov. Primerov je veliko. Obdobje tranzicije zaznamuje vrsta vprašljivih, tudi legalnih, posegov na račun odprtih površin, kot so dvorišča, zelenice, obrežja, vmesni prostori itn. Razbohotile so se nadzidave, govorimo o fenomenu prizidkarstva, dozidujejo se ne samo individualne hiše v, na primer, Rožni dolini, ampak tudi Narodna galerija, pripravljeni so načrti za Opero, Dramo.



SLIKA 4  
Primer zapiranja Štefanove ulice

#### O mestni viziji in mestnem načrtu

Prestolnica se vse od razglasitve naprej ne razvija znotraj jasne vizije, zato se ni čuditi, da ni prestolničnih projektov in potez. Mestni načrt Ljubljana za obdobje 1986 - 2000 je bil zaradi spremenjenih družbenih in ekonomskih razmer potreben takojšnje in temeljite spremembe. Do resnih razmišljanj je prišlo šele leta 2000 z Zasnovo prostorskega razvoja MOL, ko so se začeli očitno kazati rezultati »tranzicije«. Prostorski plan je temeljni urbanistični dokument in orodje. Prostorska zasnova mesta je bila potrjena na Mestnem svetu, vendar ni bila vpeta v veljavno zakonodajo, zato ni šla »skozi«. Sedaj ima status »priporočljivega« dokumenta, ki ni obvezujoč. Zasnova ni bila sprejeta tudi zaradi spopada med strokovnjaki - zagovorniki na MOL in nasprotniki zbranimi okoli Društva arhitektov Ljubljana in verjetno še česa. Ljubljana se še naprej razvija stihijsko.

#### O ljubljanskem prometu, železniški postaji

Promet je povezan s komunikacijo, komunikacija je - nikoli bolj kot danes - bistvo razvoja. Mestni javni transport je esenca mesta, osrednja železniška postaja njen dragulj. Območje okoli ljubljanske železniške postaje je verjetno zadnja priložnost, ne samo, da se poveže središče in Bežigrad, ampak tudi, da se aktivira in osmisli celotno ožje mestno središče in oblikuje osrednje slovensko središče. Različic in natečajev z vsemogočimi predlogi ter spori je bilo veliko. Kdo bo prerezal ta prometni gordijski voz? Zdi se, da se zgodba o projektu železniške postaje podobna zgodbi o mestnem načrtu. Ljubljana je glede velikih projektov neoperativna, kar blokira njen razvoj, prestolnica bi morala narediti postajo že pred desetimi, dvastetimi leti.

#### O novi organiziranosti stroke, razstavah, okroglih mizah, novi lobijih

Nekdanja organiziranost arhitektov, kjer se je nekoč vse vrtelo znotraj ali okoli društev se je razdelila na zbornični del (IZS, DAPS) in društvo. Zbornica skrbi za dvig poslovne kulture, društva pa bolj za etične zadeve. Število razstav, publikacij, nagrad in dogodkov povezanih z arhitekturo, je skokovito naraslo. Omenil bi pregledni razstavi DAL (Arhitektura: inventura 1995-2000 in arhitektura inventura 2000-2002 evidenca), tu je tudi nove nagrade je za najboljšo jekleno konstrukcijo, ki jo podeljuje GZS. Število razprav ob





**SLIKA 5**  
Publikacije, ki so bile izdane ob izdelavi  
Prostorske zasnove mesta Ljubljane

mestnem načrtu, večeri in predavanja v Dessi. Ob tradicionalnih strokovnih srečanjih in omizjih, so se pojavila talk show strokovna srečanja. Eno takšnih je vodil urednik Financ Peter Frankl v hotelu Lev, ob tradicionalnih festivalih so se pojavili še novi, kot sta bila Bionični teritoriji in Ultraskin. Število revij povezanih z arhitekturo je skokovito naraslo nekatere tuje posegajo tudi v naš kulturni prostor, kot je na primer hrvaški Oris. Poskus arhitektov zbranih okoli revije AB, da bi dobili (dvo)tedensko stran v časopisu Delo se niso uresničela. Novost in že nujnost so internetni portali, kot je na primer [www.trajekt.org](http://www.trajekt.org). Večina revij in portalov je promotivne narave, v revije pišejo arhitekti sami ali njihovi prijatelji, prave resnične kritike, kot refleksije stroke je malo, vendar se tudi tu najde kaj. Če je med obema vojnama veljala naveza Plečnik - Prelovšek - Stele, so se pojavile številne nove bolj ali manj vplivne naveze.

### O zanemarjenih objektih in rušitvah najboljše povojne arhitekture ...

Zaradi lege na najboljših lokacijah, sprememb lastništva, predvsem pa dobičkonosnih pričakovanj je prišlo do rušitve kakovostne arhitekture šestdesetih let (največ objektov so iznakazili arhitektu Savinu Severju ob Dunajski cesti). Kot so opozorili razpravljalci na okrogli mizi v galeriji Dessi 29. septembra 2003 ob razstavi »Porušene, iznakažene, ogrožene« se ruši, ker v širši javnosti ni prišlo do miselnega preobrata, da kakovostna moderna arhitektura pomeni vrednoto. Enači se jo s socializmom in njenimi deviantnimi oblikami. Agresivni kapital kupuje vse, stroka je neenotna, saj so arhitekti tako storilci kot branilci. Vrzeli obstajajo v zakonodaji in tudi v postopkih-izvajanjih samih. Primanjkuje tudi strokovnjakov in sredstev, ki bi ovrednotili arhitekturo, da kriterijev niti ne ome- njam.



**SLIKA 6**  
Mestni upravljalci v tranzicijskem času  
niso uspeli preoblikovati in povezati  
"tranzicijskega" obročja, kar je bilo  
(ima) usodne posledice za nadaljnji  
razvoj mesta



#### **0 (novih) trgovskih središč ali zakaj ni kulturnih centrov**

Trgovska središča na obrobju so nastala ob vpadnicah in v bližini obvoznice: BTC, Le Clerc, Interspar, Mercator (Živila) so delno posledica dejstva, da se te dejavnosti v - z avtomobili natrpanem - središču niso mogla razviti. Zaradi slabe prometne dostopnosti postajajo nekatera območja v središču (primer je Metalka) opustela, druga pa drive-in območja, ki naj bi se hitro napolnila in izpraznila, vendar se ne. Bivalni pogoji v središču se navkljub deklaracijam in študijah o trajnostnem razvoju slabšajo. Zdi se, da se mestna uprava ni znašla, ni hotela ali vedela s pogajanjem izposlovati malih trgovin v središču v zameno za številna trgovska središča ob obvoznici. Trgovske površine so se znatno povečale, stanovanjske in kulturne pa ne. Leta 1992 je bilo 0,47 kvadratnega metra prodajnih površin na prebivalca, leta 2000 se je ta delež povzpел na 1,21.

Tranzicijsko območje med starim središčem, kjer stojijo nekdanje tovarne in vojašnice, in novimi predeli se ni vsebinsko preoblikovalo in povežalo v nov obroč. Gre za Tobačno tovarno, pivovarno Union, območje železniške postaje, tovarno Kolinska, območje Klavnice, Cukrarne, vojašnice na Metelkovi-Taboru, Parmovi in Roški.

#### **4. SKLEP IN PREDLOGI**

Prehodno obdobje povezano z urbanostjo v Ljubljani ni (bilo) uspešno zaradi številnih težav povezanih z privatizacijo, denacionalizacijo, vzpostavljanjem nepremičninskega trga, novih zakonov in institucij ter neverjetno hitrostjo špekulantov. Marsikaj bo potrebno izboljšati, omejiti moč špekulativnih navez in ustvariti večjo preglednost delovanja. Vendar je nepremičninski trg vzpostavljen, oblikovani so novi akterji in zakonski okvirji. Trg deluje v skladu z njegovimi pravili in močjo akterjev, največji problemi so v delovanju (izvajanju) regulative in politike. Razvoj mesta je bil zaradi podedovanih in novih problemov nepovezan in stihijski, celo kaotičen. Arhitekturo v času tranzicije zaznamuje tehnološki preskok iz industrijske v postindustrijsko družbo, kar se pozna na njeni podobi. MOL navkljub nekaterim prizadevanjem ni mogla oblikovati novih vizij in mestnih načrtov, njim lastnih orodij. Razen redkih dobrih primerov prevladujejo številni slabo artikulirani projekti. Žal mesto z vsako novo stavbo in posegom izgublja ljubkost, harmonijo in preglednost. Nekatere prehodne in zelo centralizirane institucije, kot so na primer skladi, bi morali v prehodu iz tranzicije v normalnost izginiti. Pa bodo? Dobrodošlo bi bilo vzpostaviti nekatere nove forume, kot je borza slovenskih mest z razstavo vred, tudi v mednarodnem okolju. Neprofitni developerji bi morali postati bolj zaželeni in želeli si je povezovalni pristop javnih institucij, društev, muzejev, fakultet in tudi zbornic. Prepričan sem, da bo prevladalo tudi v praksi prometno prestrukturiranje mesta skupaj s stanovanjskimi in drugimi programi. Zdi se, da se pravi boj med vse bolj izoblikovanimi igralci šele začneja. Prepričan sem, da bo vodil v izboljšavo mestnega prostora in bo v zadovoljstvo vseh.

#### **VIRI**

1. Bibič, Bratko, Hrup z Metelkove - Tranzicije prostorov in kulture v Ljubljani, Ljubljana: Mirovni inštitut 2003
2. Jeleniewski, Max, IHSUD, Rotterdam, študijsko gradivo za tečaj o stanovanjskem medenžmentu
3. Košir, Fedja, Izbrani članki: Inventura: tokovi v slovenski arhitekturi in urbanizmu devetdesetih let, Ljubljana: FA 2000
4. Zupančič, Bogo, Stanovanjska arhitektura v tržnih pogojih (disertacija), Ljubljana: FA 2000
5. Zupančič, Bogo, Ljubljanski Nebotičnik - denar in arhitektura, Ljubljana: UI RS 2001
6. Zupančič, Bogo, različni članki iz obdobja 2000 - 2003 napisani za časopis Delo: Komu v mestu je mar za obrežje, 29. april 2000:3; Štrikanje gnezd, 19. maja 2000:3; Klientelizem ali podjetništvo na Čopovi, 28. november 2001: x; Denar, zatem slava, na koncu pa interes mesta, 5. junij 2001: 3; S pogledom v sosedov loncec, 25. marec 2002: 3; Evropska mesta se tržijo javno, slovenska pa pod mizo, 3. april 2002: 5; Manj zelen Grajski grič, 25. september 2003: 4.
7. Zupančič, Bogo, Če uničiš javni transport, uničiš mesto (pogovor - Max Jeleniewski, urbani manager iz Rotterdama), Ljubljana: Delo, Sobotna priloga 27. september 2003: 28-29

# Energetsko učinkovita in trajnostna gradnja

## CONSTRUCTION OF ENERGY EFFICIENT AND SUSTAINABLE BUILDINGS

dr. Marjana Šijanec Zavrl, univ.dipl.inž.grad.

Gradbeni inštitut ZRMK

### POVZETEK

Prispevek na kratko povzema dosedanje aktivnosti na področju učinkovite rabe energije v stavbah in predstavlja nove zahteve in pristope, ki jih bomo na podlagi Direktive EU o toplotnih lastnostih stavb morali do začetka leta 2006 uveljaviti tudi v slovenskem prostoru. Pričakujemo lahko večjo potrebo po integraciji različnih strok že v fazi načrtovanja stavbe in več poudarka na označevanju energijske učinkovitosti tako proizvodov kot celotnih stavb, kajti tudi slednje prispeva k »zelenim« odločitvam v fazi načrtovanja, gradnje in uporabe stavb. Ne le stroka tudi naložbeniki in uporabniki stavb se vedno bolj zavedamo pomena zdravega notranjega okolja in ohranjanja ravnovesja v zunanjem okolju. Tudi država se je v strateških dokumentih opredelila za trajnostni razvoj na področju prostorskega, ekonomskega, socialnega in okoljskega ravnanja. Preneseno na področje stavb to pomeni potrebo po gradnji trajnostnih stavb in s tem povečano skrb ne le za energijo, pač pa tudi za področje virov, gradbenih materialov in surovin, voda, prometa, zdravja ljudi, flore in favne ter širših socialnih in kulturnih vidikov gradnje stavb. Prispevek predstavlja možne načine podpore inženirski stroki pri udejanjanju načela gradnje trajnostnih stavb.

### ABSTRACT

Recent activities in the field of efficient use of energy in buildings as well as the new requirements and approaches to be implemented before beginning of 2006 due to the new EU Directive on energy performance of buildings are presented. It will be necessary to strengthen the integration of different engineering professions at the building design phase and to increase the activities in energy labelling of energy efficient building products and buildings as a whole, since energy labelling is one of the important instruments for supporting »green« decisions in design, construction and operation phase. Not only the professionals also the investors and building users are becoming more and more aware of the importance of the healthy indoor environment and preservation of equilibrium in the outer environment. Sustainable development of the built environment in the economic, environmental and social aspect is also a strategic goal of Slovenia. Application of this goal in the field of buildings requires implementation of sustainable building, and thus more interest not only for energy, but also for materials, resources, water, traffic, health, flora and fauna as well as social and cultural issues when planning new buildings. In the paper some possible ways towards sustainable building are presented.

### 1. UVOD

Ko smo tudi v Sloveniji po prvi energetske krizi pred več kot dvema desetletjema začeli intenzivneje razmišljati o različnih vidikih sodelovanja stavbe, človeka in okolja, so sledile različne študije, ki so presojale potencialne učinkovite rabe energije v stavbah in vključevanje obnovljivih virov energije. V devetdesetih letih si je Slovenija začrtala program aktivnosti na področju učinkovite rabe energije v stavbah in izvedla nekaj evropsko primerljivih projektov: od energetskega svetovanja, ocene tehničnega, ekonomskega in socialno sprejemljivega energetskega varčevalnega potenciala v stavbah, do subvencij za občane, uvajanja energetskih pregledov, spodbujanja investicij v učinkovito rabo energije in uvajanja novih načinov financiranja v ukrepe učinkovite rabe energije. Pred dobrim letom so bili sprejeti novi predpisi za toploto v stavbah, uvaja se energetska izkaznica kot novi tržni spodbujevalni inštrument in država pripravlja vrsto spodbujevalnih programov na področju učinkovite rabe in obnovljivih virov energije.

Če je pri tem interes države predvsem manjša oz. učinkovitejša raba energije, manjša energetska odvisnost in skrb za čistejšo okolje ter zdravje človeka in nenazadnje izpolnjevanje mednarodnih obvez na področju zmanjševanja emisij, je na strani uporabnikov stavb interes zmanjšanje stroškov in izboljšanje bivalnih pogojev, medtem ko investitorje gradnje stavb za trg zanimajo predvsem ekonomski kazalci naložbe.

Ekonomske motiv ni dovolj, da bi prišli do energetsko učinkovitih stavb, pomembno gibalno napredka predstavljata varovanje okolja in kakovost človekovega bivalnega okolja.

Omenjeno področje pokriva kar nekaj direktiv EU, od Direktive o gradbenih proizvodih, preko bolj programske naravnane Direktive SAVE, do pred slabim letom sprejete Direktive o energijskih lastnostih stavb, ki predpisuje povsem konkretne aktivnosti za uresničanje velikega energetskega učinkovitega potenciala v stavbah. Pričakujemo lahko, da bo ravno zadnja direktiva imela pomembne posledice za inženirsko stroko.



## 2. NOVI PRISTOP K ENERGETSKO UČINKOVITI GRADNJI STAVB

Evropska skupnost je decembra lani sprejela novo Direktivo EU o energijskih lastnostih stavb (2002/91/EC). Njen namen je učinkoviteje kot do sedaj spodbuditi izkoriščanje velikih možnosti za učinkovito rabo energije pri novih in obstoječih stavbah ter hkrati zmanjšati velike razlike med rezultati dosedanjih tovrstnih programov v državah članicah.

V Sloveniji bo na osnovi te direktive v naslednjih treh letih potrebno razviti programe obveznega energetskega certificiranja stavb, rednega pregleda kotlov in naprav za klimatizacijo, ob večjih prenovah zagotoviti sočasno energetske sanacije stavbe ter pri večjih novogradnjah že v fazi načrtovanja preučiti možnosti uporabe energetske učinkovitih tehnologij in pristopov.

### 2.1 Ozadje sprejetja direktive

Razlogov za sprejetje nove Direktive EU se je po letu 1993, ko je stopila v veljavo Direktiva EU SAVE (93/76/EEC) za omejevanje emisij ogljikovega dioksida z izboljšanjem energetske učinkovitosti (EE), oblikovalo kar nekaj. Združimo jih lahko v ugotovitev, da je po obdobju ugotavljanja možnosti za učinkovito rabo energije v stavbah potrebno preiti od besed k dejanjem in močnejše spodbuditi realizacijo tovrstnih projektov v novih in obstoječih stavbah.

Pri oblikovanju nove direktive o toplotnih lastnostih stavb je Evropska komisija upoštevala naslednja izhodišča:

- Učinkovita raba energije predstavlja pomemben prispevek k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov in tako k uresničevanju obvez Kyotoškega protokola, zato naj imajo ti programi v državah EU veliko politično in vsestransko podporo.
- Pomembna je skrb za racionalno izrabo naravnih virov, med njimi nafte in njenih proizvodov, zemeljskega plina in trdnih goriv, ki so vir energije in vodilni vir emisij ogljikovega dioksida.
- Načrtno vodenje rabe energije na strani uporabnika je z vidika EU zelo pomembno, kajti pripomore lahko k gotovosti oskrbe z energijo.
- Sektor stavb in terciarni sektor, kjer prav tako prevladujejo stavbe, predstavljata preko 40 % rabe končne energije v EU; sektorja sta v porastu, kar kaže na potencialno povečanje rabe energije in emisij CO<sub>2</sub>.
- Direktiva SAVE (93/76/EEC) za omejevanje emisij CO<sub>2</sub> z izboljšanjem energetske učinkovitosti je od leta 1993 dalje obvezovala države članice, da oblikujejo programe za učinkovito rabo energije v stavbah (energetska izkaznica stavbe, merjenje in obračun rabe energije po dejanski rabi, energetski pregledi, redni pregledi kotlov, pogodbeno financiranje, posodobitev predpisov o toplotni zaščiti stavb). Kažejo se pozitivni rezultati direktive in hkrati potreba po konkretnih akcijah za udeležanje ugotovljenega velikega energetskega varčevalnega potenciala.
- Direktiva o gradbenih proizvodih (89/106/EEC) med šestimi bistvenimi zahtevami, ki jih mora gradbeni objekt izpolnjevati, navaja tudi šesto bistveno zahtevo glede "varčevanja z energijo in zadrževanja toplote", s katero zahteva, da morajo biti stavbe in njene naprave za ogrevanje, prezračevanje in klimatizacijo načrtovane in izvedene tako, da bo raba energije majhna upošteva klimate razmere in potrebe uporabnika.
- Ukrepi za nadaljnje izboljšanje energijskih lastnosti stavb morajo upoštevati klimate značilnosti lokacije, zahteve glede notranjega okolja in stroškovno učinkovitost. Ne smejo nasprotovati drugim bistvenim zahtevam glede stavb, (npr.: dostopnost, varčnost, načrtovana uporaba).
- Energijske lastnosti stavb naj bodo določene po metodi, ki poleg toplotne zaščite ovoja vključuje še vplive sistemov ogrevanja, prezračevanja, rabo obnovljivih virov in arhitekturno zasnovo stavbe. Poenoten pristop k določanju energijskih lastnosti stavb, ki ga izvajajo npr. pooblaščenči, neodvisni izvajalci naj bi zagotovil preglednost nad energijskimi kazalci stavb za potrebe bodočih lastnikov in nepremičninskega trga EU.
- Evropska Komisija si prizadeva za nadaljnji razvoj standardov EN 832 in prEN 13790, kjer gre pri slednjem zlasti za nadgradnjo (pri nas nedavno s pravilnikom predpisane) računske metode za določanje rabe energije v stavbi, tudi z upoštevanjem ventilacijskih sistemov in osvetljevanja.
- Stavbe imajo zaradi dolge življenjske dobe dolgoročen vpliv na rabo energije, zato bi bilo smiselno definirati listo tehnologij in ukrepov za nove stavbe, upošteva lokalne klimate razmere, tržne razmere in stroškovno učinkovitost. Pred gradnjo stavbe bi bilo mogoče presoditi primernost evidentiranih ukrepov z dodatnimi študijami izvedljivosti.
- Večje prenovе obstoječih stavb predstavljajo priložnost za izvedbo ekonomsko upravičenih EE ukrepov. Med večje prenovе sodijo stavbe, kjer je za prenovo ovoja in naprav za ogrevanje, pripravo tople vode, prezračevanje in klimatizacijo ter razsvetljavo namenjeno več kot 25 % vrednosti celotne stavbe (brez upoštevanja vrednosti zemljišča). Med večje prenovе se štejejo tudi stavbe, kjer se prenavlja več kot 25 % ovoja stavbe. Namen direktive ni dosežati izboljšav energijskih kazalcev obstoječih stavb s popolnimi energijskimi obnovami, pač pa z izvajanjem najpomembnejših in stroškovno učinkovitih ukrepov.
- Energetske certificiranje (oz. izdajanje energetske izkaznice) stavbe je na nacionalni ravni lahko povezano s podpornimi ali spodbujevalnimi programi, ki pripomorejo k enakopravnemu dostopu do izboljšanih toplotnih lastnosti stavbe. Možni programi na tem področju so pogodbeno financiranje v ukrepe in tehnologije za učinkovito rabo energije, spodbujevalne sheme, ozaveščanje javnosti s predstavitvijo kazalcev dejanske rabe energije na podlagi periodičnega energetskega certificiranja (javne stavbe oz. stavbe v javni rabi, stavbe v lasti občin, države).
- Porast na področju uporabe klimatskih naprav v južnih državah EU negativno vpliva na dinamiko rabe električne energije, zato je priporočljivo razmišljati o sistemih pasivnega hlajenja stavb.

- Redni pregledi kotlov in naprav za klimatizacijo s strani kvalificiranih izvajalcev vplivajo na njihovo pravilno nastavitve v skladu s proizvodnimi specifikacijami in tako zagotavljajo optimalno okoljsko, energijsko in varnostno delovanje. Ob menjavi naprav z vidika stroškovne učinkovitosti je primerna presoja celotne instalacije.
- Nadalje je potrebno spodbujati uvajanje obračuna stroškov po dejanski rabi energije, zlasti v večstanovanjskih stavbah, kjer naj bi bilo v čim večji meri stanovalcem omogočeno uravnati njihovo lastno porabo toplote in tople vode v obsegu in na način, ki je stroškovno učinkovit.
- Posebno skrb je potrebno nameniti čimprejšnjemu prevzemu (enotne) računske metode za določanje energijskih lastnosti stavb in redno prilagajati minimalne zahteve v predpisih napredku tehnike in razvoju na področju standardizacije.

## 2.2 Zahteve direktive

Namen direktive je promovirati izboljšanje energetske učinkovitosti stavb ob upoštevanju klimatskih razlikosti v EU, zahtev po ugodju in stroškovne učinkovitosti.

Direktiva navaja zahteve glede:

- metodologije računa celovitih energijskih lastnosti stavbe,
- minimalnih zahtev o toplotnih lastnostih novih stavb,
- minimalnih zahtev glede toplotnih lastnosti velikih obstoječih stavb, ki gredo v obsežnejšo prenovu,
- uvajanja energetske izkaznice stavbe,
- rednega pregleda kotlov in naprav za klimatizacijo v stavbah ter v nadaljevanju tudi ocene ogrevalnih sistemov, pri katerih so kotli starejši od 15 let.



SLIKA 1

Toplotni tokovi v stavbi, ki jih moramo upoštevati pri dokazu energetske učinkovitosti stavbe po aktualnem slovenskem pravilniku.

**Metodologija računa** mora namreč upoštevati vplive toplotne zaščite, prezračevanja, lokacije in orientacije, kot je to predpisano tudi v Sloveniji, ter vplive ogrevalnega sistema, sistema za pripravo tople vode, klimatizacije, razsvetljave, hlajenja in pasivnih solar- n-ih sistemov. Upoštevati je potrebno tudi pozitivne učinke rabe obnovljivih virov, naravnega osvetljevanja, soproizvodnje toplote in elektrike ipd. Toplotne lastnosti stavbe morajo biti transparentne, lahko jih dopolnjuje tudi podatek o emisijah CO<sub>2</sub>.

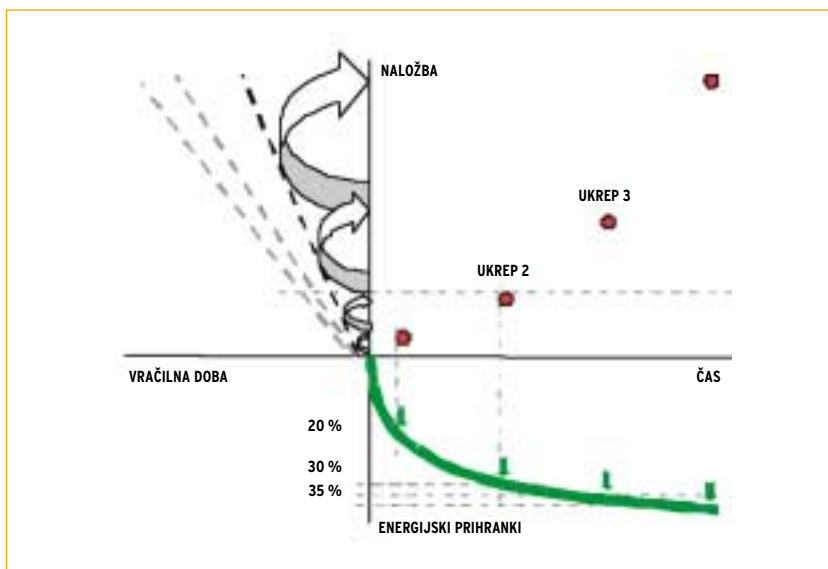
Za Slovenijo ta zahteva pomeni potrebo po postopnem prehodu s sedaj uveljavljenega četrtega na peti nivo izražanja energijskih lastnosti stavb v skladu z Direktivo o gradbenih proizvodih in njenim razlagalnim dokumentom k šesti bistveni zahtevi o racionalnem ravnanju z energijo. Povedano drugače, če sedaj predpisujemo največjo potrebno toploto potrebno za ogrevanje stavbe, po novem omejitev izražena v obliki celotne potrebne energije za delovanje stavbe ali celo kar s primarno energijo. Različne inženirske stroke bodo morale tesneje kot do sedaj sodelovati z arhitektom v fazi načrtovanja stavbe, da bodo na podlagi postopnega vključevanja novih energetsko učinkovitih tehnologij dosegali vedno strožje zahteve glede rabe energije. Hkrati pa bo potrebno pripraviti kar nekaj dodatnih dokumentov (pravilnikov in zlasti tehničnih podatkov), ki bodo omogočali zelene izračune. Podoben korak čaka veliko večino držav članic, z izjemo Nemčije, Nizozemske, Francije, Velike Britanije in Irske, ki so z regulativo že bližje zastavljenemu cilju.

**Postavitev kriterijev in minimalnih zahtev** glede rabe energije v stavbah je prepuščena posamezni državi, vendar je dopustno razlikovati med novimi in obstoječimi stavbami in upoštevati posebnosti glede na njihovo namembnost. Vsakih pet let je potrebno preveriti primernost in aktualnost predpisanih zahtev za stavbe in jih po potrebi ustrezno posodobiti glede na tehnični napredek.

**Pri novih stavbah**, kjer celotna uporabna površina presega 1000 m<sup>2</sup>, je potrebno pred gradnjo preučiti možnosti uporabe alternativnih sistemov, kot so: obnovljivi viri, soproizvodnja, daljinsko ogrevanje, toplotne črpalke in sicer s tehničnega in okoljskega vidika ter z vidika stroškovne učinkovitosti.

**Pri obstoječih stavbah** je potrebno zagotoviti sistem, ki bo pri večjih stavbah (nad 1000 m<sup>2</sup>), kjer je predvidena večja obnova, predpisoval tudi uskladitev njihovih toplotnih lastnosti z minimalnimi zahtevami.

**Energetska izkaznica stavbe** je po novi direktivi obvezna pri izgradnji, prodaji ali najemu stavbe, namenjena pa je informiranju lastnika ali najemnika o energijskih lastnostih stavbe. Njena veljavnost je omejena na 10 let. Vsebovati mora referenčne vrednosti za energijske kazalce, to so lahko kriteriji iz pravilnika, ali drugače določeni primerjalni kazalci, ki uporabniku omogočajo primerjavo stavb.



**SLIKA 2**  
Načrt izvajanja ekonomsko zanimivih ukrepov za energetske učinkovito obnovo večje stavbe, kot rezultat energetskega pregleda stavbe.

V primeru obstoječih stavb mora izkaznica vsebovati tudi napotke za ekonomsko upravičene izboljšave. Interes EU je z energetske izkaznice stavbe seznaniti kupca ali najemnika s energijskimi lastnostmi stavbe, druge cilje programa energetskega certificiranja, kot je na primer navezava na državne spodbude, subvencije, ugodne kredite opredeli posamezna država. Pomembno novost prinaša zahteva, da je pri stavbah nad 1000 m<sup>2</sup>, v katere je omogočen dostop javnosti in kjer so uporabniki državna ali občinska uprava, obvezna javna predstavitev energijskih kazalcev javne stavbe v obliki energetske izkaznice na vidnem mestu. Oblike predstavitev so lahko različne od tabelarnega prikaza kazalcev do na primer sprotne prikaza območja priporočenih in dejanskih notranjih temperatur ter tekoče rabe energije za ogrevanje, prezračevanje ali hlajenje, ki jih zasledujejo sodobni BEMS sistemi.

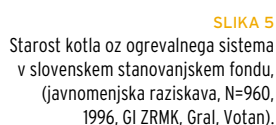
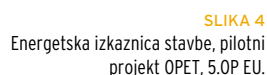


**SLIKA 3**  
Prikaz toplotnih parametrov stavbe s pomočjo nadzornega sistema za ravnanje z energijo (BEMS).

Sistem izdajanja energetske izkaznice stavbe se po direktivi smiselno razlikuje glede na velikost stavbe. Za manjše stanovanjske stavbe, grajene za trg je predvideno, da energetska izkaznica temelji na izračunanih kazalcih rabe energije. Temu ustreza pilotno podeljevanje energijskih izkaznic stavbe v okviru mednarodnega projekta OPET Building v letu 2002/2003. Za večje stavbe v javni rabi mora izkaznica podajati dejanske podatke o rabi energije, za kar je potreben energetski pregled objekta s priporočili za izvedbo izboljšav (v Sloveniji se že vrsto let izvajajo in na nivoju države tudi sofinancirajo energetski pregledi večjih stavb).

Direktiva narekuje tudi vzpostavitev **rednega pregleda kotlov in sistemov za klimatizacijo** in sicer za kotle na neobnovljiva ali trda goriva z močjo med 20 in 100 kW (za kotle z močjo nad 100 kW je zahtevan periodični pregled na dve leti, za plinske kotle na štiri leta) ter za klimatizacijske sisteme z močjo nad 12 kW. Če je v ogrevalnem sistemu vgrajen kotel z močjo nad 20 kW, ki je star preko 15 let, je potrebno opraviti pregled celotnega ogrevalnega sistema, s poudarkom na doseženih izkoristkih kotla in primernem dimenzioniranju naprave. Da starejših kurilnih naprav in ogrevalnih sistemov tudi pri nas veliko, kažejo med drugim rezultati ankete v stavbah in gospodinjstvih iz leta 1996, pri čemer velja pripomniti, da od tedaj ni bilo izpeljanih večjih organiziranih akcij na tem področju, ki bi bistveno vplivale na oceno stanja.

Države članice morajo **uskladiti nacionalne predpise** z Direktivo o toplotnih lastnostih stavb v obdobju treh let torej najkasneje do januarja 2006. V Sloveniji bo velik organizacijski zalogaj najbrž predstavljala obvezna zagotovitev strukture **neodvisnih in kvalificiranih strokovnjakov** za energetsko certificiranje stavb, pripravo priporočenih ukrepov za energetsko učinkovito prenovu stavbe in za periodični pregled kotlov in sistemov za ogrevanje ter klimatizacijo.







SLIKA 6

Nedavna vroča poletja tudi pri nas močno povečujejo uporabo klimatskih naprav.

Analize po državah članicah že kažejo, da bo izvedba vseh členov direktive zahtevna in obsežna naloga, zlasti pričakujejo zaplete pri vzpostavitvi rednih pregledov naprav in pri periodičnem energetskega certificiranju stavb. Zahteve zapisane v direktivi pa dajejo slutiti veliko odločenost držav članic za premik k uresničevanju obvez iz Kyotskega protokola.

### 3. NA POTI K TRAJNOSTNIM STAVBAM

#### 3.1 Opredelitev trajnostnih stavb

Če uvodoma ugotavljamo, da je pomembno gibalno napredka na področju energetske učinkovitosti stavb predvsem skrb za varovanje okolja in kakovost človekovega bivalnega okolja, potem se temu hitro pridruži spoznanje, da je problematika učinkovite rabe energije in obnovljivih virov neločljivo povezana z aktualnimi temami trajnostnega razvoja grajenega okolja.

Graditi trajnostno pomeni graditi tako, da grajeno okolje optimalno zadovoljuje trenutne potrebe, pri tem pa ne ovira sposobnosti prihodnjih generacij pri uresničevanju njihovih potreb.

Trajnostna gradnja posega na področje energije, voda, odpadkov, gradbenih materialov in surovin, prometa, zdravja ljudi, okolja, flore in favne ter tudi na področje družbene in kulturne sprejemljivosti. Utežitev pomena navedenih področij in vsebinska opredelitev kriterijev sta lahko od primera do primera različna ter odvisna od prioritet dežele, zato ni enotne formule. Potrebna je kakovostna komunikacija med vsemi udeleženci, ki so povezani z grajenim okoljem.

Trajnostni princip v graditeljstvu ima za družbo tako veliko težo, ker strokovnjaki ocenjujejo, da velik masni pretok gradbenih materialov in surovin ter pretok energije za delovanje sistema zgradba - okolje, ustvarja pogoje za ogroženost okolja in ljudi. Slednje lahko podkrepi ugotovitev, da je kar 50 % virov materialov in naravnih nahajališč namenjenih za potrebe sektorja zgradb, preko 50 % proizvedenega odpada prihaja iz sektorja zgradb in okoli 40 % rabe energije v Evropi je povezane z zgradbami.

Mednarodni svet za raziskave in inovacije na področju stavb in konstrukcij »CIB«, je v letu 1999 oblikoval Agendo 21 za področje trajnostne gradnje. Gradbena industrija in grajeno okolje sta namreč dve ključni področji trajnostnega razvoja naše družbe. Primerne stavbe, pripadajoča infrastruktura za transport, komunikacijo, oskrbo z vodo in odvod odpadnih voda, energijo, poslovne in industrijske aktivnosti za zadovoljevanje potreb naraščajoče svetovne populacije predstavljajo velik izziv za vsako družbo.

Razumevanje trajnostnega grajenega okolja se je skozi leta spremenilo. V začetku so bili poudarki na ravnanju z omejenimi viri, predvsem z energijo, in na zmanjševanju vplivov na okolje. Prav tako je bil desetletje nazaj poudarek na tehničnih temah, kot so materiali, stavbne komponente, tehnologije gradnje in na z energijo povezanih oblikovalskih konceptih. Danes narašča pomembnost netehničnih vsebin, ki se kaže v t.i. »mehkih« temah, za katere velja, da so najmanj enako pomembne za trajnostno gradnjo. Tudi



SLIKA 7

Delovanje grajenega okolja omogoča pretok energije in snovi, ki hkrati ustvarja pogoje za ogroženost ljudi in okolja.



ekonomski in družbeni trajnostni vidik morata biti vključena pri presoji. Najnovejše ugotovitve kažejo tudi na pomen vključevanja kulturnega vidika, celo na povezavo s kulturno dediščino v grajenem okolju, in ta tudi ta vidik se uvršča med zelo pomembne pri trajnostni gradnji.

Države EU z direktivami pokrivajo tri področja, pomembna za trajnostno graditev stavb, to so okolju prijazni gradbeni materiali, energetsko učinkovite stavbe in ravnanje z odpadom pri gradnji in porušitvi. A še vedno ostaja vrsta področij, ki so neregulirana in jih uravnava vedno bolj tudi okoljsko ozaveščen trg.

Ozaveščanje potrošnikov glede vidikov trajnostne graditve stavb prinaša tudi spremembe v pravilih delovanja trga. Porajajo se konkretna vprašanja: Katere materiale in gradbene proizvode naj uporabljamo v stavbah, da bodo te človeku in okolju prijazne? Kakšni so okoljski vplivi teh materialov? Je res neka stavba bolj trajnostna od druge? Po katerih merilih? Ponudniki gradbenih proizvodov, investitorji in nepremičninske agencije kot konkurenčno prednost velikokrat pavšalno poudarjajo uporabo naravnih, okolju prijaznih materialov.

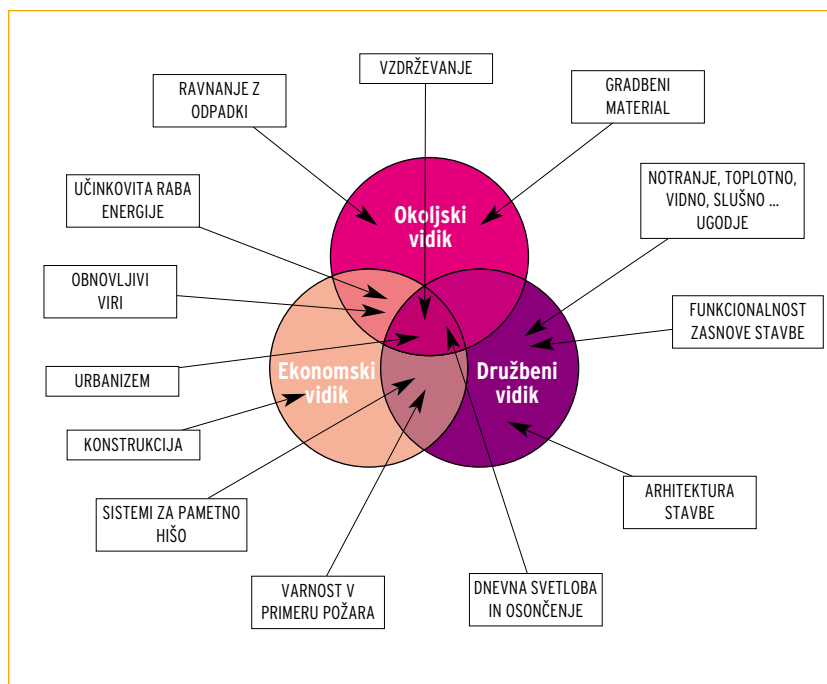
A celovit odgovor na to vprašanje ni enostaven. Razvite družbe se zadnje desetletje ukvarjajo z možnostjo okoljskega vrednotenja gradbenih materialov in stavb. Nekatere metode okoljskega presojevanja stavb, kot na primer BREEAM, LEED ali Eco-Quantum, so se ali tržno uveljavile ali pa jih želi država vključiti v nacionalni sistem presoje stavb. Že vrsto let je v teku mednarodno sodelovanje Green Building Challenge na področju razvoja in uporabe metod okoljskega vrednotenja stavb.

Zanimanje za trajnostne stavbe narašča tudi pri nas. Vendar je za nadaljnji korak potrebna podpora vseh zainteresiranih akterjev v procesu trajnostne graditve stavb: državne uprave, lokalne uprave, raziskovalcev in projektantov, trga, industrije gradbenega materiala, investitorjev, nepremičninskih agencij.

### 3.2 Projekt ocenjevanja tehnične kakovosti stavb

Slovenski poskus zapisa meril za trajnostno stavbo predstavlja projekt razvoja kriterijev za ocenjevanje »Tehnične kakovosti stanovanjskih stavb v okviru Značka kakovosti v graditeljstvu«. Na pobudo Stanovanjske zbornice Slovenije, stanovanjskih skladov ter strokovnjakov s področja stanovanjske gradnje smo v letu 2002 pristopili k projektu priprave meril in ocenjevanja stanovanjskih stavb za pridobitev Značka kakovosti v graditeljstvu. Dobro gradbeno prakso (DGP) na področju tehnične kakovosti stanovanjskih stavb opredeljujemo tako, da oblikujemo elemente DGP in merila DGP za ocenjevanje tehnične kakovosti na posameznih strokovnih področjih (arhitektura, konstrukcija, gradbena fizika ...) ter njihovo primernost in uporabnost preizkušamo na pilotnih stavbah. Z definicijo kriterijev ustvarjamo podlago za vrednotenje tehnične kakovosti stanovanjskih stavb in s tem povezano kategorizacijo stanovanjskih stavb ter za preglednejše delovanje trga nepremičnin. Elementi in merila tehnične kakovosti, ki se opredeljujejo v projektu, so tisti, ki vplivajo bodisi na okoljski, ekonomski ali družbeni vidik trajnostne gradnje stavb.

**SLIKA 8**  
Nekatera področja tehnične kakovosti stavbe, ki opredeljujejo njeno skladnost z načeli trajnostne gradnje stavb.





**SLIKA 9**

Udeleženci v procesu graditve, ki izražajo svoje poglede na opredelitev meril trajnostne gradnje stavb.

Ker je pri zapisu indikatorjev trajnostne gradnje stavb pomembno široko soglasje vseh udeležencev v procesu graditve, temelji projekt na sodelovanju strokovnjakov iz različnih področij. Razvojno jedro sestavljajo strokovnjaki inštituta in tehničnih fakultet, medtem ko poglede stroke prispeva 12 povezanih podjetij s področja graditve stanovanjskih stavb in stanovanjski skladi, kot predstavniki uporabnikov.

#### 4. ZAKLJUČEK

S tem, ko se je država Slovenija v strateških dokumentih opredelila za trajnostni razvoj na področju prostorskega, ekonomskega, socialnega in okoljskega ravnanja, se tudi pred slovensko gradbeništvo postavlja vrsta operativnih nalog.

Videti je preprosto: od začetnih prizadevanj na področju energije v stavbah se naša prizadevanja širijo na področje gradbenih materialov in njihovih vplivov na okolje in človeka, nato temo povežemo še s družbenim in kulturnim okoljem ter z urbano infrastrukturo. A proces je kompleksen in pristopi k uveljavitvi trajnostne gradnje se še oblikujejo, indikatorji, s katerimi ocenjujemo dosežene uspehe, so pogojeni s sredino, kjer so stavbe umeščene.

Trajnostno gradnjo bomo lahko uresničili le ob večji povezanosti različnih inženirskih strok v fazi načrtovanja in če bomo pravočasno opredelili metode in kazalce trajnostne gradnje v našem okolju. Seveda pa je nujna tudi vsestranska sistemska podpora na državni ravni.

#### VIRI

1. Direktiva EU o energijskih lastnostih stavb (2002/91/EC)
2. Projekt OPET Building, delovno gradivo WP1, 5.OP EU, NNE5/2002/94
3. Sustainable building 2000, Proceedings, Eds.: C.Boonstra, R.Rovers, S.Pauwels, Aeneas, Best NL, ISBN 90-75365-36-5, 2000
4. CIB, Agenda 21 za trajnostno gradnjo, 1998
5. Sijanec Zavrl, M., Gumilar, V., 2003. Znak kakovosti v graditeljstvu - tehnična kakovost stanovanjskih stavb, Strokovno posvetovanje Država, državljani, stanovanja, Portorož, Slovenija, Nov. 13-14, 2003.

# Vloga obnovljivih virov v energetske oskrbi Slovenije

## THE ROLE OF RENEWABLE ENERGY SOURCES IN ENERGY SUPPLY OF SLOVENIA

mag.ekon., mag.el. **Djani Brečević**, univ.dipl.inž.

IREET Inštitut za raziskave v energetiki, ekologiji in tehnologiji, d.o.o.

### POVZETEK

V referatu je prikazano sedanje stanje obnovljivih virov (vodna energija, energija vetra, sončna energija, biomasa, geotermalna energija itd.) v energetske oskrbi Slovenije in primerjava s stanjem v državah EU. Glede na izreden pomen Direktive o pospeševanju rabe električne energije iz obnovljivih energetskih virov, je prikazana tudi problematika implementacije te Direktive v Sloveniji. V nadaljevanju so prikazani trendi uporabe obnovljivih virov do leta 2020 v Sloveniji, zlasti pri proizvodnji električne energije, posebej pa je utemeljena vloga obnovljivih virov pri zmanjševanju emisij škodljivih snovi, zlasti toplogrednih plinov (npr. CO<sub>2</sub>).

### ABSTRACT

The article describes current situation of renewable energy sources (hydroenergy, wind energy, solar energy, biomass, geothermal energy, etc.) in energy supply of Slovenia and comparison with trends in European Union countries. Regarding remarkable importance of »The directive on the promotion of electricity produced from the renewable energy sources in the internal electricity market«, the paper also describes problems of implementation of Directive in Slovenia. In continuation, Slovenian trends in use of renewable energy sources up to 2020 are presented, especially for electricity production field. Additionally the rule of renewable energy sources in the process of emission reduction of harmful substances, especially greenhouse gases (e.g. CO<sub>2</sub>), are reviewed.

### UVOD

S prilagajanjem energetske zakonodaje direktivam Evropske unije in vključevanjem Slovenije v evropske integracije, se postavljajo novi okviri delovanja energetskega sektorja, ki temeljijo na ekonomičnosti in konkurenčnosti sektorja ter okolju prijazni in zanesljivi oskrbi z energijo.

Obnovljivi viri energije so pomembni strateški vir primarne energije, saj so domači viri in kot taki zmanjšujejo uvozno odvisnost, prispevajo k zanesljivosti oskrbe, ohranjanju in ustvarjanju delovnih mest ter predstavljajo možnost izbire pri nakupu energije. Z ekonomskega vidika raba obnovljivih virov energije omogoča večjo konkurenčnost na domačem in tujih trgih ter predstavlja pomemben element pri razvoju regij.

Cilj Evropske unije je povečanje obnovljivih virov energije v primarni energetske bilanci na 12 % do leta 2010.

Pomemben cilj Evropske unije je tudi povečevanje deleža obnovljivih virov pri proizvodnji električne energije in s tem zmanjševanje izločanja škodljivih snovi v ozračje. Skupni cilj EU je povečanje deleža proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov na 22,1 % do leta 2010. Cilj za Slovenijo je doseganje 33,6 % deleža proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov energije v razmerju do porabe električne energije leta 2010.

Pri proizvodnji električne energije iz obnovljivih virov energije nastajajo, v primerjavi s proizvodnjo v elektrarnah na fosilna goriva in jedrsko gorivo, manjše emisije in tveganja za okolje. Zamenjava fosilnih energetskih virov z obnovljivimi viri vpliva na zmanjšanje emisij toplogrednih plinov ter drugih škodljivih emisij (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>,...), trdnih odpadkov, odplak ter radioaktivnih odpadkov. S tem so zmanjšani negativni vplivi na okolje in upočasnjene podnebne spremembe.

### VLOGA OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE V DRŽAVAH EVROPSKE UNIJE

Povečanje deleža obnovljivih virov energije, še posebej energije vetra, sonca in biomase, je eden pomembnejših ciljev energetske politike Evropske Unije, saj le-ti prispevajo k zmanjšanju emisij ogljikovega dioksida, trajnostnemu razvoju in povečevanju zanesljivosti energetske oskrbe (z zmanjševanjem odvisnosti od uvoza energentov). Bela knjiga določa podvojitev deleža obnovljivih virov energije v potrebni primarni energiji v Evropski uniji do leta 2010 (od 6 % na 12 %).

| Country        | Pct |
|----------------|-----|
| America        | 88  |
| Australia      | 80  |
| Canada         | 45  |
| China          | 35  |
| France         | 30  |
| Germany        | 28  |
| India          | 32  |
| Italy          | 30  |
| Japan          | 30  |
| Korea          | 25  |
| Mexico         | 25  |
| Netherlands    | 25  |
| Norway         | 15  |
| Russia         | 20  |
| Sweden         | 15  |
| Switzerland    | 32  |
| Taiwan         | 0   |
| Thailand       | 0   |
| United Kingdom | 0   |
| USA            | 32  |

## Energija vetra

Energija vetra igra vodilno vlogo med obnovljivimi viri energije, tako z vidika povečevanja obsega kot znižanja stroškov. V zadnjih nekaj letih so opazne zelo velike tehnološke izboljšave vetrnih turbin. Najbolj izrazit primer je nemški trg, kjer se je povprečna velikost turbin povečala od 470 kW leta 1995 na 1280 kW leta 2001.

Nemčija ostaja s skupno kapaciteto 8.750 MW, kar predstavlja več kot eno tretjino svetovnih instaliranih kapacitet, vodilna država glede izkoriščanja vetrne energije. Mehanizem za doseganje takšne rasti predstavlja nemški zakon o obnovljivih virih energije (Erneuerbare Energien Gesetz), ki predpisuje fiksno odkupno ceno električne energije iz vetra (0,08 EUR/kWh).

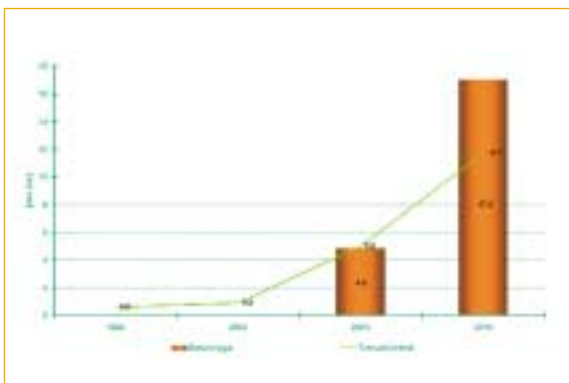
Tudi v Španiji so se v preteklih letih povečale kapacitete pri izkoriščanju vetrne energije. Z dodatnimi 1.217 MW kapacitet vetrnih elektrarn konec leta 2001 je Španija na drugem mestu v Evropski uniji. Sledi Danska, ki je imela konec prejšnjega leta inštaliranih 2.417 MW vetrnih elektrarn. V drugih državah EU se razvoj vetrne energije šele pričenja.

Konec leta 2001 so skupne instalirane kapacitete v EU presegle cilj za leto 2003 za več kot 7.500 MW. Cilj Bele knjige za leto 2010, 40.000 MW, bo verjetno dosežen že leta 2006. Glede na trenutni trend bodo instalirane kapacitete leta 2010 znašale okrog 85.000 MW.

| Year | Number of Publications |
|------|------------------------|
| 1980 | 11,000                 |
| 1981 | 4,000                  |
| 1982 | 3,000                  |
| 1983 | 500                    |
| 1984 | 500                    |
| 1985 | 500                    |
| 1986 | 500                    |
| 1987 | 500                    |
| 1988 | 500                    |
| 1989 | 500                    |
| 1990 | 500                    |
| 1991 | 500                    |
| 1992 | 500                    |
| 1993 | 500                    |
| 1994 | 500                    |
| 1995 | 500                    |
| 1996 | 500                    |
| 1997 | 500                    |
| 1998 | 500                    |
| 1999 | 500                    |
| 2000 | 500                    |
| 2001 | 500                    |
| 2002 | 500                    |
| 2003 | 500                    |
| 2004 | 500                    |
| 2005 | 500                    |
| 2006 | 500                    |
| 2007 | 500                    |
| 2008 | 11,000                 |
| 2009 | 500                    |
| 2010 | 5,000                  |

| Year | Private hospital (thousands) | Total private insurance (thousands) |
|------|------------------------------|-------------------------------------|
| 2000 | 10,000                       | 10,000                              |
| 2004 | 12,000                       | 12,000                              |
| 2008 | 15,000                       | 25,000                              |
| 2016 | 40,000                       | 85,000                              |





**DIAGRAM 6**  
Primerjava trenutnega trenda z zahtevami  
Bele Knjige - biogoriva

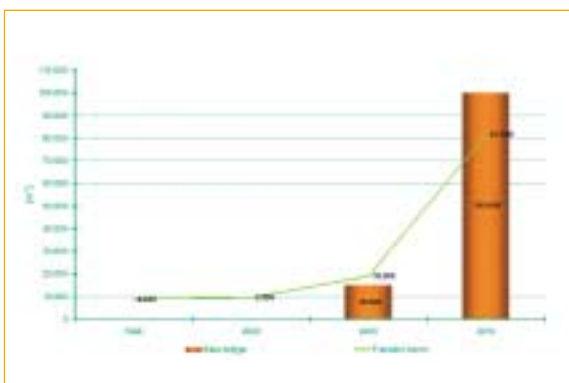
### Bioplin

Za obdobje 1990 do 2000 je značilna skromna, vendar vztrajna rast števila enot na bioplin. Po ocenah danes v Evropi obratuje skoraj 3.000 objektov za proizvodnjo energije iz metana ter okrog 450 skladišč odpadkov, ki izkoriščajo bioplin. Letna proizvodnja teh instalacij je ocenjena na 2.304 ktoe. Sektor predstavlja okrog 5 % vse energije proizvedene iz biomase v Evropi.

### Izkoriščanje sončne energije

V EU je prisoten trend naraščanja izrabe toplote iz sončne energije. Po ocenah za leto 2000, je bilo v EU na novo instaliranih 1.046.140 m<sup>2</sup> kapacitet, kar je za 233.640 m<sup>2</sup> več kot leta 1999. Vodilni državi sta Nemčija in Avstrija, ki močno odstopata od ostalih držav.

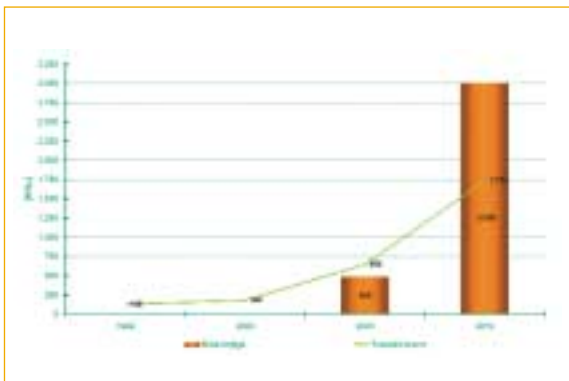
Konec leta 2000 je skupna površina toplotnih sončnih kolektorjev v EU znašala več kot 9,6 mio m<sup>2</sup>, kar predstavlja 8,5 % rast na leto 1999.



**DIAGRAM 7**  
Primerjava trenutnega trenda z zahtevami  
Bele Knjige - sončna energija

### Fotovoltaična energija

Raba fotovoltaične energije je v zadnjih letih izredno hitro naraščala. Konec leta 2000 so znašale kapacitete za izkoriščanje fotovoltaike v EU 183,5 MW<sub>p</sub>, kar predstavlja 43,6 % rast glede na leto 1999. Največ je k skupni rasti prispevala Nemčija, kar 79,5 % skupnega povečanja kapacitet. Instalirane kapacitete so konec leta 2000 znašale 113,8 MW<sub>p</sub>, od tega 100 MW<sub>p</sub> povezanih v električno omrežje. Ta izreden uspeh pripisujejo nemškemu zakonu o obnovljivih virih energije in izredno ugodni odkupni ceni električne energije, ki je proizvedena v takšnih sistemih. Dolgoročne napovedi so težavne, saj trenutno razvoj poteka pretežno v eni državi, tj. Nemčiji. Ob upoštevanju 20 % povprečne letne stopnje rasti od leta 2003 dalje, bo obseg instaliranih kapacitet leta 2010 bistveno nižji od planiranega, ki ga je predvidela Evropska komisija.



**DIAGRAM 8**  
Primerjava trenutnega trenda z zahtevami Bele Knjige  
- fotovoltaika



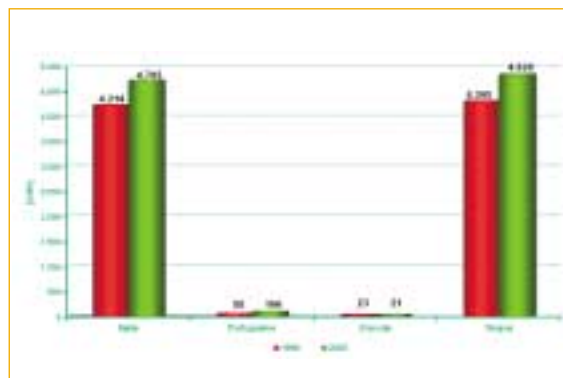
## Geotermalna energija

Področje geotermalne energije tvori dva sektorja z različnimi tehnologijami:

- Proizvodnja električne energije (visoke in srednje temperature) in
- Proizvodnja toplote (nizke in zelo nizke temperature).

Na področju proizvodnje električne energije v EU je bil v obdobju 1995-2000 dosežen porast od 756,3 MW<sub>e</sub> na 806,3 MW<sub>e</sub>. Ta uspeh lahko pripišemo predvsem Italiji, ki je razen Portugalske edina država EU, ki razpolaga s potencialnimi viri geotermalne energije visokih temperatur. Skupna proizvodnja električne energije iz geotermalne energije v EU je leta 2000 znašala 4,8 TWh. Skupne kapacitete pri izkoriščanju geotermalne energije bodo v EU leta 2005, 965 MW<sub>e</sub> in leta 2010 1.165 MW<sub>e</sub>, kar presega cilj Bele knjige (1.000 MW<sub>e</sub> leta 2010).

**DIAGRAM 9**  
Proizvodnja električne energije iz  
geotermalnih virov energije v izbranih  
državah EU v obdobju od leta 1998 - 2000



## DELEŽ OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE V PROIZVODNJI ELEKTRIČNE ENERGIJE V SLOVENIJI

V Sloveniji so posamezni primarni energetske viri v proizvodnji električne energije dokaj enakomerno zastopani. Delež električne energije, proizvedene iz obnovljivih energetskih virov, je leta 2001 znašal približno 30 %, leta 2002 pa okrog 32 %.

V Aktu o pogojih pristopa v EU so za področje energetike posebej navedena določila, ki so odvisna od stanja posameznega nacionalnega energetskega sistema.

Eno pomembnejših določil za Slovenijo je doseganje 33,6 % deleža proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov energije v razmerju do porabe električne energije leta 2010.

Za povečanje deleža električne energije na 33,6 % delež bruto porabljene električne energije do leta 2010, bo potrebno vključiti vse vrste elektrarn na obnovljive energetske vire, od velikih vetrnih do majhnih sončnih elektrarn. Skupna letna proizvodnja električne energije iz novih elektrarn na obnovljive vire bo morala leta 2010 znašati med 1 in 1,5 TWh, odvisno od proizvodnje v velikih elektrarnah, za kar bo potrebno zgraditi od 200 do 400 MW novih elektrarn na obnovljive vire energije (Nacionalni energetski program, MOPE, julij 2003).

## Potencial posameznih obnovljivih virov energije

Slovenija ima razmeroma veliko količino padavin, kar pogojuje velike možnosti izrabe obstoječega hidropotenciala, sončne energije, biomase in energije vetra.

Poleg sanacije in povečanja kapacitet obstoječih hidroelektrarn ter izgradnje savske verige, je glavni potencial obnovljivih virov na področju izrabe lesne biomase in izgradnje elektrarn na veter.

Lesna biomasa (les in lesni ostanki) je najpomembnejši obnovljivi vir, saj gozdovi pokrivajo kar 56 % površine Slovenije (1,1 milijona ha). Trenutno se lesna biomasa uporablja največ v industriji. Najprimernejša je energetska izraba za daljinsko ogrevanje mest. Prvi biodizelski projekt načrtujejo na lokaciji Lendave. Energetski vir predstavljajo oljna ogrščica, odpadno gospodinjstvo olje in maščobe.

Izraba vetrne energije je predvidena na področju Primorske. Gradnja vetrnih elektrarn je primerna na lokacijah, kjer je hitrost vetra večja od 6 m/s. Uporaba energije vetra je neugodna zaradi razmeroma majhnega števila obratovalnih ur in zelo hitrih ter pogostih sprememb hitrosti vetra. Na osnovi analize dosedanjih meritev vetra in meteoroloških modelov je ocenjeno, da je za izkoriščanje vetrne energije primerno predvsem področje celotne Primorske ter del Gorenjske in Notranjske. Na primorskem je bilo prvotno obravnavanih osem lokacij. Na osnovi analize meritev vetra, ocene možnosti za vključitev v elektroenergetsko omrežje, ocene vpliva vključitve objektov v prostor in dostopnosti lokacij, so za načrtovano izgradnjo elektrarn na veter predvidene naslednje lokacije: Gora, Banjščice, Kokoš, Slatina in Golič. Nacionalni energetski program predvideva izgradnjo kapacitet do 300 MW do leta 2010 in še enkrat toliko do leta 2020.

Zaradi velikega števila sončnih dni ima Slovenija kljub srednje visoki zemljepisni širini (vpadni kot žarkov) velike možnosti za izrabo sončnega sevanja, ki je trenutno še razmeroma neizkoriščen vir energije. Po ocenah je v Sloveniji inštaliranih približno za 15 kW fotovoltaičnih sistemov za direktno proizvodnjo električne energije, za napajanje planinskih koč in specializiranih naprav.



V Nacionalnem energetskega programu je postavljen cilj, da se do leta 2010 zgradi 3 MW sončnih elektrarn. Prva pilotna sončna elektrarna v Sloveniji (na strehi ApE), ki proizvedeno električno energijo pošilja v elektroenergetsko omrežje, ima inštalirano moč 1,1 kW. Predvidena končna inštalirana moč sončne elektrarne je 50 kW.

Električne energije iz geotermalne energije v Sloveniji še ne proizvajamo. Leta 1999 je bil ob sodelovanju Petrola lansiran projekt z možnostjo soproizvodnje električne energije in toplote, ki je kandidiral tudi na 5. Okvirnem programu EU in bil pozitivno ocenjen. Postavljeni cilji za leto 2010 so kapacitete za pridobivanje električne energije v obsegu 20 MW ter 40 MW do leta 2020.

Slovenija zaostaja tudi pri izrabi drugih obnovljivih virov v energetske namene, kot so ostanki in odpadki, biomasa, deponijski plin in plin komunalnih čistilnih naprav.

Slovenija ima velike možnosti razvoja obnovljivih virov, predvsem izrabe lesne biomase, energije vetra ter povečanja kapacitet hidroelektrarn. Velike možnosti razvoja in povečanja deleža obnovljivih virov so tudi pri ostalih virih, vendar bodo potrebne ustrezne državne vzpodbude.

**TABELA 1:** Možnosti povečanja posameznih obnovljivih energetskih virov do leta 2010

|                                      | Potencial                                                                        | Predvideno povečanje    | NEP                |
|--------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|--------------------|
| Male hidroelektrarne                 | velik vodni potencial/<br>nesprejemljivi posegi v prostor                        | 10 - 20 MW              | 100 MW             |
| Vetrne elektrarne                    | največji potencial (glede inštalirane moči),<br>lahko obratujejo do 2000 ur/leto | 40 - 80 MW              | 300 MW             |
| Elektrarne na bioplin                |                                                                                  | 10 - 30 MW <sub>e</sub> |                    |
| Elektrarne na biomaso                | 40 MW                                                                            | 8 - 10 MW <sub>e</sub>  | 20 MW <sub>e</sub> |
| Elektrarne na geotermalno energijo   | 50 - 70 MW <sub>e</sub>                                                          | 5 MW                    | 20 MW              |
| <b>Elektrarne na sončno energijo</b> |                                                                                  |                         | <b>3 MW</b>        |

## SPodbujanje obnovljivih virov energije v Sloveniji

V skladu z Nacionalnim energetskega programom so v Sloveniji predvidene naslednje oblike spodbujanja električne energije iz obnovljivih virov:

- Investicijske subvencije ter oprostitve taks (neposredne subvencije, ugodni krediti s subvencioniranjem obrestne mere, olajšave pri plačevanju CO<sub>2</sub> takse) in
- Sistem fiksnih odkupnih cen električne energije ali premij za odkup električne energije od elektrarn na obnovljive vire, ki predstavlja »verjetno najučinkovitejši način za zagon investiranja v elektrarne z obnovljivimi viri in soproizvodnje, ki zagotavlja optimalno obratovanje«. Prednost omenjene oblike spodbujanja so nizki stroški, zaradi česar je primerna tudi za spodbujanje investicij pri majhnih podjetjih in pri lokalnih skupnostih. Njena pomanjkljivost pa je, da med proizvajalci tovrstne električne energije ne uvaja tržne tekme.

Prav zadnjo omenjeno slabost lahko odpravimo z uvedbo zelenih certifikatov, ki upoštevajo tržne principe med proizvajalci električne energije, tako da se ta mehanizem lahko umesti v liberaliziran trg z električno energijo. Kot bistvene slabosti sheme zelenih certifikatov Nacionalni energetski program navaja visoke stroške vzpostavitve in delovanja trga zelenih certifikatov ter investicijsko negotovost pri investicijskih vlaganjih v elektrarno.

## ZAKljuček

Cilj Evropske unije je povečanje obnovljivih virov energije v primarni energetskega bilanci na 12 % do leta 2010 ter deleža proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov na 22,1 % do leta 2010 (Direktiva o pospeševanju proizvodnje električne energije iz obnovljivih energetskih virov). Cilj za Slovenijo je doseganje 33,6 % deleža proizvodnje električne energije iz obnovljivih virov v razmerju do porabe električne energije. Delež električne energije, proizvedene iz obnovljivih energetskih virov je leta 2002 znašal okrog 32 %.

Direktiva EU načina pospeševanja obnovljivih energetskih virov ne predpisuje. Posamezne države članice lahko uporabljajo različne podporne sisteme, npr. zelene certifikate, ukrepe za pospeševanje investicij, oprostitvev plačila taks ali njihovo zmanjšanje, vračilo davka, sisteme neposredne finančne pomoči idr. Evropska Komisija bo na osnovi izkušenj posameznih nacionalnih sistemov, pripravila skupni sistem pospeševanja rabe električne energije iz obnovljivih virov.

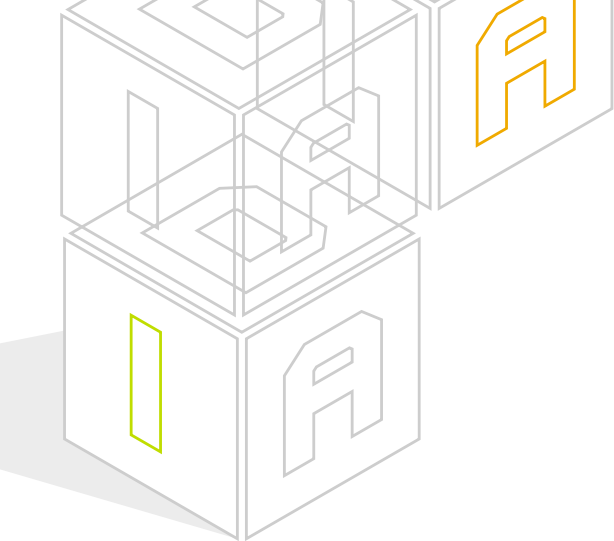
Stanje glede vloge obnovljivih virov energije se v posameznih državah Evropske unije močno razlikuje. Vsaka država ima lastno politiko in potencial:

- Finska in Švedska sta npr. vodilni na področju energije lesne biomase.
- Danska in Španija sta razvili najbolj kakovostno industrijo za proizvodnjo električne energije iz vetra.
- Francija je vodilna država na področju biogoriv.
- Italija je vodilna država na področju geotermalne energije.
- Velika Britanija je vodilna država na področju bioplinov.
- Nemčija v veliki meri prehitava svoje partnerje, vsaj na treh področjih inštaliranih kapacitet: električne energije iz vetra, fotovoltaične energije in toplotne sončne energije.

Politični koncept razvoja OVE v Evropi postaja zelo strukturiran. Zastavljeni cilji EU so najboljši dokaz. Vendar bodo ti cilji težko dosegljivi, če bo poraba primarne energije še naprej vztrajno naraščala. Zato ne smemo spregledati dejstva, da bodo prizadevanja za povečanje deleža OVE s ciljem doseganja okoljskih izzivov 21. stoletja uspešna le ob prisotnosti aktivne politike učinkovite rabe energije.

## LITERATURA

1. Green Paper, Towards a European strategy for the security of energy supply, (Commission of the European Communities (COM (2000) 769)
2. The directive on the promotion of electricity produced from renewable energy sources in the internal electricity market (The European Parliament and Council, 2001 (2001/77/EC))
3. Directive 2003/54/EC of the European Parliament and of the Council concerning common rules for the internal market in electricity and repealing Directive 96/92/EC, 26 June 2003
4. The 2002 overview of renewable energies, European barometer 2002, Systemes solaires no. 148, April, 2002
5. The 2001 overview of renewable energies, EurObserv'ER 2002, Renewable Energy Journal, No 12
6. Razvojni program Slovenije na področju kvalificiranih proizvajalcev električne energije, IJS-CEU, Ljubljana, marec 2001
7. Nacionalni energetski program, MOPE, julij, 2003



# Inteligentni dom – uganka prihodnosti

## Tehnologije za mrežno povezovanje domačih naprav

### THE SMART HOME PUZZLE – TECHNOLOGIES FOR FUTURE CONNECTED HOMES

**dr. Angela Scheller**

Fraunhofer FOKUS

#### POVZETEK

Mrežno povezovanje naprav v našem domu postaja vse bolj zanimivo širši javnosti in se vse bolj pogosto pojavlja tudi v člankih v dnevnem časopisu. Teoretične možnosti za povezavo različnih domačih elektronskih naprav odpirajo številna razmišljanja o možnih mrežnih aplikacijah namenjenim domači uporabi. Pri tem gre tako za povezovanje različnih elektronskih naprav, kot so na primer aparati bele tehnike, med seboj, kot tudi z zunanjim svetom in z domačim osebnim računalnikom. Pri tem ne gre le za enostavno kontrolo posameznih naprav in vodeno usmerjanje njihovega delovanja, temveč tudi za zelo kompleksne naloge, kot je na primer povezan odziv številnih domačih naprav na prisotnost stanovalca. Omenjeni primer se pogosto obravnava kot primer »okoliške (ambientne) inteligence«. V tem primeru se predpostavlja, da bodo različne domače naprave sodelovale tako z uporabnikom, kot tudi med seboj, in tako uskladile svoje delo brez kakršnekoli uporabnikove intervencije. Takšen primer je na primer scenarij »gledanja televizije«, ko se TV aparat takoj po vklopu prilagodi določenim nastavitvam uporabnika. Te nastavitve lahko na primer vključujejo vklop priljubljenega TV kanala in nastavitve zvoka na željeno jakost, kot tudi nastavitve temperature in osvetlitve v skladu z dejanskimi vrednostmi, ki so posredovane iz meritev stanja okolja. Ker se lahko pogoji okolja spremenijo tudi med samim gledanjem televizije, jih je potrebno nenehno spremljati in se po potrebi odzvati na njihove spremembe. Seveda obstaja še precej različnih scenarijev, posebej zanimivi so morda tisti s področja domače varnosti. Tako je mogoče, da je scenarij ob vklopu detektorja gibanja odvisen od tega, ali je kdo doma ali ne. Ob prvem primeru vklopa alarma je mogoča prezentacija alarma na televiziji ali na katerikoli drugi avdio-vizualni napravi, ki se jo lahko samodejno vklopi, v nadaljnjih primerih vklopa alarma pa je mogoče posredovanje posnetkov z varnostne kamere na sprejemnike izven vašega doma. Povprečnemu uporabniku trenutno ni na razpolago še nobeden od omenjenih scenarijev. Naš tipični dom vključuje le nekaj elektronskih naprav, ki so povezane z analogno mrežno kabelsko tehnologijo, nekaj električnih naprav, ki so priključene na električno vtičnico, vendar pa ne morejo komunicirati

med seboj, in osebni računalnik z dostopom do interneta in druge PC opreme. Primeri različnih naprav, ki so na uporabo v naših domovih so prikazani na sliki 1.

Trenutno so že na razpolago nekatere naprednejše rešitve, še posebej na področju avtomatizacije domačih naprav. Večina rešitev je specializiranih in zahtevajo posebnega specialista, ki je sposoben nastaviti in prilagoditi usklajeno delo posameznih naprav. Iz tega razloga te rešitve ne dosegajo zelenih prodajnih uspehov in niso dovolj praktične za prodor na širše tržišče.

Glavni ključ do prodajnega uspeha leži v uporabnosti sistema za samega končnega uporabnika. Sistem mora biti tak, da ga bo končni uporabnik lahko uporabljal in prilagajal sam, brez kakršnekoli strokovne pomoči od zunaj. V tem primeru je potrebno, da se znajo posamezne naprave sistema upravljati in konfigurirati same (tako imenovani plug & play sistem). Poleg tega morajo biti naprave zmožne odkriti prisotnost drugih mrežnih naprav ter se z njimi samodejno povezati in uskladiti. To zahteva uporabo posebnih med-operacijskih tehnologij, ki so prodorna novost v današnji industriji. V preteklosti je bilo mnogo naporov za definicijo tovrstnih med-operacijskih standardov. Čeprav vsaka od teh tehnologij rešuje mnoge tehnične probleme, pa zaradi svoje omejene uporabe ne najdejo ustreznega tržnega uspeha. Večinoma so usmerjene na področja delovanja določenih skupin naprav, kar onemogoča vsesplošno povezovanje naprav, ki je bilo omenjeno zgoraj. V drugem delu članka bomo najprej predstavili najsodobnejše tehnologije, ki se ukvarjajo z delovanjem naslednjih naprav: audio-video naprav vključno z digitalno televizijo in kakršno koli uporabno elektronsko napravo, osebni računalnik s povezano opremo kot so tiskalniki, skenerji, mrežne kamere, kot tudi naprav za domačo rabo in belo tehniko. Da možni scenariji ne bi bili omejeni le na med-sebojno domačo komunikacijo, bo na kratko povzeto tudi možno komuniciranje z napravami izven doma. V zaključnem delu članka bodo predstavljena razmišljanja o potencialni vlogi omenjenih tehnologij v sodobnem »Inteligentnem domu« bodočnosti.

## 1. INTRODUCTION

Home networking nowadays obtains a lot of attention even in the daily newspapers. The *theoretical possibility* to connect various consumer electronics devices not only with each other but also with the outside world and other devices in the home like PCs, white goods and any kind of appliances opens the floor for discussion of a large variety of home networking applications. This does not only include simple scenarios like control of individual devices and streaming of content between devices but also very complex ones like the whole house adapting to the presence of its inhabitants which involves many devices. The later example is often referred to as ambient intelligence [8]. Devices will be supposed not only to communicate with the user but also with each other to fulfill various tasks automatically without any user intervention. One example is the “watching TV” scenario where parts of the environment are automatically adapted to the users preferred settings as soon as he switches on the TV set. This may include tuning to the user’s preferred TV channel and setting the amplifier to his preferred volume level, as well as adjusting the temperature and lighting depending on the actual values reported by the environment. Since the environment might change while the user is still watching TV, the settings have to be adapted continuously.

There are many more scenarios to imagine, for example in the area of security. If there is an alarm by a motion detector different actions could take place depending on whether somebody is at home or not. In the first case a warning could be presented on the TV set or any other audiovisual end device which might be switched on while in the later case a message including pictures from the security camera could be send to a recipient outside the house. None of these scenarios is yet available to the average end user at home. A typical home today includes several consumer electronics devices just connected by analogue cabling technologies, various home appliances which are individually plugged into power but cannot communicate with any other device in the home, and a PC with access to the internet and PC equipment. These different device domains are depicted in Figure 1.

More advanced solutions are available today, in particular in the area of networked appliances for home automation purposes. But most of these solutions are end-to-end solutions based on proprietary technologies that often require a trained specialist to set up and configure. These factors prevent such solutions from reaching price-points and convenience levels that are essential for mass-market adoption of these systems.



FIG. 1  
Isolated device domains  
in today's homes

In order to enable wide-spread adoption, these systems need to be installable and configurable by the end-user. This type of “out-of-box” installation experience - often also referred to as plug & play - requires individual devices to be self-configurable. Additionally, devices need to discover other devices in the network that they can interact with in an autonomous manner. These kind of self-configuring systems require the adoption of interoperable technologies that is pervasive throughout the industry. There have been many efforts in the past to define such interoperability technologies. Although each of these technologies solved many of the technical issues, their lack of critical mass within the industry limits their success in the market place. Their focus on individual device domains also hinders the take-up of integrated scenarios like the ones mentioned above. The remainder of this paper will first introduce the most recent technologies which focus on the following device domains: the AV - or traditional entertainment - domain including digital TV and any kind of consumer electronic devices, the PC domain with related equipment such as printers, scanner, webcam as well as the home appliances & white goods domain. In order not to limit the potential scenarios to in-home communication, gateways will be covered briefly as well. There after the potential role of these technologies in the Smart Home Puzzle will be discussed.







The Forum consists of more than 617 vendors, including industry leaders in consumer electronics, computing, home automation, home security, appliances, printing, photography, computer networking, and mobile products. A number of scenarios depict the broad vision of UPnP. The so-called "Kitchen Device Scenario" allows listening to a collection of digital streamed music while preparing a meal, to run the dishwasher when electricity prices are lowest, and to track grocery needs on the refrigerator control panel and download the shopping list to a wireless PDA. In the "Garage Device Scenario" all home devices including heating and cooling, entertainment, appliances and others are automatically set to "house occupied" status upon clicking a garage door opener remote when returning home. None of these scenarios would work today due to the lack of corresponding device descriptions.

### 2.3 Audio Video Domain

The increasing availability of numerous types of digital devices allows consumers to access a wide range of rich multimedia content from a variety of sources including PCs, the Internet, digital broadcast receivers, and consumer electronic devices such as CD/DVD players, camcorders, and portable audio players. The physical location of these content sources is often not the user's preferred location for experiencing them. For example, users may prefer to listen to their MP3 music collection on their living room stereo instead of having to sit in the study where the PC is located. There are two middleware standards to be discussed in this context, HAVi [1] as well as UPnP AV [3] an extension of UPnP for the AV domain.

HAVi describes a system architecture which defines in detail how consumer electronic equipment from different manufacturers connected via an IEEE 1394 network can interoperate in the home network. It supports the control of devices over the network as well as the streaming of audio and video content. As such HAVi ensures interoperability between devices from different vendors. However, the pure focus on consumer equipment is quite limiting with regard to the application scenarios introduced above.

The deployment of PCs for entertainment purposes is growing continuously. The UPnP Audio Visual (AV) specification [3] therefore defines a set of UPnP device and service templates that specifically target consumer electronics devices such as TVs, VCRs, DVD players, stereo systems, MP3 players, in addition to PCs. The UPnP AV architecture shown in figure 3 defines three main logical entities: a Media Server, a Media Renderer, and a Control Point. The Media Server has access to entertainment content and can send that content to other UPnP AV devices via the network. A Media Renderer is a UPnP device that is able to receive external content from the network and render it on its local hardware. An AV Control Point coordinates the operation of the Media Server and Media Renderer. Since the AV architecture can accommodate various transfer protocols and content formats, Media Server and Media Renderer can transfer the desired content using any transfer protocols and data format that they both support. As part of its set-up and configuration responsibilities, the Control Point must identify and select the protocol and format to be used. Although the architecture defines three logical entities, a physical device may contain any combination of them, e.g. many implementations of renderers are likely to include a control point so that the user can control the operation using the same device that is rendering the content. Currently a number of so called Media Adapters hit the market. These are devices which are connected to a TV screen and which implement a UPnP Media Renderer including a Control Point. They require a PC with installed UPnP Media Server software from which they can then stream music and video files or display a picture gallery on the TV screen.

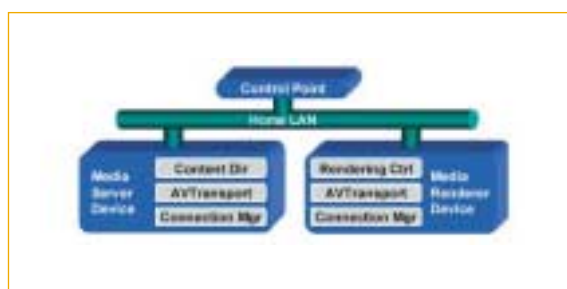


FIG. 3  
UPnP AV Architecture

### 2.4 Multimedia Home Platform

Finally, we also have to take into account how information and services enter the home. Here again we have to deal with different technologies, merely broadcast and internet. The capabilities of digital broadcast go far beyond the pure distribution of TV channels. The DVB Multimedia Home Platform was developed to enable provision of program-related information and applications as part of the broadcast stream, but actually any kind of information can be included as long as the client system is able to interpret it.

MHP defines a generic interface between interactive digital applications and the terminals on which those applications execute. It enables digital content providers to address all types of terminals ranging from low-end to high-end set top boxes, integrated digital TV sets and multimedia PCs. MHP extends the existing, DVB open standards for broadcast and interactive services in all transmission networks.

Up to now there are three MHP Profiles defined: the enhanced broadcast profile is intended for broadcast (one way) services, while the interactive broadcast profile supports additional interactive services via IP and http. Finally, the internet access profile allows MHP to use the world-wide communication network provided by the Internet.

Currently the MHP platform is a dead end in the home because it is not connected to the home network. Research projects like Spation study the integration of MHP with various storage devices in the home, but a complete integration into the home network is not possible yet. However, home networking is on the agenda of the DVB consortium for future MHP releases.

## 2.5 Gateways

Gateways have actually two purposes in the connected home - bridging different technologies within the home and providing access from the home to external services as well as vice versa. A number of gateways between the above-mentioned technologies have been developed by various research projects funded by the European Commission and other Research Programmes. Just to mention a few: HAVi/Powerline Gateway [[14]], HAVi/UPnP Gateway [4], UPnP/Powerline [4].

The second type of gateways is often referred to as residential gateway. Residential gateways are discussed in the context of many different application areas. The most wide-spread technology today is OSGi which's mission is to specify, create, advance, and promote an open service platform for the delivery and management of multiple applications and services to all types of networked devices in home, vehicle, mobile and other environments. The OSGi Service Platform aims to provide the missing glue between two market trends - the ubiquity of broadband connectivity and Internet access in homes, offices, vehicles and mobile/portable devices, and the emergence of new applications and services in networks and networked devices.

With the OSGi Service Platform, services may be dynamically loaded over a wide-area network, and accessed through a Services Gateway in a home, office, vehicle, or mobile device. Once present in an Open Services Gateway, these services may be accessed by all connected devices and networks in the home, small office and remote/mobile locations. The Gateway provides a framework for interoperability between Service Providers, Network Operators, Service Gateway Manufacturers and Home Appliance Manufacturers.

A number of service providers as well as appliance and car manufacturers provide already home automation and various consumer-oriented services based on the OSGi architecture. However, interfaces to the home devices are still proprietary (e.g. Smart@Home by Siemens).

## 3. THE NEXT STEP: INTEGRATION OF DIFFERENT DOMAINS

The previous chapter introduced a number of middleware technologies which might become a role in the Smart Home puzzle. The researcher's dream of a single device middleware will never come through in reality. UPnP might get more industry acceptance than any other technology so far. But even if the missing device description will be provided in the near future, legacy technologies from the home automation area will have to be taken into account for quite a while. Moreover some security sensitive areas might even resist to using an open standard at all. Gateways between UPnP and these technologies are the obvious solution.

Assuming that MHP as iTV platform will enter quite many homes as soon as the boxes will include local storage and can be used as Personal Digital Recorder (PDR), the integration of UPnP and MHP is also a natural evolution to distribute entertainment content throughout the home. This could result in a home networking architecture as depicted in figure 4.

In its recent specification OSGi includes recommendations how to integrate OSGi and UPnP. The relationship between OSGi and MHP is not fully clarified yet. Services provided through an OSGi gateway can theoretically also be provided through MHP. However, the functionality supporting external service provision goes much further in OSGi than in MHP, which means they will potentially also have to interwork in the future home. One example of interworking could be the provision of an OSGi bundle in the broadcast stream which instantiates a particular service for a certain time. This service may utilize other content in the broadcast stream like MP3 files.

The Digital Home Working group will address a number of these issues - but for the first approach only focus on AV communication. Their scope is to enable exchange of digital content like music, pictures and videos among consumer electronic devices, PC equipment and mobile devices distributed over several rooms in the house.



FIG. 4  
MHP/UPnP Integration with gateway to  
legacy technologies



## SUMMARY

To successfully integrate these different networking technologies and create a seamless environment - from the user's point of view - is still a challenge. This can only be achieved by different industries co-operating to fulfill the broad vision of ambient intelligence.

In the home automation domain we do not only have to deal with technical problems, but also with the fact that several device manufactures do not want third parties to control their devices and therefore do not adopt a common middleware. For a number of devices which are really critical to the overall operation of the Smart Home (e.g. energy management) this might even be the right decision.

It is not the problem of missing parts of the puzzle, we rather have too many to choose from and therefore need guidelines in form of profiles. The Digital Home Working Group (DHWG) [15] aims at providing these kind of guidelines. But for the first approach DHWG will only focus on the vision of an interoperable network of PCs, Consumer Electronics and mobile devices including set-top-boxes and residential gateways in the home enabling a seamless environment for sharing new digital media and content services. Fulfilling this vision would be a major step ahead but will leave the traditional home automation behind.

## REFERENCES

1. HAVi; <http://www.havi.org>
2. UPnP; Universal Plug and Play: <http://www.upnp.org>
3. UPnP AV 1.0 Specifications, UPnP Forum, [http://www.intel.com/technology/upnp/download/UPnP\\_AV\\_Arch.pdf](http://www.intel.com/technology/upnp/download/UPnP_AV_Arch.pdf)
4. IST 2000-28133: Future Home; Project Home Page; <http://future-home.org>
5. EIB (European Installation Bus); <http://www.eiba.com>
6. Powerline; <http://www.uplc.org>
7. IEEE 1394; <http://www.1394ta.org>
8. Ambient Intelligence, ISTAG Report: Scenarios for Ambient Intelligence in 2010; <ftp://ftp.cordis.lu/pub/ist/docs/istagscenarios2010.pdf>
9. BatiBUS: <http://www.batibus.com/anglais/gen/index.htm>
10. EHS; European Home System: <http://www.ehsa.com/>
11. CEBus: <http://www.cebuse.org/>
12. X10: <http://www.x10.org/aboutx10.html>
13. LonTalk; EIA/CEA 709.1-B-2002: <http://www.echelon.com/products/lonworks/protocol/>
14. IST-1999-10622: InHoMNet - In Home High Speed Multimedia Network based on IEEE 1394: <http://www.iskp.uni-bonn.de/bibliothek/reports/GMD/2000/e-probl/inhomnet.pdf>
15. Digital Home Working Group (DHWG): <http://www.dhwg.org/home>

# Gradnja predora Trojane

## TROJANE TUNNEL CONSTRUCTION

**prof.dr. Jakob Likar, univ.dipl.inž.rud. in geoteh.**

Univerza v Ljubljani, Naravoslovnotehniška fakulteta,  
Oddelek za geotehnologijo in rudarstvo

### POVZETEK

Tehnologija gradnje, ki upošteva principe NATM, je prilagojena izjemno zahtevnim geotehničnim pogojem gradnje. Največje težave pri gradnji povzročajo primarne - preostale napetosti v kamnini in neugodna lega skrilavosti in plastovitosti. Ta pojav se kaže v nestabilnosti izkopnega čela in povečanih nateznih napetosti v primarni oblogi.

Posebna pozornost je namenjena izkopu tistih odsekov predorskih cevi, ki potekajo pod stanovanjskimi objekti in drugimi infrastrukturnimi objekti.

Cilj prilagajanja načina izkopa in podpiranja je zmanjšanje pomikov v sistemu hribina - podporje, kar zahteva fazni izkop in veliko togost primarnega podpornega sistema vključno z vgradnjo pomožnih podpornih elementov.

Geotehnični pogoji gradnje predora Trojane zahtevajo kontinuirano sodelovanje Izvajalca, Inženirja in Projektanta ter strokovno dogovarjanje, kateremu sledi pravočasno in učinkovito ukrepanje. To dejstvo je zelo pomembno za razumevanje načina dela pri gradnji najzahtevnejšega predora v Republiki Sloveniji.

### ABSTRACT

The 2900 m long twin Trojane tunnels, located on the motorway section AC A10 Ljubljana-Celje, are currently under construction. Starting from the east portal the construction works advanced on both tunnels to the most demanding section, this was immediately beneath the Trojane village. The tunnels are of about 11 m diameter and are constructed using principles of the New Austrian Tunnelling Method (NATM). Difficult ground conditions, low overburden and the presence of the urban development above the tunnels all congregated at this particular section. A comprehensive monitoring system including roads, buildings, pipelines, electric cable towers and other communal infrastructure had been set up to enable control of the displacements caused by the tunnelling. The monitoring data were used to establish the surface and subsurface deformation field above the tunnels.

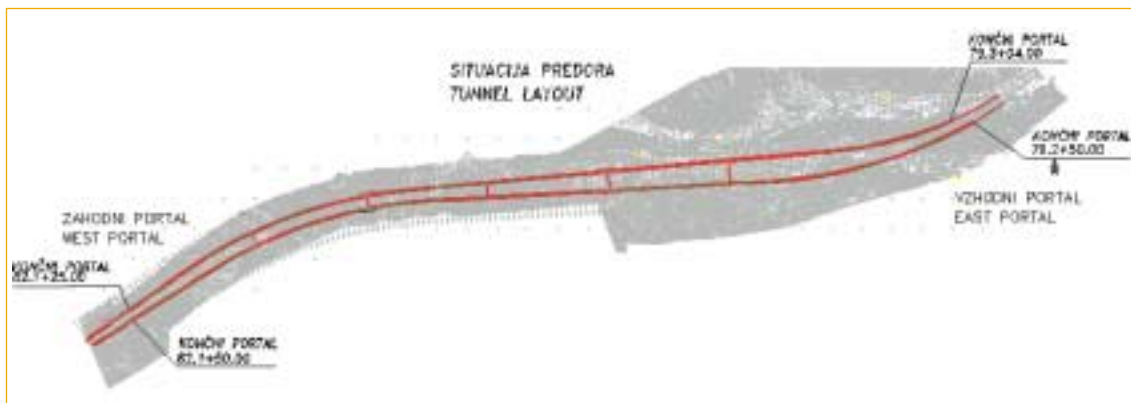
Mudstone, claystone and sandstone dominate the rock layering of the geological sequence relevant to Trojane tunnel. The ground is tectonically reworked and damaged, contains structural anomalies and there are some very weak parties within the rock matrix. Sudden and frequent transitions between lithological sequences impose potential instabilities and make the excavation of the tunnel particularly difficult.

The construction of the twin tunnel was carried out at four advancing points, one at the end of each tube on both ends of the tunnel. The construction was carried out by the hydraulic hammer and machine excavations and the subsequent installation of the primary support, which consisted mainly of the steel ribs, the reinforced shotcrete and the rock bolts. The next phase was the construction of the invert and the foundations, followed by the installation of the drainage and the hydro-insulation. Finally, the construction of the secondary lining and the road pavement concluded the civil works.

### 1. Uvod

Dvocevni Predor Trojane, ki je dolg okrog 2900 m, je del avtocestne povezave med Celjem in Ljubljano v sklopu avtoceste Lendava - Koper s priključnimi kraki. Gradnja tega odseka, ki je Republiki Slovenijo bistvenega pomena, traja že skoraj okrog deset let.

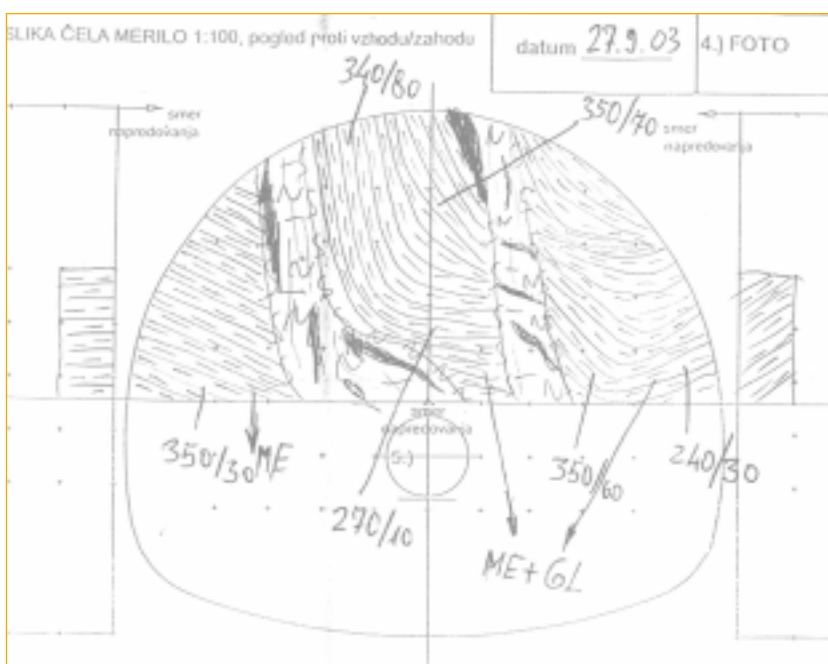
Avtocesta na odseku, kjer je v prostor umeščen predor Trojane, poteka po gričevnatem in hribovitem območju, ki ga gradijo kamnine karbonske in permske starosti. Potek predora je bil izbran na osnovi obsežnih prometno tehničnih študij in okoljevarstvenih zahtev, ki imajo bistven vpliv na odločitev o izbiri trase. Manj je bil upoštevan geotehnični kriterij izbora, saj so dotedanje izkušnje pridobljene pri gradnji v podobnih kamninah nakazovale zahtevno gradnjo. Jasno je, da sodobni tehnično tehnološki postopki gradnje omogočajo izvedbo podzemnih objektov tudi v tako zahtevnih geotehničnih pogojih, kot so prisotni na območju Trojan. Ta ocena se je kasneje pokazala kot realna in zato je gradnja zahtevala intenzivno vključevanje strokovnjakov s področja gradnje podzemnih objektov. Na sliki 1 je prikazana situacija območja gradnje predora Trojane.



SLIKA 1  
Lokacija predora Trojan

## 2. Osnovne geološke značilnosti območja Trojan

Trojanski hrbet in širše območje v geološkem pogledu pripada karbonski in permski starosti. Kamnine so v geološki preteklosti doživele velike mehanske spremembe kot posledica tektonskih dogajanj in drugih sprememb, tako da so v pretežni meri močno tektonsko poškodovane z značilnimi vertikalnimi in subvertikalnimi prelomnimi conami debelimi več 10 m, katere zapolnjuje tektonska glina z nizkimi geotehničnimi karakteristikami. Premaknjene plasti se kažejo v različnih prostorskih legah z bolj ali manj izraženimi skrilavimi lastnostmi, ki še posebej vplivajo na pogoje izkopa in primarnega podpiranja.



SLIKA 2  
Značilni geološki prerez predorske cevi Trojan Vzhod - desna predorska cev

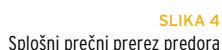
Preperinski pokrov, ki je v stabilnostnem pogledu najbolj problematičen, sega do različnih globin, odvisno od globine in intenzivnosti preperevanja v preteklih obdobjih. Tako imamo na nekaterih mestih globino preperinskega pokrova tudi do 17 m, medtem ko drugje debelina ne presega 1 m. V geotehničnem smislu so dokaj pomembne tektonske anomalije, ki se razprostirajo v smeri SZ - JV in vsebujejo v največ primerih tektonsko glino, ki ima sicer določeno kohezijo, je pa deformabilnostno gledano precej manj toga kot so druge kamnine, ki se nahajajo na območju Trojan. Kot je z izkopsnimi deli ugotovljeno, so meljevci, glinovci in peščenjaki značilne kamninske plasti, katerih lega se pogosto spreminja, kar posredno vpliva na zagotavljanje stabilnostnih razmer v času gradnje predora. Prehodi iz enega plastovnega sistema v drugega so mnogokrat nepredvidljivi, še posebej tam, kjer je to povezano z vertikalnimi preskoki, ki jih je z vrtninami nemogoče predhodno ugotoviti. Zato so sprotne geološko geotehnična spremljava in na osnovi tega sprotne analize izjemnega pomena za pravočasno in učinkovito ukrepanje.

Na vzhodnem in zahodnem delu so vhodi v predor Trojane locirani inženirsko gledano v dokaj neugodnih kamninah. Dostopi v rudarske dele predora so pod ostrimi koti glede na pobočja in temu primerno so portalna območja sorazmerno dolga, zgrajena v značilnih kamninah, ki jih v pretežni meri sestavljajo tektonsko poškodovani glinavci, meljevci in pščenjakki pogosto zapolnjeni s hribinsko vodo, ki se nekontrolirano pretaka po razpokah. Prav ta pojav je dokaj neugoden, saj spremenljivo precejšnje vode otežuje učinkovito varadnje drenažnega in odvodnjevalnega sistema. Na sliki 3 je prikazano območje zahodnih portalov.



Gradnja predora zajema izkop in primarno podpiranje na štirih napadnih točkah, ki mu sledijo ostale gradbene faze kot so vgradnja temeljev in talnega oboka, odvodnjevalnega sistema za hribinsko vodo, priprava primarne obloge za namestitev zaščitne in hidroizolacijske folije, vgradnja notranje betonske obloge itd.

Geotehnične lastnosti kamnin in zemljin, ki gradijo Trojanski hrbet so dokaj spremenljive in v nekaterih primerih močno tektonsko poškodovane, tako da večkrat odstopajo od značilnega povprečja. Prav slednje je pomembno pri odločanju o izbiri mehanizacije in druge opreme, ki se uporablja pri izkopu in vgradnji podpornih elementov. Pri izkopu predora Trojane uporabljena mehanizacija omogoča normalno napredovanje z odkopnimi hidravličnimi kladivi in v primerih, ko je hribina dovolj mehka, so uporabni tudi navedni bagri v stopnici in talnem oboku.







Hitrost izkopa je različna odvisna od trdote, trdnosti in žilavosti kamnine, tako da traja izkop kalote, ki ima prečni prerez okrog 53 m<sup>2</sup> od 2 ure do 5 ur. Pri tem igra veliko vlogo pravilno odpiranje prostih ploskev v plastovitih kamninah, kar omogoča učinkovit izkop. Lastnosti kamnine zahtevajo takojšnjo vgradnjo podpornih elementov, kot je prikazano na sliki 5.

Na sliki 5 pa vgradnja talnega oboka iz brizganega cementnega betona MB25 debeline 35 cm.

Ker so lastnosti nastopajočih kamnin takšne, da imajo izjemno nizko samonosilnost in da uporaba vrtnja in razstreljevanja ni potrebna, je pa nujna vgradnja močnejšega podporja oz. kombiniranega podpornega sistema, ki prenaša dodatne obtežbe okoliških kamnin.

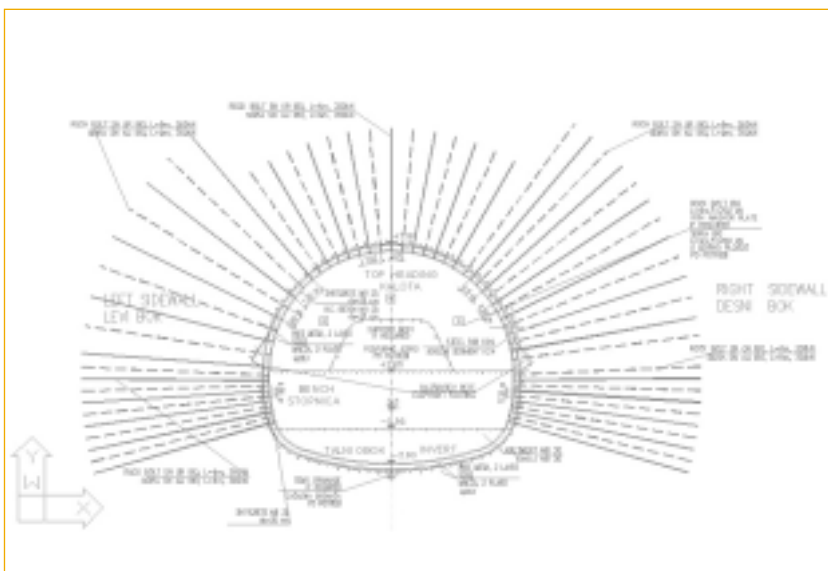
V pretežni meri so uporabljeni standardni podporni elementi kot so brizgan cementni beton MB25 debeline do 35 cm, hribinska pasivna sidra (SN, IBO) z nosilnostjo 250 kN in 350 kN, armaturne mreže Q189 in Q283 ter jekleno ločno podporje (TH21, K24) ter pomožni podporni elementi kot so jeklene sulice, jekleni cevni ščit (slika 9), začasni talni obok iz brizganega cementnega betona, razširjena peta v kaloti, jekleni mikropiloti (slika 7), ipd.

Sistem izkopa in podpiranja je prilagojen spremenljivim geotehničnim pogojem gradnje in tehnološkim posebnostim, ki jih narekujejo izjemno zahtevne hribinske razmere. Pojavi iztiskanja kamnin in časovno odvisnih sprememb napetostnih in deformacijskih polj ter posledičnega razvoja pomikov ostenja predorskih cevi in okoliških kamnin so pogosti.

Poleg iztiskanja in diferenčnega posedanja kalote, ki sta pri gradnji predora Trojane dokaj pogosta, se v nastopajočih kamninah pogosto pojavljajo povečane preostale napetosti v kamninskih gmotah, ki povzročajo asimetrične obremenitve podpornega sistema, pospešeno posedanje kalote in deformiranje predorske cevi v različnih smereh.



**SLIKA 5**  
Vgradnja talnega oboka iz brizganega cementnega betona MB25 debeline 35 cm

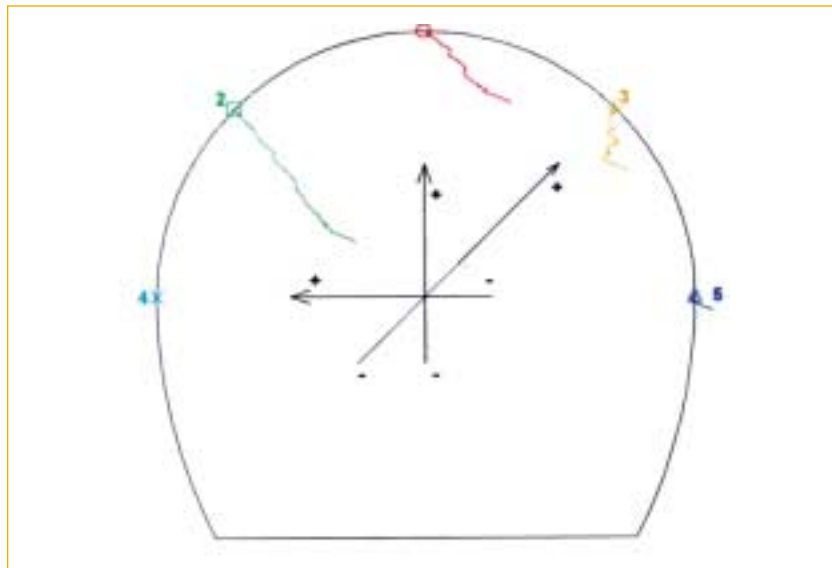


**SLIKA 6**  
Način izkopa in odpiranja ploskev v plastoviti kamnini - primer asimetričnega sidranja





**SLIKA 7**  
Vgradnja mikropilotov v desni  
bok predorske cevi



**SLIKA 8**  
Primer večjih diferenčnih  
posedkov v kaloti;  
Merilo Premikanje 1 : 12.0 -  
Merilo Napredki 1 : 4500



**SLIKA 9**  
Priprava na vgradnjo jeklenega  
cevnega ščita

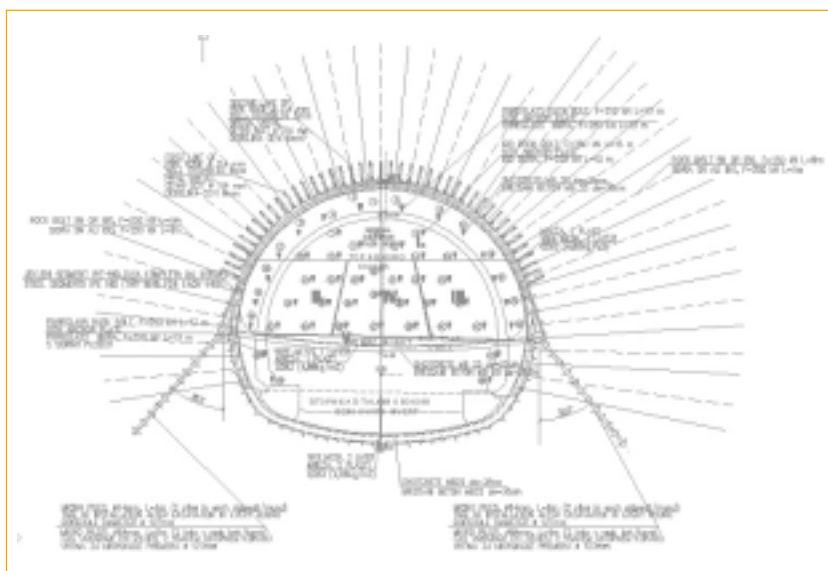
Ti vplivi so dokaj neugodni za vzdrževanje stabilnih razmer. Kadar se seštevajo so težko obvladljivi ter predstavljajo najneugodnejše stanje v predoru. Ukrepi za obvladovanje težav s stabilnostjo se morajo izvajati pravočasno, hitro in učinkovito saj potegnejo za seboj poleg vgradnje dodatnih podpornih elementov, izmed katerih so najpogostejše uporabljena sidra, tudi manjše hitrosti napredovanja izkopa in primarnega podpiranja.

Na sliki 8 so prikazane deformacije v merskem profilu iz katere se vidi problematika gradnje v anizotropnih pogojih ob velikih absolutnih in diferenčnih pomikih.

## 5. Spremembe napetostnih in deformacijskih stanj v kamninah okrog izkopnega čela

Napredovanje izkopa v nizkonosilnih in tektonsko močno poškodovanih kamninah, kot so glinavci, meljevci in tektonske gline, ki gradijo območje Trojan je povezano z velikimi vplivi oz. spremembami deformacijskih polj pred izkopnim čelom in širšem območju okrog predorske cevi. V močno zaglinjenih in relativno mehkih kamninah oz. trdih zemljinah ta vpliv sega tudi 3D ali celo 4D pred izkopnim čelom, če je D ekvivalentni premer predorske cevi. Ta pojav je izjemno neugoden, saj izrazito vpliva na absolutni časovni razvoj posedanja na širšem območju. Iz dosedanjih analiz in inženirskih interpretacij sledi, da vsebnost večjih količin glinastih komponent bistveno vpliva na časovni potek deformacij, kar je izjemnega pomena za pravilno oceno možnih sprememb v daljšem časovnem obdobju.

Zato je gradnja pod poseljenim območjem, kjer je uporabljen prilagojen podporni sistem v hribinski kategoriji SCC2, še posebej zahtevna - slika 10.



SLIKA 10  
Podporni sistem v dopolnjeni  
hribinski kategoriji SCC2

### 5.1 Statične analize napetostnih in deformacijskih polj za potrebe izračuna deformacij na površini

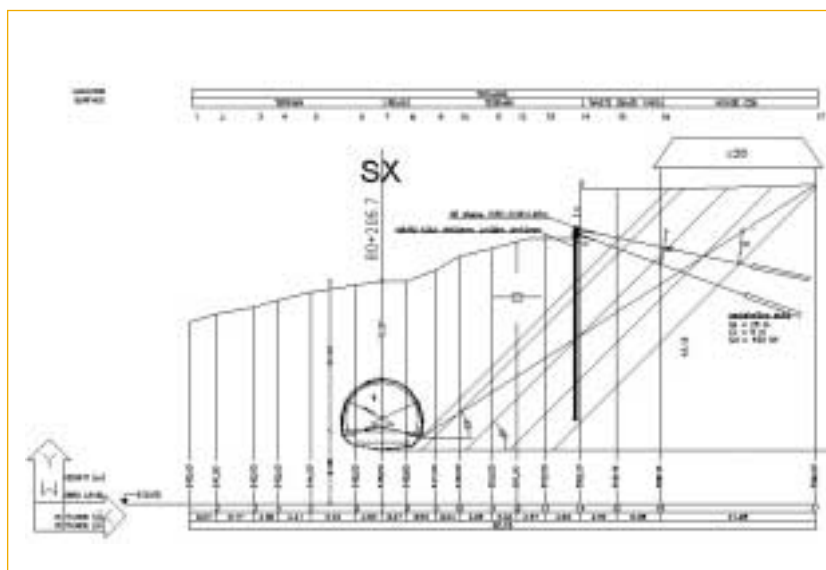
Sodobni računski postopki sloneči na numeričnih metodah omogočajo hitro in kakovostno ugotavljanje sprememb, ki so posledica izkopa in vgradnje podpornih elementov pri gradnji predora. Vendar v posebnih primerih, kot je npr. Predor Trojane, so prognoze in rezultati tovrstnih izračunov pogojno uporabni. Vsekakor vhodni podatki, ki jih dobimo na osnovi različnih standardnih laboratorijskih in in situ raziskav niso vedno povsem realni in ne dajejo pravih vrednosti, če primerjamo dejansko dogajanje med izkopom in podpiranjem predora. Te ugotovitve so jasno dokazane pri predoru Trojane predvsem v tistih odsekih, kjer je vsebnost glinastih komponent večja v primerjavi z drugimi odseki, ki imajo večjo vsebnost meljaste in peščene komponente. V vseh dosedanjih izračunih, ki so bili narejeni v okviru prognoznih ocen deformacij so bile izračunane absolutne vrednosti precej manjše od kasneje izmerjenih med samo gradnjo. Izmerjeni diferenčni posedki pa so se bolj ujemali z izračunanimi, tako da so bili v večini primerov celo manjši od prognoziranih.

Iskanje vzrokov, ki so bili najpomembnejši, da je prišlo do večjih razlik med prognoziranimi in izmerjenimi deformacijami, nas je pripeljalo do naslednjih ugotovitev:

- z dvodimenzionalnimi analizami se ne upošteva 3D učinka, kar je v tovrstnih kamninah izjemnega pomena;
- vhodni parametri - predvsem deformabilnostni - ugotovljeni s standardnimi laboratorijskimi in in situ raziskavami ne ustrezajo realnim lastnostim, ki jih imajo nastopajoče kamnine.

Poleg navedenega uporaba dvodimenzionalnih statičnih analiz za ugotavljanje posedanja oz. deformacijskih sprememb zahteva - če hočemo, da so izračuni kolikor toliko skladni z izmerjenimi vrednostmi - bistveno znižanje vrednosti vhodnih parametrov.

Na sliki 11 prikazujemo v shematski obliki vpliv izkopa na površino nad predorom.



**SLIKA 11**  
Shematski prikaz izkopa predora in vplivnih kotov, kot posledice napetostnih in deformacijskih sprememb v kamninah in primarni oblogi

## 5.2 Vpliv togosti podpornega sistema in kamninskega stebra pred izkopnim čelom

Neodvisno od navedenega je vpliv togosti podpornega sistema na velikost in časovni razvoj deformacij velikega pomena za ustrezno dimenzioniranje tehnološkega procesa gradnje. Povečano togost primarne obloge lahko dosežemo na več načinov, kot npr:

- z vgradnjo podpornega sistema, ki zagotavlja hitro prevzemanje dodatnih obtežb, ki so posledica izkopa;
- z načinom izkopa in podpiranja po delih npr. način izkopa s stranskimi rovi, kjer je vzpostavljeno ravnoesje v manjših prečnih prerezi;
- z vgradnjo dodatnih nizko deformabilnih pomožnih podpornih elementov npr. povečanje togosti kamninskega stebra pred izkopnim čelom;
- kombinacija nekaterih navedenih.

Način izkopa, ki je uporabljen na nekaterih odsekih pri gradnji predora Trojanje, kot kombinacija togih podpornih elementov v primarni oblogi in zaščita izkopnega čela z brizganim cementnim betonom debeline 15 cm ter hribinskimi sidri dolžine do 15 m z nosilnostjo 250 kN, se je izkazal kot primeren, v danih geotehničnih pogojih.

Izvedena zaščita izkopnega čela s podpornimi elementi je takšna, da še omogočajo normalno odvijanje tehnološkega procesa izkopa in podpiranja. Ta pogoj je bistvenega pomena za normalno izvajanje del s ciljem čim manjših prekinitev oz. čimbolj kontinuirnega dela pri napredovanju gradnje.

## 6. Rezultati meritev in opazovanj

Gradnja v zahtevnih in poseljenih območjih zahteva stalno kontrolo dogajanja v predoru in na površini. Sodobne geometrične metode opazovanj prostorskih pomikov omogočajo hitro in kakovostno izvajanje meritev ter pregledno predstavitev rezultatov. Tak način dela sicer zahteva stalno prisotnost projektanta, je pa učinkovit in zagotavlja pravočasno ukrepanje. Prav to je pomembno, saj bi prepozno odzivanje lahko imelo za posledico povečane pomike na površini in s tem bi lahko nastale potencialno večje poškodbe na objektih.

Opazovalna mreža na Trojanah je sestavljena iz več sistemov opazovanj:

### a) na površini

- repernih točk na površini v osi predora za opazovanje posedanja in prostorskih pomikov;
- prečnih merskih profilov, ki jih sestavljajo reperji, ki so postavljeni prečno na os predora za potrebe ugotavljanja širine deformacijskega polja;
- vertikalnih inklinometrov za merjenje horizontalnih pomikov po globini;

### b) v predorski cevi

- reperjev za merjenje prostorskih pomikov;
- več točkovnih ekstenzometrov;
- merskih sider in
- horizontalnega inklinometra za merjenje časovnega razvoja in velikosti posedkov pred izkopnim čelom.

Na sliki 12 je prikazan razpored merskih mest na površini nad predorsko cevjo.

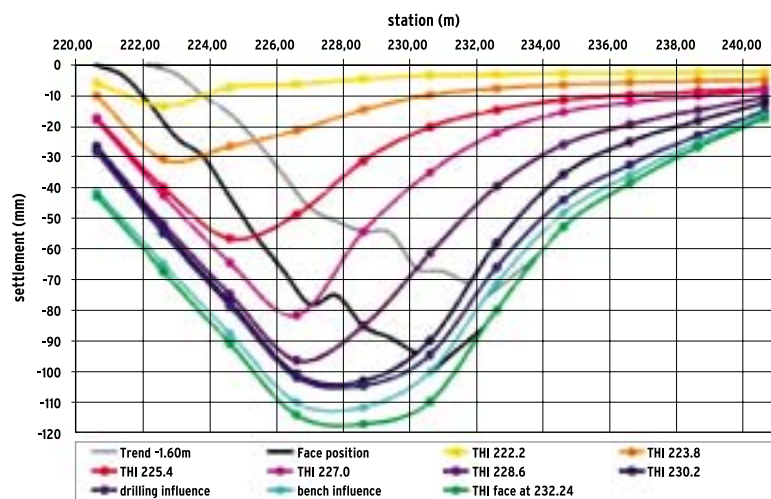


SLIKA 12  
Razpored merskih mest na površini  
nad predorsko cevjo

Izvajanje meritev na površini nad predorom in v predoru v horizontalnem inklinometru je bilo izvajano dvakrat na dan z namenom, da se natančno ugotovi, pri katerih fazah izkopa in podpiranja se razvijejo največje deformacije pred izkopnim čelom in kasneje za izkopnim čelom. Iz diagrama, ki prikazuje odvisnost med posedki in napredovanjem izkopa v kaloti ter fazami izkopa je razvidno, da so pomiki največji od 2 m do 6 m pred izkopnim čelom in so posledica:

- deformiranja kamninskega stebra pred izkopnim čelom,
- sproščanja deformacij v smeri izkopanega dela predora v času faznega izkopa.

Ocenjeno je da je odnos med posedanjem in horizontalnimi pomiki enak 40:60. To dejstvo je pomembno zato, da se lahko ustrezno določi velikost izkopnih faz in število hribinskih sider, vgrajenih v kamninski steber pred izkopnim čelom.



SLIKA 13  
Izmerjeni pomiki v hribinskem stebru  
pred izkopnim čelom v predoru

#### LITERATURA

1. Likar, Jakob: PZI PREDOR TROJANE na AC A 10; Načrt gradbenih konstrukcij, 2000, 2001, 2002, 2003; Investitor DARS, d.d.; Izvajalec gradbenih del: Grassetto, S.p.A.

# Inovativni razvoj signalno varnostnih sistemov na Slovenskih železnicah

## INNOVATIVE DEVELOPMENT OF SIGNAL SAFETY SYSTEMS ON SLOVENE RAILWAYS

**Danilo Širnik, univ.dipl.inž.el.**

Slovenske železnice

### POVZETEK

Železnica kot profesionalni sistem opravljanja storitev transporta potnikov in blaga potrebuje za varno izvajanje storitve ustrezne naprave in postopke, ki zagotavljajo varno in urejeno opravljanje prometa.

Varen in urejen sistem transporta po železniški infrastrukturi lahko uspešno obvladuje ustrezen inteligentni sistem. Ključna naprava za zagotavljanje varnosti v železniškem transportu je signalno varnostna naprava.

Prispevek obravnava stanje signalno varnostnih naprav na Slovenskih železnicah in inovativni razvoj signalno varnostnih sistemov v zadnjih desetih letih.

Razvoj železniških signalnovarnostnih sistemov je v zadnjih desetletjih potekal iz mehanskih sistemov preko elektrorajskih na elektronske sisteme. Železnica je prisiljena modernizirati infrastrukturo na področju signalnovarnostnih naprav tudi zaradi potrebe po zagotavljanju interoperabilnosti, ki omogoča poenotenje sistemov med različnimi železniškimi upravami v Evropi. Uvedba interoperabilnosti bi pomenila skrajšanje potovalnih časov, tako v potniškem kot v tovarnem prometu, kot tudi omogočila prost dostop na železniško infrastrukturo vsem licenciranim železniškim prevoznikom. Uvajanje novih elektronskih sistemov zagotavlja povečano stopnjo varnosti, razpoložljivosti in znižane stroške vzdrževanja ter poseben inovativni pristop pri vodenju prometa po železniški infrastrukturi. Uvedba sodobnih elektronskih naprav na postajah in v centru vodenja prometa omogoča uvedbo avtomatskega vodenja prometa iz enega centra za celotno progo.

V članku je obravnavana tudi prvenstvena naloga signalno varnostnih sistemov v prihodnosti na evropskih železnicah.

### ABSTRACT

The railway is professional system for service of passenger and freight transportation. As such it needs for safety service adequate equipment and procedures to assure safety and settled railway traffic.

Safety and settled transport service on railway infrastructure can be ensured through adequate intelligent system. The important element to assure the safety in railway transport is signalling and interlocking equipment.

The article describes the status of signalling and interlocking equipment on Slovenian railway and innovative development of interlocking systems in last ten years.

The development of railway interlocking systems in last ten years was going from mechanical systems via electro relay to electronic signalling and interlocking systems. The main reason that forced railways in modernization of signalling and interlocking infrastructure was interoperability, which means to make uniform signalling and interlocking systems between different railway authorities in Europe. The result of that would be reduction of travelling time in passenger as well in freight traffic and also the possibility for free access to railway infrastructure for all railway operators with licence. Introduction of new electronic systems assure increased safety and availability level, lowered maintenance costs and special innovative accession to traffic managing through railway infrastructure. The introduction of contemporary electronic equipment on stations, tracks and in management centres makes possible to introduce automatic traffic management for whole railway line section.

The article also described important task of signalling and interlocking systems for European railways in future.

**Key words:** railway signalling and interlocking equipment, relation railway track - vehicles, interoperability

### 1. OSNOVNA NAČELA OPRAVLJANJA TRANSPORTA PO TIRNICAH

Za izvajanje transporta po tirnicah je potrebno zagotoviti:

- ustrezno gradbeno infrastrukturo,
- sisteme električne vleke,
- ustrezne pogonske sisteme (dizel ali elektro vleka),
- komunikacijske sisteme in



- signalno varnostne sisteme,
- kakor tudi ustrezno izšolano delovno silo.

## 2. SIGNALNO VARNOSTNI SISTEMI NA ŽELEZNICAH

Signalno varnostni sistemi na železnici morajo izpolnjevati:

- zavezujoča osnovna določila prometnih pravil,
- skladne tehnične specifikacije,
- tehnične standarde,
- navodila sodelujočim pri vodenju in izvajanju prometa.

Vsakemu vlaku na železnici je v sistemskem principu zagotovljena zavarovana vozna pot. Sistemi, ki omogočajo postavitve, zavarovanja in razrešitev voznih poti se imenujejo signalno varnostni sistemi.

## 3. TEHNIKE KRMILJENJA VOZNIH POTI (POSTAVLJALNICE):

Danes so, glede na zahteve poenostavljanja razmer delovanja, naprave za upravljanje kretnic in signalov, zbrane v ti. postavljalnicah.

Iz zornega kota tehnične ureditve ločimo različne oblike postavljalnic.

Najstarejše oblike postavljalnic se pojavijo takoj za predajo v obratovanje prvih železnic v prvi polovici 19. stoletja, imenujemo jih mehanske postavljalnice.

V začetku 20. stoletja se je pričel nadaljni razvoj elektromehanskih in elektropnevmatskih postavljalnic.

V drugi polovici 20. stoletja razvite relejne postavljalnice omogočajo, vsled prevzema funkcije mehanskega zapornega registra, združitve upravljalnih elementov (v tem primeru tipke) in javljalnih lučk v enotno shematično tirno sliko. Zato se relejne postavljalnice imenujejo tudi: postavljalnice s tirno sliko ali postavljalnice s tipkami.

Konec 20. stoletja predstavlja obdobje elektronskih postavljalnic, ki so trenutno najmodernejša oblika postavljalnic. Delujejo na principu računalniškega krmiljenja. Logika postavljalnice se nahaja v programski opremi (softveru). Upravljanje se opravlja s pomočjo tipkovnic oz. mišk in monitorjev.

Omogočajo:

- enostavno in fleksibilno dogradnjo sistema, ker se le ta izvaja lahko s pomočjo zapisa v programski opremi-softveru,
- enostavno nadgradnjo z dodatnimi sposobnostmi, ki se prav tako vnašajo z dodajanjem nove programske opreme,
- enostavno in hitro testiranje sistema,
- poenostavljeno in hitrejše odkrivanje napak zaradi obvladovanja vzdrževalnega stanja na vzdrževalnih delovnih postajah,
- poenostavljeno statistično obdelavo vseh elementov, ki sodelujejo v procesu opravljanja prometa,
- z uvedbo novih elementov krmiljenja zunanjih naprav je povečan doseg vgradnje in krmiljenja zunanjih naprav na 6,5 km,
- zgoraj omenjena sposobnost omogoča izvedbo ti. centralnega bloka, kar pomeni, da ob progi ni potrebno nameščati ti. zunanjih krmilnih naprav, ki delujejo v težkih okoljskih pogojih (poletje/zima) in so navadno težko dostopni v primeru okvar.

Omenjene sposobnosti in tudi druga dejstva (zagotovitev vzdrževalnega osebja, naraščajoča cena postavljalnicam drugega tipa idr.) so vzrok, da npr. Nemške železnice, kakor tudi Slovenske čelznice, vgrajujejo le še elektronski tip postavljalnic.

## 4. FLEKSIBILNOST ELEKTRONSKIH POSTAVLJALNIC

Razpoložljivost elektronskih postavljalnic prekaša relejne vsled koncepta večkratnega procesiranja pred določitvijo izhodnega stanja in to v več procesorjih ali v različnih programskih okoljih, seveda je pri tem analiziranju potrebna predpostavka, da so izvršilni elementi (kretniški pogoni, senzorji prostosti tirov in kretnic,...) absolutni.

Vsled optimiranja obvladovanja vodenja prometa na progah upajajo upravljalci železniške infrastrukture centralno vodenje prometa (CVP). CVP združuje mehanizme disponiranja, določanja vlakovnih voženj, hranjanja opravljenih voženj v smislu poti in časa, kakor tudi razreševanja konfliktnih situacij.

Elektronske postavljalnice omogočajo med drugim, zaradi psihične meje obremenitve postavljalcev, ti. fleksibilno dodelitev področij upravljanja. Meja obremenitve človeka – postavljalca zahteva namreč na večjih postajah določitve psihične meje obremenitve. Zato se lahko definirajo področja postavljalnice, kjer opravlja delo več postavljalcev s ti. odvisnostjo soglasja. V relejni tehniki so ta področja fiksna, elektronski sistem pa omogoča fleksibilnost določanja, kar ima za posledico, da lahko v obdobjih zmanjšane obsega prometa opravlja delo v centru vodenja prometa manj osebja oz. v primeru motenj se s tem lahko razbremenijo lokalni postavljalci. Seveda pri tem ne smemo izpustiti iz obzira najvažnejšo določilo odgovornosti postavljalcev. V vsakem trenutku mora biti definirano, kdo je odgovoren za upravljanje določenega signala in s tem povezane vse pomožne funkcije, ki se lahko na njem postavljajo s strani centra vodenja prometa ali iz lokalnega upravljanja. Uveljavljen je princip, da če ležita start in cilj neke vozne poti v različnih postavljalnih področjih, prevzame praviloma postavljalca startnega signala odgovornost za celotno vožno pot.



## 5. ODNOS MED VOZILOM IN PROGO

Poznamo več sistemov vplivanja na vlak oz. avtomatskega sistema zaščite vlaka (ATP-Automatic Train Protection):

- točkovno delujoče sisteme,
- linijsko delujoče sisteme in
- sisteme s točkovnimi in linijskimi komponentami.

Klasični obstoječi sistemi vplivanja na vlak (ti. avtostop naprave (AS) na Slovenskih železnicah) imajo različne mehanizme delovanja, od najenostavnejšega, katerega posledica je zaustavitev vlaka v primeru neregularnega stanja ali proge ali vlaka - voznika, do inteligentnih, ki omogočajo s pomočjo vplivanja na vlak poleg zagotavljanja že opisane osnovne varnostne funkcije tudi dinamično optimalno izvajanje vlakovnih voženj. Osnovno načelo vplivanja na vlak je zagotovitev poponega zavarovanja vlaka pri njegovem napredovanju tako v smislu zavarovane vozne poti, kakor tudi v smislu njegove ustrezne hitrosti, pri tem ima vlak zagotovljeno čelno, bočno zaščito in zaščito pred naletom od zadaj.

## 6. SIGNALNO VARNOSTNI SISTEMI NA SLOVENSKEH ŽELEZNICAH

Slovenske železnice (SŽ) na področju signalno varnostnih naprav obvladujejo vse tipe naprav s tem, da so glavne proge v glavnem opremljene z relejnimi napravami, regionalne proge pa tudi še z mehanskimi in elektromehanskimi.

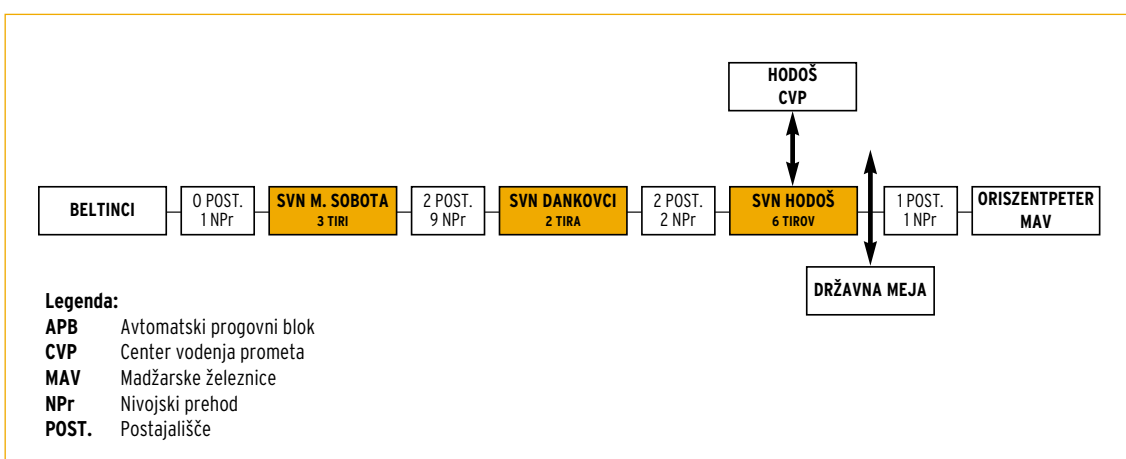
Zavarovanje vozne poti obsega vse elemente na postajah, kakor tudi na odprti progi. Zavarovanje odprte proge je izvajano z avtomatskim progovnim blokom (APB) ali napravo medpostajne odvisnosti (MO), če proga ni razdeljena na več odsekov. Na vozni poti se nahajajo tudi nivojski prehodi (NPr), ki morajo biti v primeru zavarovane vozne poti zavarovani. Najvišjo obliko vodenja prometa predstavlja telekomanda (TKo), ki omogoča postavljanje voznih poti iz centra vodenja prometa (CVP). Proge vodene iz centrov morajo biti opremljene z napravami radijskih dispečerskih zvez (RDZ), ki omogočajo neposredno komunikacijo med voznim sredstvom in centrom vodenja prometa.

V začetku 90. let 20. stoletja so tudi Slovenske železnice pričele analizirati in uvajati elektronske signalno varnostne sisteme. Prvi sistem je bil vgrajen na novogrjeni progi Murska Sobota-Hodoš. Naprava je proizvod SIEMENS-a z nazivom SIMIS-W. Center vodenja prometa (CVP) je predviden v Mariboru. Trenutno je nameščen na postaji Hodoš. Naprava je proizvod SIEMENS-a z nazivom ILTIS. Krmiljenje in nadzor ostalih spremljajočih naprav na progi opravlja SCADA sistem, ki je proizvod Harisa. Naprave, ki jih nadzira in krmili v odvisnosti z napredovanjem vlakov so:

- identifikatorji vročih osi,
- najave potnikom,
- gretja kretnic,
- nadzor razsvetljave,
- stanja dizel agregatov na postajah,

Prikazana konfiguracija proge in SVN:

### A) Murska Sobota-Hodoš



SLIKA 1

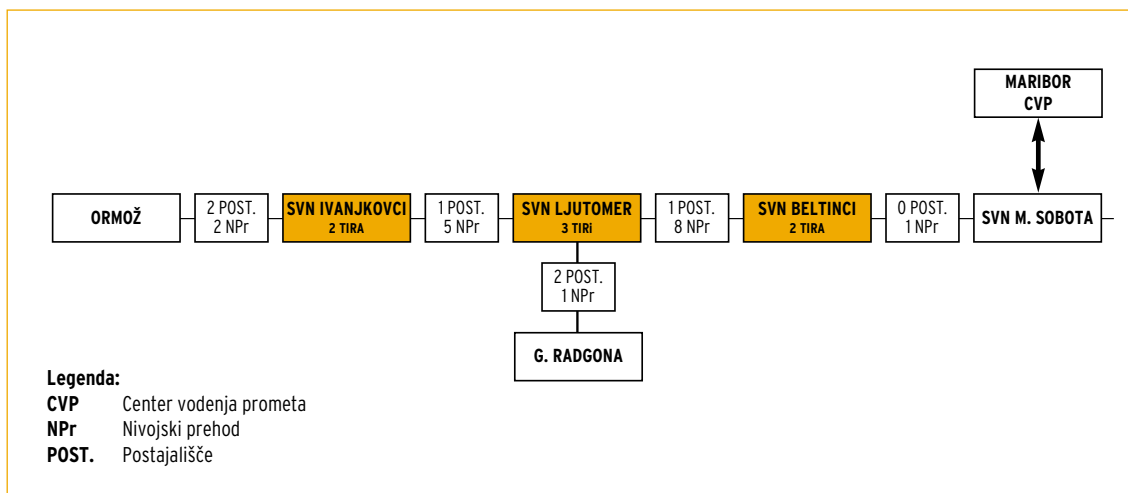




| Zap. št. | Progovni odsek                                                             | Doiž. (km)   | Št. sl. mest | Št.p.z ER zavar. | Št.p.z EM zavar. | Št.p.z M zavar. | Št.p.z EL zavar. | AS napr. (km) | APB (km)     | MO (km)      | TKo (km)     | Št. NPR    | AK NPR     | Avt. NPR   | Meh. NPR  | RDZ (km)     |
|----------|----------------------------------------------------------------------------|--------------|--------------|------------------|------------------|-----------------|------------------|---------------|--------------|--------------|--------------|------------|------------|------------|-----------|--------------|
| 1        | Ljubljana - Zidani Most - Dobova - drž. meja                               | 112,4        | 22           | 17               |                  |                 |                  | 112,4         | 112,4        |              |              | 45         | 14         | 31         | 0         | 112,4        |
| 2        | Zidani Most - Celje - Grobelno - Pragersko - Maribor - Šentilj - drž. meja | 108,3        | 21           | 16               |                  |                 |                  | 108,3         | 39,1         | 69,2         |              | 78         | 39         | 37         | 2         | 108,3        |
| 3        | Pragersko - Ormož - Središče - drž. meja                                   | 51,9         | 14           |                  | 3                | 2               |                  | 51,9          |              |              |              | 47         | 32         | 11         | 4         |              |
| 4        | Ormož - Ljutomer - Murska Sobota - Hodoš - drž. meja                       | 69,5         | 13           |                  | 1                | 2               | 3                | 69,5          |              |              |              | 80         | 58         | 19         | 3         |              |
| 5        | Ljubljana - Kranj - Jesenice - drž. meja                                   | 70,5         | 18           | 10               |                  |                 |                  | 70,5          | 70,5         |              | 70,5         | 38         | 21         | 17         | 0         | 70,5         |
| 6        | Ljubljana - Pivka - Divača - Sežana - drž. meja                            | 116,5        | 17           | 10               | 1                | 4               |                  | 116,5         |              | 33,3         |              | 27         | 11         | 8          | 8         | 116,5        |
| 7        | Divča - Koper                                                              | 48,5         | 8            | 8                |                  |                 |                  | 48,5          | 16,8         | 31,7         | 33,7         | 8          | 8          | 0          | 0         | 48,5         |
| 8        | Pivka - II. Bistrica - drž. meja                                           | 22,5         | 4            | 2                |                  |                 |                  | 22,5          |              |              |              | 15         | 8          | 3          | 4         |              |
|          | <b>SKUPAJ</b>                                                              | <b>600,1</b> | <b>117</b>   | <b>63</b>        | <b>5</b>         | <b>8</b>        | <b>3</b>         | <b>600,1</b>  | <b>238,8</b> | <b>134,2</b> | <b>104,2</b> | <b>338</b> | <b>191</b> | <b>126</b> | <b>21</b> | <b>456,2</b> |

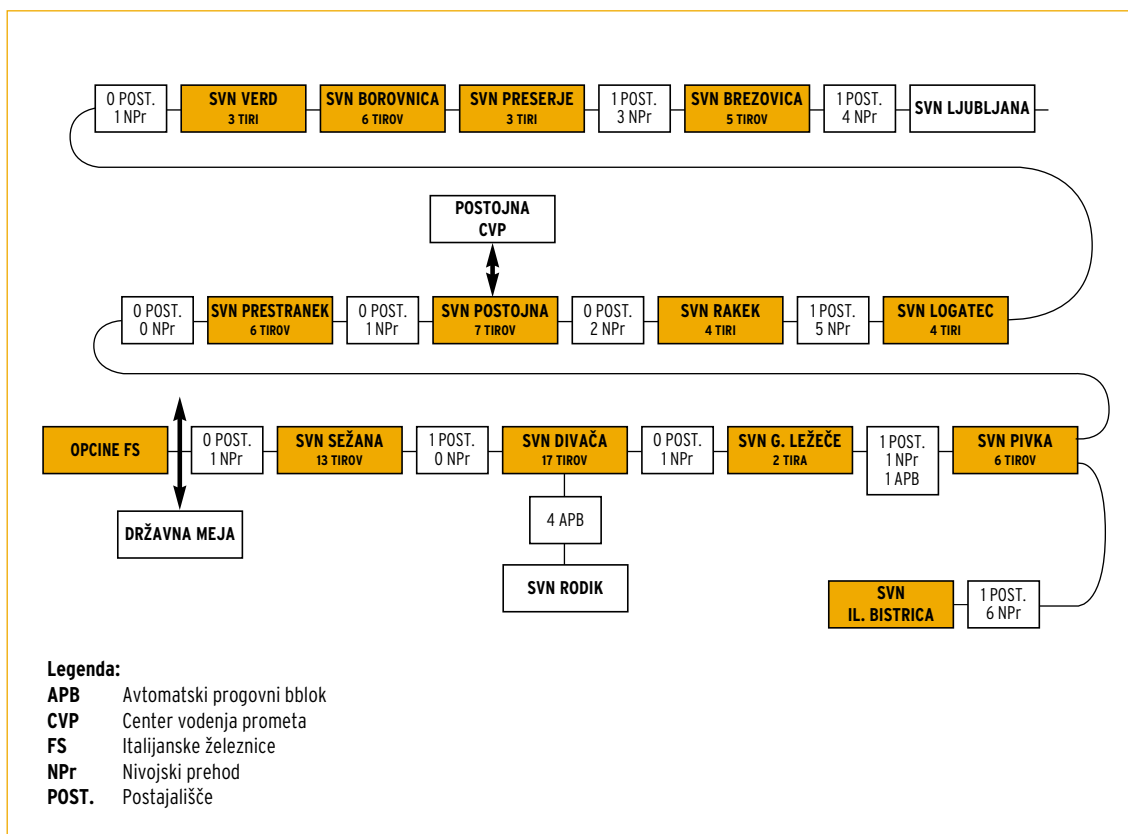
|          |                |                              |
|----------|----------------|------------------------------|
| Kratice: | AK             | Andrejev križ                |
|          | APB            | Avtomatski progovni blok     |
|          | AS napr        | Avtostop naprave             |
|          | Avt NPR        | Avtomatski nivojski prehod   |
|          | EM             | Elektro mehansko zavarovanje |
|          | ER             | Elektro relejno zavarovanje  |
|          | Elektr. zavar. | Elektronsko zavarovanje      |
|          | M              | Mehansko zavarovanje         |
|          | Meh NPR        | Mehanski nivojski prehod     |
|          | MO             | Medpostajna odvisnost        |
|          | NPR            | Nivojski prehod              |
|          | RDZ            | Radio dispečerske zveze      |
|          | TKo            | Telekomanda                  |

B) V načrtu je oprema proge Ormož-Murska Sobota z navezavo v center za vodenje prometa Maribor.



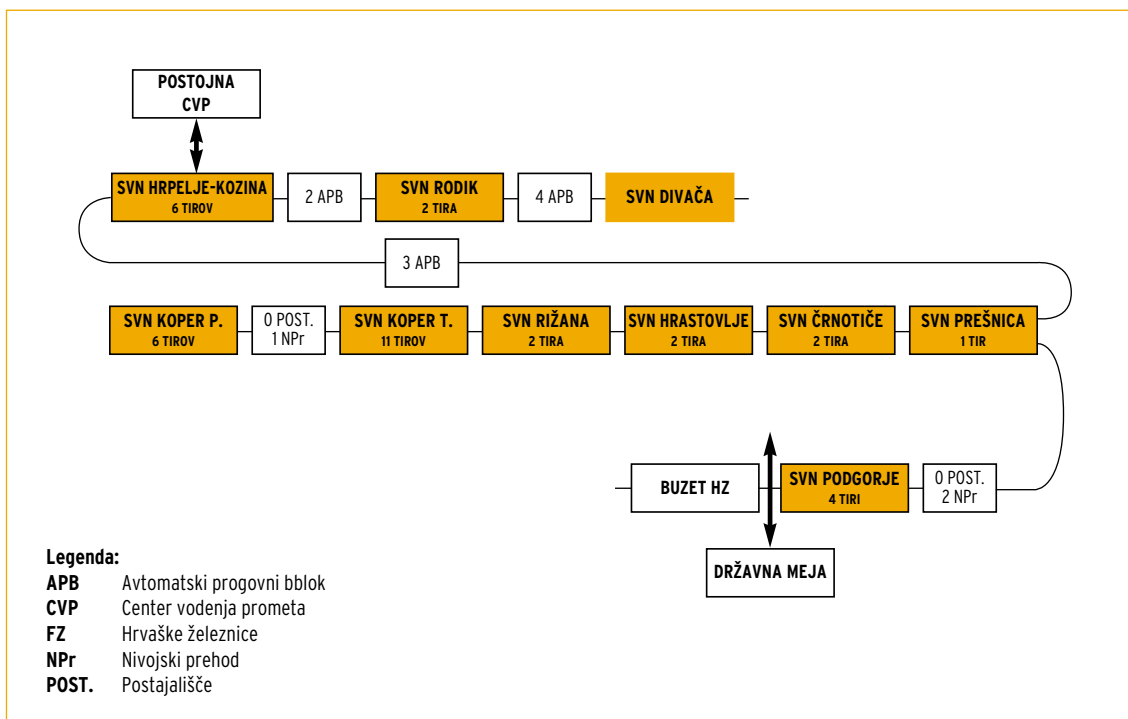
SLIKA 2

C) Zaključuje se vgradnja sistema na progi Ljubljana-Sežana s centrom vodenja prometa v Postojni.



SLIKA 3

D) V zaključni fazi se nahajajo priprave za opremo proge Divača-Koper z navezavo v center za vodenje prometa Postojna.



SLIKA 4

## 7. NEKAJ OSNOVNIH DOLOČIL ELEKTRONSKIH POSTAVLJALNIC

### Osnovno

Izrabljajo računalniško tehnologijo za doseganje nadzora vozne poti, določanja signalne varnosti in funkcij preklica z izjemno visoko zanesljivost. Omogočajo avtomatsko diagnozo, nudenje svetovanja operaterjem, upravljanja s podatki tako, da lahko povečajo sposobnosti tako operaterjev, kakor tudi vzdrževalcev.

Razpoložljivost avtomatskih orodij za načrtovanje, testiranje, ugotavljanje neregularnih stanj in določanje stanj vzdrževanja omogoča zmanjšanje potrebnega časa za uvedbo elektronskih postavljalnic v obratovanje in ob tem tudi celotno zmanjšanje stroškov gradnje.

Varnostna logika je lahko oblikovana in vgrajena v različne signalne koncepte.

### Arhitektura

Osnovna karakteristika elektronskega sistema je modularna struktura in razpoložljiva rečunalniška konfiguracija. Te sposobnosti varnostnega sistema omogočajo doseganje zadovoljive varnosti, določanja napak in razpoložljivosti.

Arhitektura je razporejena v večje število hierarhičnih procesnih nivojev, kar omogoča sistemu, da je lahko oblikovan za različne namene z različnimi procesnimi kapacitetami.

Programska oprema elektronskih postavljalnic je idealno okolje za razvoj vitalnih varnostnih sistemov.

Osnovne strukture strojne in programske opreme (hardverske in softverske strukture) predvidevajo varnostno upravljanje, v primeru, da aplikacijski moduli vsebujejo specifične funkcije.

### Struktura

Elektronski varnostni sistem omogoča komuniciranje med centralnim varnostnim sistemom in perifernimi enotami s pomočjo hitrega prenosa podatkov.

Centralni varnostni sistem vsebuje centralno signalno varnostno enoto z vitalnimi varnostnimi funkcijami in delovni sistem z dodatnim ne-vitalnim varnostnimi funkcijami.

### Centralna signalno varnostna enota

Centralna signalno varnostna enota nadzira varnost logičnih funkcij, ki ščitijo vožnje vlakov na postaji, kakor tudi vmesnik za nadziranje perifernih elementov.

Centralna signalno varnostna enota združuje tri procesne enote v ti. (TRM-triple modular redundancy) trojni modularni redundanci, ki zagotovi varnost na osnovi paralelne neodvisne obdelave podatkov, pravi rezultat se določi na osnovi večinske sheme odločanja po principu dva (2) od tri (3).

Poseben eksterni varnostni sistem avtomatsko izključi procesno enoto, ki je v neskladju z drugima dvema.

Centralna signalno varnostna enota je kljub temu odporna proti napakam in nadaljuje z obratovanjem brez enega procesorja. V tem primeru je shema odločanja po principu dva (2) od dva (2).

### Nevitalni sistem

Nevitalni sistem je spojen s centralnim signalno varnostnim sistemom in opravlja sledeče funkcije:

- Beleženje dogodkov,
- Diagnostika za nadzirane elemente,
- Operatorska navodila za odločitve in podporo postavljalcem in vzdrževalcem,
- Povezovanje signalno varnostnega sistema z eksternimi sistemi (npr. CVP-center vodenja prometa),

Zadovoljivo opravljajo opisane funkcije z visoko razpoložljivostjo procesorji v konfiguraciji dva (2) od treh (3).

### Periferne enote

Periferne enote povezane s centralnim signalno varnostnim sistemom izvajajo vhodno / izhodne funkcije za nadziranje zunanjih elementov. Periferne enote se lahko nahajajo na področju tirov z daljinskimi povezavami ali pa so lahko centralno nameščene.

Povezava s centralnim signalno varnostnim sistemom je lahko izvedena s pomočjo optičnih vlaken ali bakrenih povezav. Komunikacije so nadzirane s pomočjo posebnih protokolov, ki zagotavljajo veljavnost in točnost izmenjave podatkov. Vsaka periferena enota vsebuje komunikacijski modul, procesno enoto lokalnega nadzora in več modulov za nadzor zunanjih naprav, ki pripadajo različnim tipom zunanjih elementov.

Procesna enota lokalnega nadzora je sestavljena navadno iz dveh povezanih mikro računalnikov v varnostni dva (2) od dva (2) konfiguraciji, v medsebojni povezavi v vroči rezervi (hot standby).

Procesna enota lokalnega nadzora opravlja funkcijo nadzora naprav s pomočjo krajevnih vmesnikov nadzora naprav glede na ukaze iz centralnega procesorja.

Oni tudi nadzirajo delovanje in prenašajo ustrezne podatke v centralni procesor.

Obenem ustrezno adaptirani modul izvaja tudi galvansko izolacijo med zunanjim svetom in nadzorno elektroniko zaradi zaščite.

### Vmesniki

Na razpolago so sledeči popolnoma elektronski kontrolniki zunanjih naprav:

- Kontroler trilučnega in štirilučnega signala,
- Kontrolnik kretniškega pogona,
- Kodirani in nekodirani tirni tokokrogi,
- Splošni kontroler z osmimi (8) vitalnimi digitalnimi izhodi,
- Splošni kontroler s šestnajstimi (16) vitalnimi digitalnimi vhodi (izoliranimi z optokoplerji) za vitalne releje.

### Operatorski vmesniki

Tehnologija, ki je uporabljena pri elektronskih signalno varnostnih sistemih v centralnih varnostnih enotah in njih modularnost omogoča konfiguracijo operatorskega vmesnika za optimizacijo učinkovitih operativskih manipulacijskih zahtev in prikazovanja proge in elementov.

Operatorki vmesnik omogoča dva tipa delovnih postaj:

- za operaterje in
- za vzdrževalce.

Obe delovni postaji sta lahko pomnoženi v primeru, da je železniška postaja oz. progovni odsek velik ali so manipulacije kompleksne.

### Programska oprema (Softver)

Programska oprema centralnega signalno varnostnega sistema je navadno deljena v tri dele in kategorije:

**Osnovni - bazični softver**, je vedno enak in nadzira osnovni sistem varnostnih funkcij (npr. večinsko glasovalno funkcijo).

**Aplikacijski softver**, nadzira varnostne funkcije v skladu s pravili operaterja železnice.

Ko je ta softver enkrat validiran, ga ni potrebno modificirati dokler se ne spremeni logična shema.



**Konfiguracijski softver**, v obliki podatkovne baze vsebuje podatke o konkretni postaji oz. progovnem odeseku, na katerem so vgrajeni procesorji lokalnih naprav.

Programska oprema osnovnega signalno varnostnega sistema je nameščen v le bralnem spominskem sistemu (read only memory).

### **Načrtovanje in testiranje**

Elektronski signalno varnostni sistem vsebuje sposobnosti, ki drastično poenostavljajo načrtovanje aplikacije in izvajanje funkcionalnih testov.

Poseben konfiguracijski sistem, ki vsebuje podatke o centralnem signalno varnostnem sistemu, lahko hitro na osnovi vnešenih topografskih in signalnih podatkov postaje oz. delov proge, izdela projekt elementov in programske opreme s pomočjo osnovne knjižnice.

Simulator omogoča funkcijske teste centralnega in lokalnih procesnih enot s simulacijo tipičnih operacijskih scenarijev, ko so vnešeni potrebni postajni oz. progovni podatki.

Uporaba teh orodij omogoča zmanjšanje potrebnega časa za predajo v obratovanje, kakor tudi stroške morebitnih predelav in modifikacij sistema po predaji v obratovanje.

To je zelo ustrezno v primerih gradnje sistema po sistemu korakov.

## **8. RAZVOJ SIGNALNO VARNOSTNIH SISTEMOV V EVROPI**

Raznolikost signalno varnostnih sistemov v Evropi, onemogoča neovirano napredovanje vlakov preko več železniških omrežij, ki imajo različne sisteme vplivanja na vlak (signalno varnostne in radijske sisteme). To dejstvo je povzročilo aktivno iskanje enotnega vmesnika med vozilom in vozno potjo. S tem je bil določen element na vlaku, ki omogoča nemoten prehod med enim in drugim signalno varnostnim sistemom in s tem omrežjem, kar je predpogoj EU direktive, za prosti pristop na omrežje.

Rezultat dosedanjega dela je ETCS (European Train Control System), ki je sestavni del novega prometnega sistema evropskih železnic ERTMS (European Rail Traffic Management System).

Tehnične komponente ETCS so:

EURO-baliza,  
EURO-loop,  
EURO-radio in  
EURO-cab.

Vse komponente podsistemov potrebujejo poleg vmesnika na vozilu tudi ustrezne elemente na progi oz. vozni poti.

### **Predlagana rešitev**

Splošni cilj je uvedba ERTMS/ETCS na glavnih in regionalnih progah slovenskega železniškega omrežja z namenom povečati obratovalno učinkovitost in izrabo zmogljivosti železniške infrastrukture ter z uporabo standardov povečati varnost in učinkovitost železnice. Povdarek je na izvedbi tistega dela ERTMS, ki je povezan z varnostjo, to je "Evropski sistem za krmiljenje vlakov" (ETCS).

ERTMS ima dva temeljna cilja:

- zavarovanje vlakov;
- upravljanje prometa.

Namen prvega cilja je zagotoviti varno vožnjo vlakov v omrežju, medtem ko drugi cilj zadeva upravljanje s prometom in infrastrukturo. Slednji je posebej namenjen za optimizacijo zmogljivosti prog in izkoriščenosti voznega parka. To so kritični elementi za spodbujanje boljših transportnih storitev in večje rentabilnosti, ker so namenjeni zniževanju neposrednih obratovalnih stroškov in zagotavljanju stalnega in enakomernega poteka prometa.

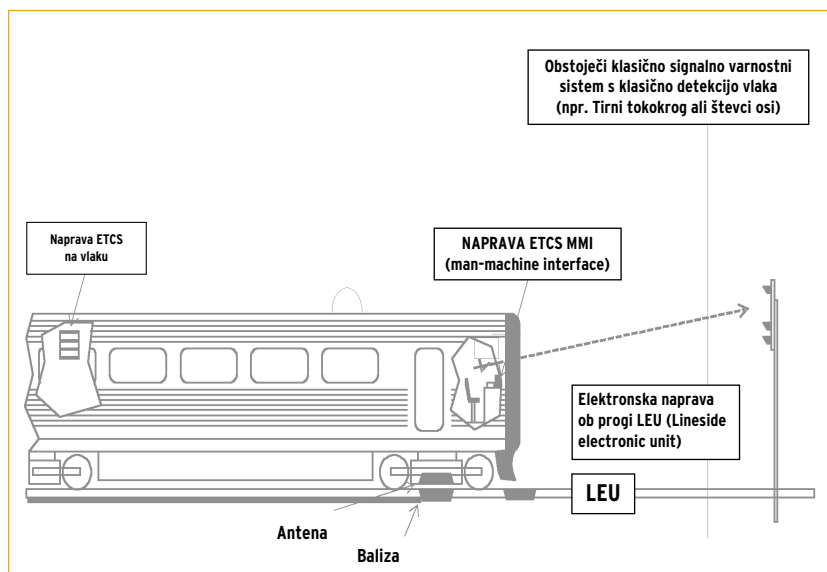
Filozofija izvedbe temelji na dveh glavnih načelih:

- interoperabilnost delovanja;
- izmenljivost.

Da bi zagotovili raznolikost funkcionalnih/obratovalnih zahtev določenih vgrajenih naprav, kot je povečanje varnosti delovanja in povečanje zmogljivosti proge, so opredeljene tri referenčne funkcionalne ravni sistema. Vsaka od teh ravni nudi različen spekter funkcionalnosti, s tem da ustrezajo istemu referenčnemu nizu skupnih varnostnih zahtev.

- Raven 1. je osnovna in namenjena izboljšanju delovanja prometa v vseh vremenskih razmerah s posredovanjem varnostnih informacij voznim enotam s pomočjo prenosa podatkov iz točkovnih oddajnih mest progovnega sistema. To dopolnjuje obstoječe signalno varnostne naprave ob progi. Sistem omogoča vozni enoti voziti z najvišjo varnostno hitrostjo ob upoštevanju značilnosti proge in vozila ne glede na vidljivost. To omogoča varen nadzor hitrosti v skladu z obstoječo signalno varnostno infrastrukturo - namreč glede na zaustavne poti med dvema zaporednima signaloma.

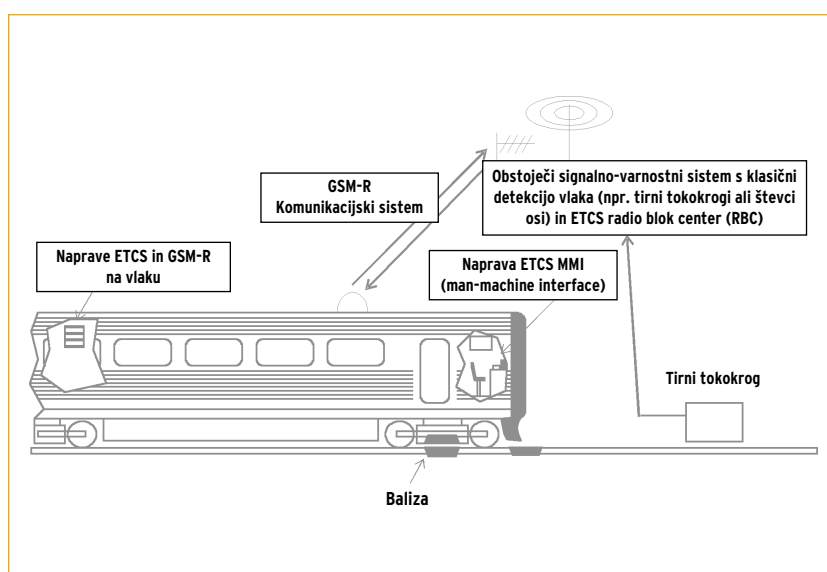
SLIKA 5  
Primer za ERTMS/ETCS raven 1



Osnova je obstoječi signalno-varnostni sistem. Potrebna je ETCS naprava na vozilih in LEU na progi.

- Raven 2. z uporabo progovnega sistema identifikacije vozil, ki zagotavlja avtomatski nadzor nad hitrostjo vlaka preko nezveznega ali zveznega radijskega prenosa proga-vlak, omogoča izvajanje vlakovnih voženj brez progovnih signalno varnostnih naprav (signalov). To omogoča varen nadzor hitrosti s predhodnim načrtovanjem, ker je mogoče mesta zaustavljanj in upočasnitev predvideti že mnogo prej, kot je to mogoče pri progovnih signalno varnostnih napravah.

SLIKA 6  
Primer za ERTMS/ETCS raven 2



Osnova je del obstoječega signalno-varnostnega sistema. Komunikacija med vozilom in signalno-varnostno napravo je izvedena s pomočjo radia (GSM/R sistem).

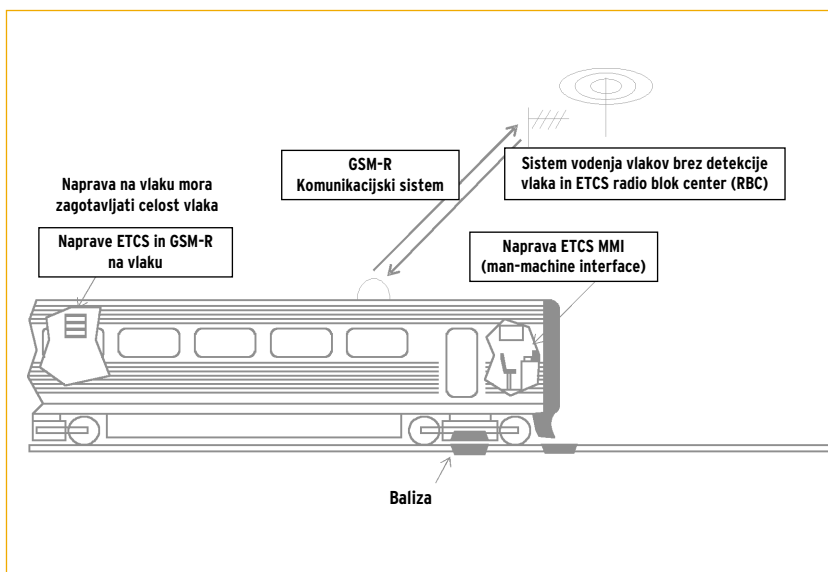
- Raven 3. omogoča delovanje na podlagi »premičnega bloka« (moving block) tako, da si vlak sam določa položaj in deluje brez progovnih signalov s pomočjo nezveznega ali zveznega radijskega prenosa. Taka vrsta delovanja nudi možnosti znatnega povečanja gostote prometa, kar prispeva k maksimalnemu povečanju zmogljivosti infrastrukture.

Signalno-varnostni sistem v klasičnem pomenu ni več potreben. Komunikacija med vozilom in Centrom vodenja prometa (RBC) je izvedena s pomočjo radia (GSM/R sistem). Vlak mora imeti zagotovljeno celost.

Ključni del ERTMS sistema ravni 2. in ravni 3. predstavlja digitalni radijski sistem za železnice (GSM-R).

Da bi zagotovili skladnost s sistemi na nižjih ravneh, so ravni strukturirane - kar pomeni, da obratovalna sposobnost višjih ravni omogoča delovanje na ravneh, ki so pod njimi.





SLIKA 7  
Primer za ERTMS/ETCS raven 3

Uvedba ERTMS/ETCS sistema na progi in vozilih bo omogočala neomejeno napredovanje vlakov med posameznimi omrežji pod predpostavko, da vlake vlečejo večsistemske električne lokomotive ali dizel lokomotive. Promet vlakov v vseh omrežjih opremljenih z opisanim sistemom bo zagotavljal enako varnost in razpoložljivost. Opisan sistem bo zagotavljal standardizirane naprave in s tem definirane parametre za razvoj ustreznih naprav.

## ZAKLJUČEK

V zadnjih desetletjih se je dogodil silovit razvoj železniških signalnovarnostnih sistemov vsled uvedbe nove računalniške tehnologije in spremenjenega analiziranja varnostnih parametrov pri izdelavi varnostnih izkazov.

Nova tehnologija uvaja nove funkcije, ki omogočajo železniškim upravam in podjetjem boljše izrabljati infrastrukturo, kakor tudi optimirati opravljanje storitev prevoza potnikov in blaga.

Direktive Evropske unije zahtevajo zagotavljanje interoperabilnosti, ki omogoča poenotenje varnostnih sistemov med različnimi železniškimi upravami v Evropi. Poenotenje signalnih sistemov ali zagotovitev interoperabilnosti predstavlja za upravljalca infrastrukture pogoj za prihodni pretok vlakov. Za izvajalce opravljanja prevozov pa omogoča prost prehod preko različnih omrežij. Seveda bodo vsi na osnovi tega lahko opravljali efektivno gospodarsko dejavnost z ustreznimi zaslužki.

# Montažna gradnja v jeklu — Izkušnje iz prakse

## PRE-FABRICATED BUILDING IN STEEL — PRACTICAL EXPERIENCE

**Jože Drčar, univ.dipl.inž.str.,**  
vodja oddelka projektive in statike, Trimo, d.d.  
**Miloš Ebner, univ.dipl.inž.arh, MBA,**  
direktor razvoja in projektive, Trimo, d.d.

### POVZETEK

Prispevek se ukvarja s problematiko montažne gradnje s poudarkom na praktičnih izkušnjah montažne gradnje v jeklu.

V prvem delu je poudarek na trenutnem stanju jeklene montažne gradnje v Evropi in Sloveniji, predstavitvi arhitekturnih izhodišč, trenutnih zahtevah arhitekturne stroke do montažne gradnje v jeklu ter projekciji trendov in možnih bodočih razvojnih poti.

Drugi del prispevka poskuša povezati arhitekturno snovanje s konkretno izvedbeno fazo. V luči konkretnih primerov se loteva vprašanj projektiranja, statičnih izračunov, proizvodnje in montaže ter vzdrževanja in eksploatacije montažnih jeklenih konstrukcij.

Osnovna ugotovitev je, da v zadnjih desetletjih montažna gradnja doživlja precejšnje spremembe in hiter razvoj. Če je sprva bila montažna gradnja sinonim za industrijske objekte (hale, težka industrija, ...), pa je danes sistem montažne gradnje z jeklom prisoten pri skoraj vseh vrstah objektov: od vseh vrst javnih reprezentančnih objektov do poslovnih zgradb, trgovskih objektov, razstavnih salonov, športnih objektov, muzejev, galerij in drugih. Vzrok za to niso le ekonomsko-gradbene narave, ampak tudi čisto izrazno-estetske možnosti jeklenih konstrukcij.

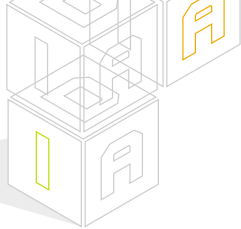
Prispevek se podrobneje ukvarja z veliko odzivnostjo, kratkim časom gradnje, hitrim vračanjem investicije, industrijskim pristopom predfabricirane gradnje, ki je manj odvisen od zunanjih vplivov ter ugoden za doseg visoke kvalitete izvedbe, manjšo obremenitvijo okolice (in posledično investitorja) tako v času gradnje kot eksploatacije.

Prispevek obravnava medsebojen vpliv sodobnih arhitekturnih in projektantskih programskih orodij na generiranje sodobne arhitekturne govorice in obratno. V tem sklopu skozi konkretne primere in izkušnje obravnavano dejstvo, da hiter razvoj software-a daje projektantom veliko svobode pri projektiranju, omogoča natančno obdelavo zahtevnih struktur ob uporabi sodobnih metod računanja, skrajšuje čase projektiranja in omogoča hitro in kvalitetno povezovanje posameznih faz projektiranja. Prav tako vse večja informatizacija celotnega procesa gradnje dela proces preglednejši, obvladljivejši in kakovostnejši, s tem pa večja konkurenčnost in odzivnost ter zmanjšuje možnost napak.

Prikazane so, po mnenju avtorjev, najpomembnejše prednosti in slabosti ter odprte dileme pri uporabi jeklene montažne gradnje in s tem povezan vpliv novih evropskih standardov (Eurocode 3) na projektiranje, ki se kaže predvsem v uporabi sodobnejših in natančnejših metod pri projektiranju ter poenotenju standardov za projektiranje posameznih vrst konstrukcij.

Na koncu se avtorja dotakneta najnovejših trendov na področju jeklene montažne gradnje, kot je vse večja uporaba novih materialov, uporaba stekla in platna kot nosilnega konstrukcijskega materiala, uporaba ločnih in prostorskih struktur, uporaba sistemov z nateznimi diagonalami, povečanje pomena stikov pri vijačnih konstrukcijah itd.

Omenjena vsebina je v večini primerov ilustrirana skozi konkretne izvedene projekte podjetja Trimo, v katerem sta oba avtorja zaposlena.



## ABSTRACT

The article deals with the problems of pre-fabricated building with an emphasis placed on practical experience gathered in pre-fabricated building in steel.

In the first part of the article an emphasis is placed on the present situation of steel pre-fabricated building in Europe and Slovenia, presentation of architectural starting points, present requirements of the architectural profession relating to the pre-fabricated building in steel, trend projection and possible future development directions.

The second part of the article tries to connect architectural ideas and design with a concrete implementation phase. With respect to the concrete cases it faces the questions of design, static calculations, production and assembly as well as maintenance and exploitation of pre-fabricated steel structures.

The fundamental finding is that pre-fabricated building has experienced some significant changes and quick development in the last decades. If pre-fabricated building were a synonymous for industrial buildings (halls, heavy industry, etc.), nowadays the pre-fabricated building system using steel has been present in almost all kinds of buildings ranging from all kinds of public representative buildings to business buildings, trade and shopping centres, exhibition halls, sports halls, museums, galleries and others. The reason of such versatility is not only of the economic and construction character, but also of purely expressive - aesthetical possibilities of steel structures.

The article deals in detail with the amazing response, quick building times, quick return on a investment, industrial approach of the pre-fabricated building that depends less on the external influences and is favourable for the achievement of high implementation quality, minimal loading of the environment (and consequently an investor) at the time of building and subsequent exploitation.

The article discusses the mutual influence of modern architectural and design programme tools on the generation of modern architectural language and vice versa. The presentation of concrete cases and experience prove the fact discussed that quick development of software gives technical designers a lot of freedom during the design, enables exact treatment of the structures required along with the use of modern calculation methods, shortens design time and enables quick and quality connection of individual stages of design. The increasing information character of the complete construction process makes the process more transparent, controllable and at a high quality level. Thereby it enhances competitiveness and response as well as decreases failures.

In the opinion of the authors the most relevant advantages and weaknesses are presented along with the dilemmas confronted over the use of steel pre-fabricated building and the related influence of the new European standards (Eurocode 3) on design. This influence has mainly become evident in the use of modern and exact methods of design and unification of standards for the design of individual kinds of structures.

Last but not least the authors mention the latest trends in the area of steel pre-fabricated building including the increased use of new materials, use of glass and canvas as the leading structural material, use of dividing and spatial structures, use of systems with main oblique ties, increased meaning of joints in screw structures, etc.

In most cases the contents mentioned are illustrated by concrete projects implemented by Trimo where both authors are employed.

**KLJUČNE BESEDE:** jeklo, montažna gradnja, Eurocode 3, stiki, cevne konstrukcije, palične konstrukcije, sovprežne konstrukcije, požarna varnost,

**KEY WORDS:** steel, prefabricated building, Eurocode 3, joints, pipe structures, bar structures, composite structures, fire safety

## UVOD

Čeprav vsako leto odkrijemo nekaj sto tisoč novih materialov, vsestransko uporabnega idealnega gradbenega materiala ni. So le optimalni gradbeni materiali in njihove kombinacije za posamezne zahteve, potrebe ter vrste objektov in gradbenih situacij. Naloga gradbene in arhitekturne stroke je, da te potrebe in situacije vsestransko ovrednoti in določi zares optimalne gradbene rešitve in s tem povezane materiale in njihove kombinacije. Pri tem je pomembno, da pri tem upošteva tako estetske, tehnične, ekonomske in širše družbene zahteve in posledice.

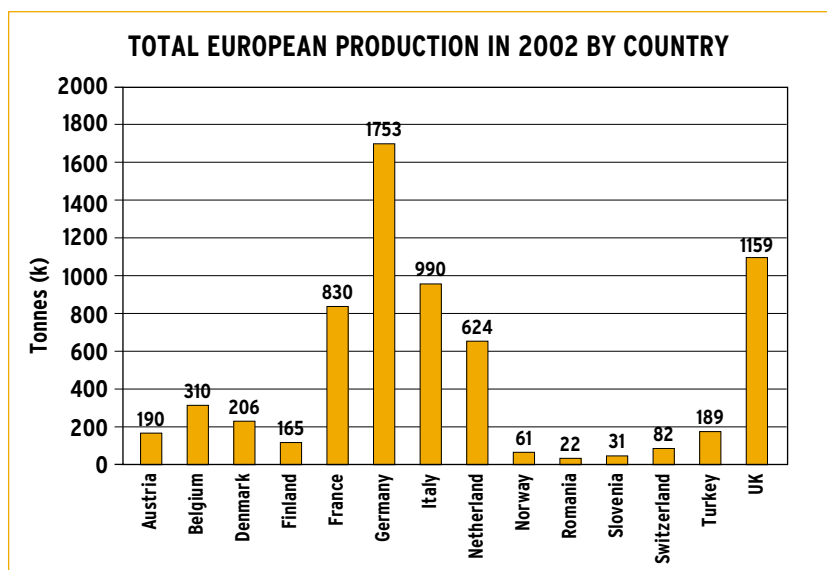
## GRADNJA V JEKLU V SVETU IN PRI NAS

### Stanje gradnje v jeklu v Evropi in svetu

80 % današnje proizvodnje jekla se porabi v industriji in komercialnem sektorju, 20 % pa v gradbeništvu. Podjetje Corus ugotavlja, da se od celotne količine jekla v gradbeništvu 28 % porabi za družbene stavbe, 39 % za industrijske, 4,2 % za stanovanjske in ostalo za infrastrukturo (mostovi ipd.). Družbene stavbe so večinoma poslovne stavbe, trgovski centri, zabaviščne stavbe, zdravstvene ustanove ter izobraževalne ustanove. Povečuje se delež poslovnih stavb (kjer pa je napoved zaradi recesije slaba), prav tako tudi izobraževalnih in zabaviških objektov. Stabilno je področje trgovskih centrov, zdravstvenih ustanov, povečuje pa se področje "ostalega" (mostovi, stanovanjski objekti, hoteli, študentski domovi...). 32 % jekla, ki se porabi v gradbeništvu, so pločevine in profi-

li, 22,5 % armaturno jeklo in le 0,6 % nerjavna pločevina. Kako močno je gradbeništvo orientirano v gradnjo v jeklu, najlažje ugotovljamo skozi razmerje med prodanimi jeklenimi profili in pločevinami in armaturnim jeklom. Čim višje je to razmerje, tem bolj je določen trg orientiran v gradnjo v jeklu. To razmerje je v Evropi za pol slabše kot v ZDA ali na Japonskem. V EU ima najvišji odstotek uporabe jekla v gradbeništvo Velika Britanija, sledijo pa Švedska, Belgija, Nizozemska, Danska, Francija, Irska, Nemčija, Avstrija, Italija, čisto na repu pa sta Grčija in Portugalska (podatkov za Španijo ni). Velikostni razred proizvodnje jekla za gradbeništvo v posameznih državah je prikazan na grafu 1. Kot primer: 70 % vseh večetažnih družbenih stavb v VB je narejenih iz jekla, pri vseh družbenih stavbah v Veliki Britaniji je ta številka 58 %, na Švedskem 50 %, na Nizozemskem 31 %. 90 % vseh enoetažnih industrijskih objektov v Veliki Britaniji, 86 % na Nizozemskem, 80 % na Švedskem in npr. 40 % v Nemčiji je prav tako izvedenih v jeklu.

Uporaba jekla v gradbeništvo v večini držav še naprej narašča. Tako je npr. v Veliki Britaniji, Avstriji, na Danskem, Finskem, Romuniji. V Italiji in v Franciji je uporaba jekla stabilna, v nekaterih državah pa tudi upada, predvsem v Nemčiji, kar naj bi bila v največji meri posledica splošne recesije v gradbenem sektorju.



**GRAF 1**  
Pregled evropske proizvodnje gradbenega jekla po državah

### Stanje gradnje v jeklu v Sloveniji

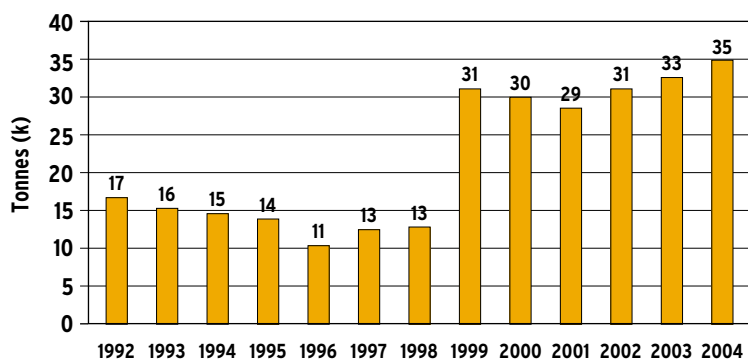
Čeprav je v preteklosti gradnja v jeklu imela močno tradicijo in so pri nas nastale močne železarnice, strojne tovarne in podjetja za izdelavo kovinskih konstrukcij, so gospodarske spremembe v zadnjem desetletju povzročile močno preoblikovanje in prestrukturiranje prav tega dela gospodarstva. Tako je nastalo večje število manjših podjetij za proizvodnjo jeklenih konstrukcij, železarnice so se usmerile v proizvodnjo visokokvalitetnih in specializiranih jekel, ki se večinoma ne uporabljajo v gradbeni industriji. Tudi fragmentiranje in razpad večjih projektivnih podjetij ni pripomogel k večji promociji jeklene montažne gradnje pri nas. Tako je od leta 1990 do leta 1997 tržni delež in proizvodnja jeklenih konstrukcij v Sloveniji upadala. Od leta 1997 se stanje izboljšuje in proizvodnja ter tržni delež jeklenih konstrukcij v gradbeništvo naraščata (graf 2). Še posebej je bil izrazit skok v letu 1999, ki pa je povezan tudi s povečanjem investicij v celotnem gradbenem sektorju. V letu 2002 je bila zabeležena rast proizvodnje jeklenih konstrukcij za 6 % glede na prejšnje leto. V letu 2002 je bil tržni delež jeklenih konstrukcij na področju industrijskih objektov 38 %, na področju ostalih enoetažnih neindustrijskih objektov 20 %, pri večetažnih neindustrijskih objektih pa le 2 %, stanje na področju mostogradnje je bilo še slabše. Napovedi za leto 2003 in 2004 so dokaj optimistične kljub prisotni gospodarski recesiji in napovedujejo stabilno 6 % rast. Po deležu jeklenih konstrukcij na prebivalca se Slovenija v primerjavi z Evropo s svojimi cca. 16 kg/prebivalca/leto nahaja nekje na spodnjem robu zlate sredine (nekateri avtorji navajajo celo bistveno nižjo številko 5,5 kg/prebivalca/leto), vendar močno zaostaja za nekaterimi visoko razvitimi evropskimi državami, kot so: Italija (17kg/preb.), Velika Britanija (19 kg/preb.), Nemčija (21,3 kg/preb.), Avstrija (23,5 kg/preb.), Belgija (31 kg/preb.), Finska (32 kg/preb.) ali Danska celo z 38 kg/preb.

Splošno stanje montažne gradnje v jeklu v Sloveniji je sicer stabilno naraščanje, večinoma na področju industrijske gradnje, trgovskih centrov (kjer je pomen hitrosti in fleksibilnosti, ki jo jeklena montažna gradnja ponuja, izrazit), vedno bolj pa se odpira tudi področje poslovnih, zabavišnih (npr. multikina, športni centri ipd.) in ekoloških objektov. Za enkrat je stanje na področju stanovanjske gradnje in mostogradnje zelo slabo, še posebej, če ga primerjamo s tržnimi deleži, ki ga jeklena montažna gradnja dosega na teh dveh področjih v nekaterih zahodnoevropskih državah. Tako je npr. 30 % vseh mostov v Veliki Britaniji jeklenih, 25 % na Norveškem, 22 % na Nizozemskem, 20 % v Švici, 20 % v Avstriji itd.

Raven materialnih stroškov se v EU v strukturi realizacije pri tej panogi stalno znižuje, po podatkih za Slovenijo pa pri nas ostaja približno na enaki ravni. Prav tako se tudi konkurenčna prednost, ki izhaja iz nižjih stroškov dela na tem področju, vedno bolj niža, pri realizaciji na zaposlenega v Sloveniji na tem področju zaostajamo za 1,76 kratnik. Vzrok je predvsem je izrazitem pomanjkanju kvalificirane delovne sile, slabem marketingu, manjšem odstotku izboljšav in novih izdelkov ter vlaganj v razvoj. Izkoriščenost kapacitet proizvodnje je po ocenah 78 %, veliko podjetij razmišlja o prenosu proizvodnje (delovno intenzivne operacije) in tehnološko manj zahtevnih procesov na podizvajalce v Sloveniji in njeni sosesčini, predvsem na področje bivše Jugoslavije.



## PRODUCTION OF CONSTRUCTIONAL STEELWORK SLOVENIA



GRAF 2

Pregled slovenske proizvodnje  
gradbenega jekla po letih

## ZNAČILNOSTI GRADNJE V JEKLU

Jeklo je v razvitem svetu uveljavljen in močno prisoten gradbeni material. Njegove značilnosti lahko razdelimo predvsem na dve osnovni kategoriji: arhitekturne in tehnične.

### Arhitekturne značilnosti

Jeklo se je od samih začetkov uporabe v arhitekturi in gradbeništvu uveljavilo kot material z izjemno bogatimi izraznimi možnostmi in pomembnimi tehničnimi lastnostmi in se kot takšno uveljavilo tako v prestižni, reprezentančni gradnji kot v industrijskih in infrastrukturnih objektih, kar velja še danes. Še vedno so v jeklu zgrajene najvišje stolpnice na svetu ter stavbe in mostovi z največjimi razponi. Lahko rečemo, da se osnovne značilnosti uporabe jekla v arhitekturi niso bistveno spremenile od Paxtona pa vse do Fullerja in danes do Fosterja.

### Struktura projektov

Jeklo je danes uveljavljen material pri letališčih (Stuttgart, arh. Von Gerkan, Kansai Airport Osaka, arh. Renzo Piano), športnih dvoranah in štabionih (Velodrome, Berlin, arh. Dominique Perault), avtobusnih, železniških in postajah podzemne železnice (železniška in avtobusna postaja v Lizboni ali TGV postaja v Lyonu, arh. Santiago Calatrava ali Mednarodni Terminal Waterloo, London, arh. Nicholas Grimshaw), objektih izobraževalnih in znanstvenih ustanov, konferenčnih in kulturnih centrih (Kultur und Kongreszentrum



SLIKA 1

Ločna palična cevna konstrukcija-  
Letališče Hamburg



SLIKA 2  
Vidna jeklena konstrukcija v  
trgovskem centru Mercator Trebnje



SLIKA 3  
TC Mercator Split: primer uporabe  
cevnih paličnih konstrukcij in tekstilij



Luzern, arh. Jean Nouvell), muzejih (Guggenheim Muzej, Bilbao, arh. Frank O. Gehry), sejmskih in razstavnih centrih (Design Center Linz, arh. Herzog, Neue Messe Leipzig, arh. Von Gerkan), poslovnih objektih (Ludwig Erhard Haus, arh. Nicholas Grimshaw, RFB, Seibersdorf, Coop Himmelblau), bankah (Commerzbank, Frankfurt, arh. Sir Norman Foster), šolah, knjižnicah (University of Bath, arh. Alec French), nebotičnikih, reprezentančnih vilah in hišah (Shimogamo, arh. Waro Kishi), vse do mostov, nadzemnih avtomobilskih garaž, industrijskih objektov ali planinskih postojank na 3500m.n.v.

V Sloveniji se je jeklo uveljavilo predvsem v industrijskih in infrastrukturnih objektih, v zadnjem desetletju pa se močno uveljavlja v trgovinah, trgovskih centrih, vedno bolj pa prodira tudi na področje poslovnih in zabavišnih objektov, športnih objektov ter šol in drugih izobraževalnih ustanov. V primerjavi z ostalo Evropo močno zaostajamo na področju gradnje jeklenih mostov in uporabi jekla v večetažni družbeni in še posebej stanovanjski gradnji.

Z estetskega stališča se arhitekti nagibajo k uporabi vidnih jeklenih konstrukcij, (še posebej v zadnjem času, ko se je dodelava stikov dvignila na višji kvalitativni nivo), večina ostale projektantske stroke in investitorji pa k »oblečeni verziji«. Raziskave, ki so bile narejene v Nemčiji konec 90-ih, so pokazale, da jeklo kot vidno konstrukcijo med investitorji uporabljajo tisti, ki sami sebe dojemajo kot elito in trend-makerje ter ženske bolj kot moški.

Arhitekturni trendi na področju uporabe jeklenih konstrukcij so: vedno večja uporaba vidnih paličnih konstrukcij (pri katerih prevladujejo cevna paličja), uporaba krivljenega jekla, uporaba nateznih diagonal kot pomembnih arhitekturnih in estetskih elementov objekta, ločne strukture, veliki razponi in odprti tlorisi, čista, minimalistična struktura, odprtost in transparentnost, prepletanje notranjega in zunanjega prostora, kombinacija jekla s steklom (včasih tudi kot nosilnim elementom), tekstilom, aerogelom, lesom, vidnim betonom.

Razvoj sodobnih programskih CAD/CAM orodij tako v arhitekturi kot statiki je neposredno generalni nastanek in razvoj sodobnih arhitekturnih trendov uporabe amorfnih in drugih kompleksnih tridimenzionalnih arhitekturnih oblik, katerih gradnja bi brez teh orodij bila bistveno težja, če ne celo neizvedljiva. Softverska orodja so omogočila tudi bistveno skrajšanje procesa projektiranja in proizvodnje jeklenih konstrukcij, on-line povezava (prenos NC kod) med projektivo in proizvodnjo ter gradbiščem pa je omogočila tudi pomembno izboljšanje kakovosti izdelave in montaže jeklenih konstrukcij.



SLIKA 4  
Sodobna CAD/CAM orodja so generirala uporabo  
sodobnih arhitekturnih oblik in obratno





V naslednjih letih bo Eurocode 3 omogočil, da se bodo uporabljale tanjše konstrukcije, kar pomeni manjšo težo jeklenih stavb kot doslej, vendar z večjo uporabo bolj kvalitetnih jekel in s tem možnostjo za še lepšo in boljšo arhitekturno rešitev v jeklu kot doslej. Ta razlika bo verjetno nekoliko manjša v Sloveniji in drugih evropskih državah, ki se v celoti ali le delno nahajajo na potresno ogroženih območjih, saj se bo učinek Eurocodov 3 nekoliko nevtraliziral s poostrenimi zahtevami protipotresnega načrtovanja in gradnje.



**SLIKA 5**  
Vitke konstrukcije kot arhitekturni trend  
(TC Merkur, Rudnik)

Sodobne metode projektiranja dajejo vedno večji poudarek stikom (najhitrejši razvoj v ZDA), ki postajajo vedno pomembnejše orodje optimizacije nosilne konstrukcije, zato se posledično povečuje tudi pomen sistemskih oblikovnih rešitev stikov, ki bi omogočili uveljavitev le-teh kot pomembnih arhitekturnih izraznih elementov. Pri tem je še vedno prisoten konflikt med željami po varjenih stikih, ki jih večinoma zagovarjajo arhitekti, (ki še posebej pri paličnih in cevnih konstrukcijah omogočajo estetske rešitve) in vijak-nih spojih, ki so po drugi strani že postali tehnični standard, saj omogočajo cenejšo in hitrejšo ter predvsem zares montažno gradnjo, skratka prav tisto, kar so glavne prednosti gradnje v jeklu.

Vedno bolj se ugotavlja pomen zgodnjega vključevanja statikov v proces snovanja jeklene konstrukcije, po možnosti že v zgodnji fazi idejne zasnove, saj le na ta način dosežemo z estetskega in ekonomskega vidika optimalne in celovite tehnične rešitve.

Razvoj jeklogradnje poleg trga usmerja vse bolj tudi inovativna arhitektura. Ti trendi se kažejo v izbiri zanimivih in atraktivnih nosilnih sistemov kot so palične cevne strukture, ločne strukture, sistemi z nateznimi diagonalami. Zanimivo je, da se omenjene rešitve večinoma izkažejo kot učinkovite in racionalne tudi iz konstrukcijskega vidika.



**SLIKA 6**  
Ločni satasti nosilci-Getro Dubrovnik

Spremembe na področju projektiranja jeklenih konstrukcij v zadnjih letih so povzročile tudi pomembne prerazporeditve znotraj terminskih planov gradnje jeklenih konstrukcij. Celoten čas gradnje jeklenih konstrukcij se v celoti zmanjšuje, predvsem na račun skrajševanja časa montaže in proizvodnje, časovni delež projektiranja pa ostaja približno enak kot prej in s tem vedno bolj postaja najdaljši del procesa gradnje (v ZDA že med 50 in 60 % celotnega časa gradnje). V Sloveniji je trend drugačen - skrajšuje se tako proces projektiranja kot proizvodnje in montaže, kar je na prvi pogled pozitivno, žal pa je po naših izkušnjah to marsikdaj posledica hitrega in neakovostnega ter neekonomičnega projektiranja, ki se včasih izvaja celo vzporedno z montažo, kar v končni fazi prinese neoptimizirane in marsikdaj improvizirane, z drugo besedo drage in neekonomične rešitve za investitorja. Naloga stroke v naslednjih letih je prepričati investitorje, da je večje vlaganje v proces projektiranja ključno za ekonomično in vendar še vedno zadosti hitro gradnjo, pomeni pa nujno prestrukturiranje dosedanjih terminskih planov gradnje.

### Tehnične značilnosti

Gradnja objektov, vključno z jeklenimi, je proces, sestavljen iz številnih faz, ki so soodvisne in se med seboj močno prepletajo. Za najboljši izid takega procesa je odločilno, da je vsaka faza realizirana najbolje. Na proces delujejo številni zunanji in notranji vplivi, katerih poznavanje in obvladovanje je ključnega pomena. Da bi se sedaj posvetili vsaki fazi posebej bi bilo neresno, ker je tema preobsežna, bi pa nadalje skušali osvetliti le določene faze in vplive, predvsem s področja montažnih gradenj v jeklu.





SLIKA 7  
TC Supernova Koper med montažo

Med prvimi in bistvenimi je faza projektiranja. S projektom je običajno podana estetska in funkcionalna vrednost posameznega objekta, zastavljeni pa so tudi številni parametri, ki vplivajo na končno ceno. Projektantske rešitve zato ne vplivajo le na funkcionalnost, varnost in trajnost objekta, pač pa pomembno vplivajo na konkurenčnost celotnega procesa. Za to pa so pomembna vedno nova znanja, nove tehnologije in podrobno poznavanje zahtev trga.

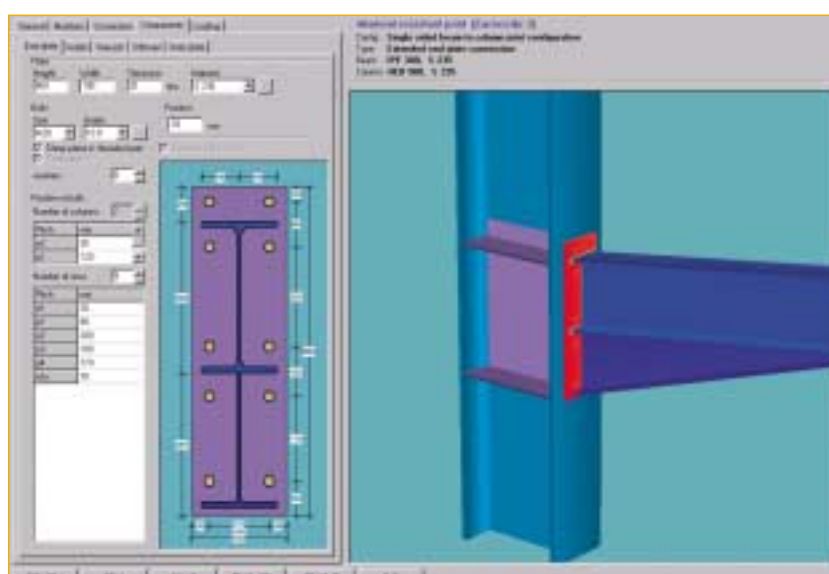


SLIKA 8 / levo  
TC Europark Maribor



SLIKA 9 / desno  
Poslovna stavba Celeia Park

Novi evropski standardi, ki se že nekaj časa uvajajo v Evropi, bodo pomembno vplivali, delno pa že, na proces gradnje objektov. Prinašajo številne prednosti: enake standarde v vseh državah EU, poenoten pristop k projektiranju, večji obseg in kvaliteto standardov. Do sedaj smo morali, če smo hoteli projektirati in graditi na zunanjih trgih, poznati številne standarde (DIN, BS, ÖNORM, SNIP...), kar pa vemo, da je ob obsegu, ki ga tolikšno število standardov prinaša, nemogoče. Novi standardi omogočajo uporabo sodobnih in natančnejših metod. Istočasno uvajajo nove analize in kontrole, ki do sedaj niso bile vključene v obstoječe standarde (kontrole satastih nosilcev, kontrole detajlov pri cevnih strukturah, kontrole stikov in ležišč...). Vse to nam omogoča lažje in racionalnejše projektiranje. Bistven korak naprej je narejen na področju stikov. Sedaj je možnost modeliranja okvirov s podajnimi stiki dostopnejša širšemu krogu projektantov. Izboljšane so možnosti natančne in kompleksne analize stikov ter oblikovanja enostavnih detajlov.



SLIKA 10  
Modeliranje in analiza stika v programskem paketu CoP

### Zakaj se daje danes tako velik pomen stikom?

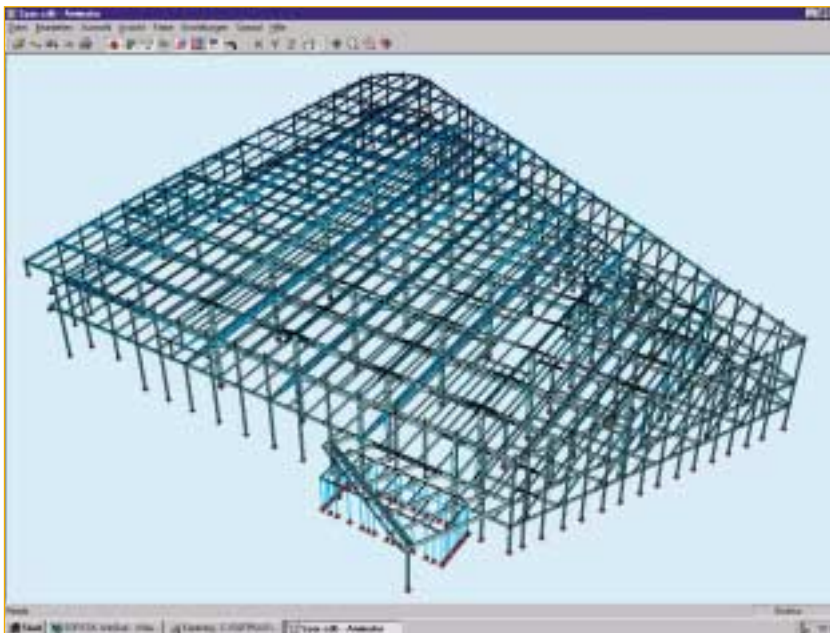
Realna analiza okvirnih in drugih konstrukcij zahteva tudi modeliranje stikov, kar pomeni, da jih moramo dobro poznati. Projektiranje po principu PGD/PZI, kjer stiki in ostali detajli običajno niso obdelani, je zgrešeno, saj so stiki ključnega pomena za ustrezno funkcioniranje konstrukcije (to še posebej velja pri potresnih obtežbah). Naše lastne izkušnje, pa tudi zunanje študije (predvsem angleške), kažejo, da stiki bistveno vplivajo na ceno konstrukcije. Za enako konstrukcijo tako okvirno velja, da je:

- cena izdelave konstrukcije z enostavnimi, skrbno oblikovanimi detajli: C=100 %,
- cena izdelave konstrukcije z zapletenimi, površno obdelanimi detajli: C=130 - 140 %.

Projektna obdelava stikov zahteva od 30 pa tja do 60 % porabe časa na posameznem projektu, kar prav gotovo iz stroškovnega vidika ni v interesu projektantov. Prepričani smo, da omenjena praksa ni prava, zato je potrebno ustrezni kvaliteti projektov dati tudi ustrezno ceno. Investitorju moramo znati razložiti in ga prepričati, da le kvalitetne rešitve omogočajo kvaliteto in racionalno izvedbo. Žal moramo poudariti tudi nekatere slabosti, ki spremljajo uvajanje novih evropskih standardov. Predvsem gre tu za počasnost, ker se določene države težko odrekaajo svojim starim predpisom, še vedno se standardi spreminjajo in dopolnjujejo, zelo pa je čutiti tudi vplive posameznih lobijev.

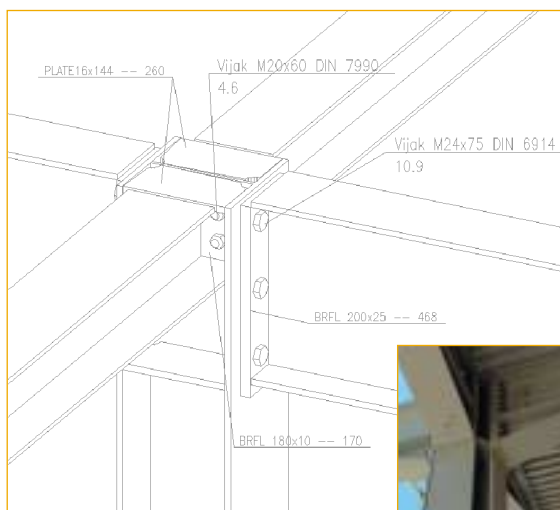
Področje razvoja software-a in informatizacije je danes ena izmed najhitreje razvijajočih se panog. Njen velik vpliv na proces gradnje objektov je nezamenljiv. Software za projektiranje doživlja nesluten razvoj. Projektantom nudi veliko svobodo pri projektiranju in skrajšuje čas projektiranja. Ker so predpisi vedno strožji in ker se uporabljajo vedno bolj zahtevne metode dokazovanja, je uporaba sodobnih in kvalitetnih programskih orodij nujna. Trend v projektiranju je analiza prostorskih kompleksnih sistemov, kjer ne prihaja več do izgube interakcijskih povezav med posameznimi sistemi in elementi. Razbitje konstrukcije na posamezne sisteme da dostikrat popačene in nerealne rezultate, ki niso v skladu z dejanskim stanjem v konstrukciji. Zato se dostikrat izkaže, da se konstrukcija v realnosti obnaša precej drugače kot je bilo predvideno v projektu. Že pred časom so se programska orodja začela usmerjati v inženirsko prakso in niso bila več le domena akademskih krogov. Vedno bolj postajajo prijazna do uporabnika. Vnašanje vhodnih podatkov je večinoma grafično, kar omogoča stalno kontrolo pravilnosti, prikazovanje rezultatov pa ima številne grafične in tekstualne možnosti. Danes s hitrim razvojem tehnologije, z vedno večjimi zahtevami trga (enostavne in kvalitetne rešitve, kratki roki...) doživlja software novo preobrazbo. Poleg računskih kontrol konstrukcij so pomemben output tudi rezultati, ki služijo krajšanju celotnega procesa izgradnje objekta (popisi materiala, NC kode, vhodni podatki za nadaljnjo obdelavo...). Paleta programskih orodij je zelo številna, tako da je težko izbrati optimalno rešitev. V naši dosedanji praksi so se najbolj izkazali naslednji paketi:

- Sofistik, ki je zelo splošen, primeren za najzahtevnejše in največje konstrukcije,
- Kretz, katerega domena so sovprežne konstrukcije,
- Dlubal in Esa-Prima-Win, ki sta zelo močna na področju jeklenih konstrukcij,
- CoP, ki je trenutno najboljši paket za računanje stikov.



SLIKA 11  
Model dela objekta Supernova v  
programskem paketu SOFISTIK

Tržna logika, ki prodira v vse pore gospodarstva, je neizbežna tudi v jeklogradnji. Zahteve trga so konkurenčnost, velika odzivnost, kratki roki ob brezpogojni kvaliteti. Največ konstrukcij je izdelanih iz evroprofilov. Tovrstne konstrukcije morajo biti vijačene, saj so na ta način izdelane v kontroliranih pogojih, montaža pa poteka mnogo hitreje in je razbremenjena zahtevnih postopkov varjenja, kar zagotavlja kvaliteto in omogoča prihranek na času. Še vedno se gradi zelo veliko industrijskih in njim podobnih objektov. Pri takih objektih je na prvem mestu funkcionalnost objekta in konkurenčnost rešitev. Zato je smiselna uporaba tipskih sistemov (tipska strešna in fasadna podkonstrukcija, tipski sistemi povezji...) in tipskih detajlov (detajli sidranja...). Izdelava določenih elementov na zalogo omogoča nabavo cenejšega materiala, skrajšuje roke izdelave konstrukcije in pomaga optimizirati proizvodni proces.



**SLIKA 12**  
Vijačni stiki, primer objekta  
Lek Romunia

V zadnjem času je razveseljivo tudi večanje deleža sovprežnih konstrukcij.

V Sloveniji se sovprežne konstrukcije v preteklosti niso veliko uporabljale, se pa v zadnjem času z večjo zastopanostjo jekla v gradbeništvu trend občutno popravlja. Predvsem se povečuje delež sovprežnih stropov, kjer je najpogosteje prisoten sovprežni sistem jeklo - beton.

Vendar so naše ambicije višje. Poleg sovprežnega sistema jeklo-beton skušamo uveljaviti še sovprežni sistem pločevina-beton. Tako dobimo sistem, ki je zanimiv za investitorje zaradi cenovne konkurenčnosti, saj dobimo prihranke tako na jeklu kot tudi na armaturi, izognemo se opaženju in kar je zelo pomembno, pridobimo na času. Sistem je primeren tudi z estetskega vidika in ne potrebuje nadaljnje finalizacije.



**SLIKA 13**  
Sovprežni strop na HiBond pločevini



**SLIKA 14**  
Sovprežni strop na HiBond  
pločevini-Merkur Ljubljana



## PREDNOSTI IN SLABOSTI GRADNJE V JEKLU

### Prednosti gradnje v jeklu

#### Estetske:

- svoboda izražanja
- možnost kreativnega oblikovanja
- transparentnost, vitkost in lahkost konstrukcij
- večji razponi, odprti tlorisi
- naravna osvetlitev
- eleganca in enostavnost
- možnosti barvnega oblikovanja
- »pristnost« oblikovanja (»form follows function«)
- image in trend v sodobnem arhitekturnem oblikovanju
- večji razponi omogočajo večjo fleksibilnost prostorov
- lažje izvajanje sprememb in dodelav
- estetska »nevtralnost« materiala - enostavne spremembe namembnosti
- fleksibilnost

#### Ekonomske:

- hitrost gradnje »čas je denar«
- hitra montaža (strošek gradbišča)
- proizvodnja pod streho (neodvisnost od vremenskih pogojev, lažje zagotavljanje kvalitete)
- možnost nabave tipiziranih, serijskih produktov
- dobra izkoriščenost tlorisa zaradi majhnih dimenzij nosilne konstrukcije (min. 5 % - max. 12 % več tlorisne površine kot pri klasični gradnji)
- tanjša debelina medetažnih konstrukcij
- suha gradnja
- manjši temelji
- dobro razmerje med nosilnostjo in težo konstrukcije
- enostavna napeljava inštalacij
- CAD/CAM projektiranje in izdelava omogočata hitrost in kakovost
- enostavno vzdrževanje
- enostavne spremembe, ojačitve in dodelave
- možnost dograjevanja, ojačevanja
- dolga življenjska doba
- poceni demontaža in razgradnja
- možnost vnovične uporabe
- nižji transportni stroški
- enostavnost kombiniranja in dodajanja drugih gradbenih elementov (npr. fasad) in materialov



SLIKA 15

Športni center Bonifika Koper - razpon 51,2 m x 58 m

#### Okoljske:

- reciklabilen material
- možnost vnovične uporabe
- ne obremenjuje okolja
- manjša obremenjenost okolja zaradi transporta
- manjša obremenjenost okolja pri vgradnji (hrup, prah, vlaga ...)

#### Tehnične:

- trdnost materiala
- enostavno kombiniranje z drugimi materiali
- sistemske rešitve
- enostavna kontrola
- visoka tehnologija izdelave
- uveljavljene kvalitetne projektantske rešitve

#### Varnostne:

- majhna teža
- protipotresna gradnja
- velika duktilnost konstrukcij - ni nenadnih porušitev ob strokovnem projektiranju
- enostavna vizualna kontrola



SLIKA 16  
Perforirana stena vrtnega centra v TC  
Supernova Koper

#### SLABOSTI GRADNJE V JEKLU

- zahtevni detajli
- zahtevno projektiranje
- uporaba visokih tehnologij
- velika natančnost pri projektiranju, izdelavi in montaži
- potreba po povprečno višje izobraženi delovni sili (dražja, vendar manjštevilična delovna sila)
- improvizacije na gradbišču so težje izvedljive
- slabša akustika
- slabša toplotna stabilnost

Potrebno je poudariti, da so zgoraj naštetе slabosti dejanske in ne najbolj pogosto dojemane slabosti jeklenih konstrukcij. Nekatere slabosti jeklenih konstrukcij so le posledica nepoznavanja materiala in sodobnih tehnoloških in projektantskih zmožnosti ter splošno veljavnih predsodkov. Med najbolj pogoste predsodke te vrste lahko naštejemo: problem korozije in požarne odpornosti. V raziskavi Fakultete za gradbeništvo v Mariboru je 45,7 % vseh anketiranih naštelо problem korozije in 25,7 % problem občutljivosti na požar kot najpomembnejše slabosti jeklenih konstrukcij. Vprašanje korozije je po naših izkušnjah večinoma prisotno le pri širši javnosti in vedno manj pri strokovnjakih, ki dobro poznajo že dolgo uveljavljene načine in sisteme reševanja antikorozijske zaščite. Vprašanje požarne občutljivosti jeklenih konstrukcij pa je še vedno eden najpomembnejših pomislekov pri strokovnjakih v Sloveniji, čeprav je tudi to vprašanje zaradi najnovejših dognanj ob testih velikega merila (»large scale« testi) in sodobnih prijemih požarnega inženirstva vedno manj prisotno kot odprto vprašanje pri strokovnjakih na področju gradbeništva in požarnega inženirstva v zahodni Evropi. Tam so trenutno kot pglavitne slabosti gradnje v jeklu med strokovnjaki naštetі: slabše akustične lastnosti in slabša toplotna stabilnost. Prvo vprašanje se rešuje z izboljšanimi detajli pritrditve in stikovanja ter z učinkovito kombinacijo materialov, kar velja tudi kot rešitev za vprašanje toplotne stabilnosti.

#### Ostaja še vprašanje cene jeklenih konstrukcij: namreč ali gre za slabost ali prednost?

V že omenjeni raziskavi Fakultete za gradbeništvo v Mariboru je 44,4 % anketiranih podjetij v Sloveniji menilo, da je cena jeklene konstrukcije dokaj neprimerna, 37 % podjetij da je primerna in 16,7 % da cena ni niti primerna niti neprimerna. Takšne rezultate lahko razložimo s tem, da je vprašanje dojemanja cene jeklene konstrukcije v veliki meri odvisno od tega ali gledamo na ceno jekle-





ne konstrukcije parcialno ali v celoti. Če obravnavamo le »golo« ceno jeklene konstrukcije brez ekonomskega ovrednotenja ostalih faktorjev, ki jih le ta prinaša (hitrost gradnje, manjši temelji, cenejša pritrditev dodatnih elementov, kot je npr. fasada, stroški vzdrževanja itd.), potem je jeklena konstrukcija cenejša le v nekaterih specifičnih primerih, kot so slabo nosilna tla, veliki razponi itd. V primeru pa, da nam je pomemben vpliv jeklene konstrukcije na končno ceno izgradnje in eksploatacije celotnega objekta, je v velikem številu primerov jeklo optimalen in ekonomičen material, kar je tudi vzrok za široko razvejano uporabo v nekaterih segmentih objektov, predvsem v zahodni Evropi.

### **Trendi in izzivi prihodnosti za jekleno montažno gradnjo**

#### **Priložnosti:**

- nove generacije arhitektov
- trendi v sodobni arhitekturi
- velike količine v gradbeništvu
- spremembe v načinu življenja
- možnosti izobraževanja s sodobnimi informacijskimi potmi – npr. projekt STEEL (Supra-national Tool for the Enhancement of the Eurocodes On Line)
- skupen nastop industrije, investitorjev in arhitektov
- prenova in razširitev obstoječih objektov

#### **Težave:**

- slab in nezadosten razvoj novih izdelkov in inovacij
- segmentirani in fragmentirani izvajalci in projektanti
- slaba informiranost investitorjev in »decision makerjev«

#### **Izzivi:**

- seznanjanje z rešitvami na področju protipožarnega inženirstva, korozije
- izobrazba in izkušnje inženirjev in arhitektov na področju jeklene montažne gradnje
- zanesljivost dobaviteljev
- rešitve na področju akustike in toplotne stabilnosti
- novi segmenti (mostovi, stanovanjska gradnja ...)
- izboljšati »psihološko sprejemljivost« v Sloveniji v skladu z evropskimi trendi
- prepričati investitorje o celoviti ekonomični upravičenosti jeklenih konstrukcij
- uvajanje novih evropskih standardov in predpisov

Če gledamo le skozi ekonomski kriterij, so pri stanovanjski gradnji bolj kot individualne stanovanjske hiše zanimive hiše v nizu in blokovna gradnja, predvsem v kombinaciji z drugimi materiali, kar bi rešilo problem toplotne izolativnosti in akustike ob hkratnem izkoriščanju prednosti jekla – hitrost, lahkost, izkoriščenost in fleksibilnost tlora, možnost sprememb (»rastoča hiša«) ... Stanovanjska gradnja predstavlja količinsko enega najpomembnejših segmentov v gradbeništvu, še posebej pa je pomembna glede na napovedano stabilno rast v bližnji prihodnosti. Vedno več ljudi (predvsem mladih in starejših) živi samo oz. ločeno, zato se povečuje število manjših stanovanj in migracija iz podeželja v večja mesta. Povprečje v državah EU je 60m<sup>2</sup>/stanovanje in 50kg/m<sup>2</sup> porabe jekla v stanovanjski gradnji. V tem segmentu bi lahko bil po nekaterih ocenah v državah EU tržni delež 60 % dolgoročno in 40 % v roku petih let. V Sloveniji je situacija popolnoma drugačna in napovedi bistveno bolj skromne.

### **Strategija razvoja:**

- organizirane aktivnosti na področju sodobnega oblikovanja jeklenih gradbenih konstrukcij z vključevanjem arhitektov in oblikovalcev v oblikovanje serijskih in optimiziranih rešitev
- razvoj in optimiziranje sistemov in posameznih tehničnih rešitev, ki bodo ne samo spremljale in odgovarjale tako na tehnične kot estetske zahteve arhitekturne in gradbene stroke, ampak tudi zagotavljale konkurenčno prednost jeklenih konstrukcij na področjih, kjer ima le-ta dokazane prednosti
- pospeševanje priprave in uvedbe novih tehničnih predpisov in smernic s področja projektiranja, izdelave, montaže in nadzora jeklenih konstrukcij (Eurocode 3 ipd.)
- razvoj in vključevanje visokih tehnologij v proizvodne in montažne procese ter sodobna software orodja za hitro, optimalno in kakovostno projektiranje in izvajanje
- izboljšanje kakovosti projektne dokumentacije na področju projektiranja jeklenih konstrukcij
- izobraževanje kadrov s področja projektiranja in gradnje montažnih jeklenih konstrukcij, predvsem na področju arhitekture, statike ter montaže
- izboljšanje dostopnosti in poenostavitve pridobivanja specifikacij, specifičnih znanj, podatkov in detajlov s področja projektiranja jeklenih montažnih konstrukcij, predvsem z uporabo sodobnih informacijskih orodij

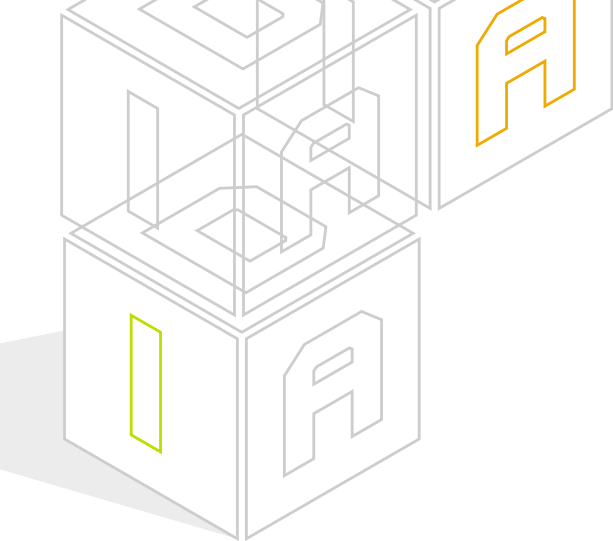
## ZAKLJUČEK

Jeklena montažna gradnja je uveljavljen način gradnje, ki ima trdno podlago v tehničnih lastnostih in sodobnih arhitekturnih trendih, s svojimi prednostmi in slabostmi, ki pa jih je za učinkovito in ekonomično uporabo potrebno dobro poznati in uporabljati. Za večje uveljavljanje jeklene montažne gradnje predvsem v Sloveniji je potrebno projektante in investitorje seznaniti z vsemi dejstvi in celovitim pristopom vrednotenja uporabe tega materiala samostojno ali v kombinaciji z drugimi materiali ter jim olajšati projektiranje in dostop do informacij s tega področja.

## LITERATURA

1. Združenje kovinske industrije - Jeklene konstrukcije, predstavitveni katalog, Gospodarska zbornica Slovenije, Ljubljana, september 1998
2. European Convention for Constructional Steelwork (ECCS) - Statistical Report 2003, General Secretariat ECCS, Luzern, Switzerland, August 2003
3. Primerjalna analiza stanja in trendov dejavnosti kovinske industrije, podskupin in posameznih proizvajalcev, Center za mednarodno konkurenčnost, Ljubljana, oktober 2001
4. Klanšek U., Snoj B., Kravanja S.: Raziskava trga gradbenih jeklenih profilov, Gradbeni vestnik, letnik 51, september 2002, str. 254-261
5. Merits of Steel Construction, ECCS, 1998
6. Symposium Kostengünstiger Wohnungsbau mit Stahl, presseinformation, Stahl Informations Zentrum, Duesseldorf, 1998
7. [www.steelconstruct.com](http://www.steelconstruct.com)
8. [www.stahl-info.de](http://www.stahl-info.de)





# Most čez Muro – Najdaljši skok čez vodo

## BRIDGE OVER THE MURA RIVER – THE LONGEST WATER JUMP

**Viktor Markelj, univ.dipl.inž.grad.**

Inženirski biro Ponting

### POVZETEK

V prispevku je prikazana zasnova in tehnična rešitev najdaljšega slovenskega mosta čez reko Muro, ki je sestavljen iz dveh ločenih objektov skupne širine 28 m ter dolžine 833 m. Glavni razpon preko reke znaša 80 m, tipični razponi v nadaljevanju pa so dolžine po 40 metrov.

Posebnost v zasnovi mosta je prednapeta zatega v glavnem razponu, ki jo sestavljajo poševni kabli in posebna jeklena deviatorska konstrukcija. Posebnost v sami gradnji pa je narivanje v dvojno zakrivljeno geometrijo ( $R_h=2400$  m,  $R_v=40000$  m) v celotni dolžini z eno samo narivno opremo preko končnih in začasnih vmesnih podpor.

Gradnja po tehnologiji postopnega narivanja je trajala tri leta. Objekt je zgradilo gradbeno podjetje GIZ Gradis GP Ljubljana d.d. po načrtih inženirskega biroja Ponting d.o.o. z nadzorom DDC d.o.o. za naročnika DARS d.d..

### ABSTRACT

The article presents the conceptual design and structural solutions for the longest Slovenian bridge over Mura River, consisting of two separated 833.0 m long and all in all 28 m wide bridge structures. The main span over the river comes to 80.0 m while the characteristic structural span amounts 40.0 m in length.

The particularity in design is the 2.40 m deep steel deviator underneath superstructure at the main span, leading the external cables out of the bridge profile. Launching in the final position over the final and the temporary supports was achieved with only one launching equipment, although the bridge has double curved ( $R_h=2400$  m,  $R_v=40000$  m) geometry and is 833 m long.

Construction of the bridge took 3 years. The project, invested by DARS d.d. - Motorway company in the republic of Slovenia, was designed by structural engineering company Ponting d.o.o., built by GIZ Gradis Construction Company Ljubljana d.d. and supervised by DDC d.o.o. Consulting & Engineering Ltd.

### SPLOŠNI PODATKI O MOSTU IN IZVAJALCIH

|                        |                                                                                     |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Naročnik del           | <b>DARS Družba za avtoceste v RS, d.d., Celje</b>                                   |
| Projektant             | <b>Viktor MARKELJ, univ.dipl.inž.grad., PONTING Inženirski biro d.o.o., Maribor</b> |
| Izvajalec              | <b>GIZ Gradis, Gradbeno podjetje Ljubljana d.d. s podizvajalci</b>                  |
| Revizija in nadzor     | <b>DDC svetovanje inženiring, d.o.o., Ljubljana</b>                                 |
| Projekt ceste          | <b>Lineal d.o.o., Maribor</b>                                                       |
| Čas gradnje            | <b>2000 – 2003</b>                                                                  |
| Velikost objekta       | <b>dolžina 833 m, širina 27.92 m, kvadratura 23.257 m<sup>2</sup></b>               |
| Vrednost gradbenih del | <b>2693 mio SIT (vključno z 19 % DDV – vezano na junij 2000)</b>                    |

### UVOD

Avtocesta A5 Koper - Lendava s svojim projektiranim vzhodnim krakom povezuje Prekmurje z ostalim delom Slovenije ter na odseku Vučja vas - Beltinci prečka tudi reko Muro in njen poplavni pas. Prečkanje je izvedeno južno od Murske Sobote, tako da s spodnjim delom S krivine najprej teče južno od Vučje vasi na prleški strani, z zgornjim delom pa severno od Bakovcev na prekmurski strani. Na tem mestu je poplavni pas Mure najožji, širok samo dober kilometer, kar je bil tudi eden od kriterijev za umestitev AC v prostor.

Dokončanje in otvoritev odseka Vučja vas - Beltinci z mostom čez Muro v oktobru 2003 bo močno izboljšala prometno povezavo naše najbolj vzhodne pokrajine, dokončno povežalo pa šele celotno dokončanje avtoceste od Maribora do Lendave.

Najbolj zahteven, unikaten in inovativen gradbeni objekt na tem delu je ravno 833 m dolgi most čez Muro, ki je s tem tudi najdaljši most v Sloveniji.



## IZBOR VARIANTE PREMOSTITVE

Projektiranje objekta, oziroma pot do končne zasnove in oblike mosta je potekala postopoma. V idejni fazi so se določili osnovni parametri, kot so najprimernejši položaj, karakteristike osi in nivelete ceste, prečni profil ceste in mosta, analiza optimalne dolžine objekta ter hidravlični, oblikovalski in drugi pogoji za premostitev reke Mure.

Naslednja faza se je začela maja 1998, ko je DARS d.d. v sodelovanju z Inženirsko zbornico Slovenije ter strokovnimi društvi razpisal državni javni natečaj za zbiranje predlogov za pridobivanje natečajnih rešitev za most čez reko Muro. V roku za oddajo natečajnih del je prispelo 13 rešitev, ki jih je poslalo 5 različnih projektantskih skupin. Podeljene so bile 3 nagrade in nekaj odkupov natečajnih rešitev.

Sledila je faza izvajalskega razpisa (od marca do septembra 2000), za katerega je skladno z natečajnimi pogoji Naročnik DARS d.d. uporabil rezultate natečaja. Za razpisne podloge je uporabil prvo in tretje nagrajeno rešitev, medtem ko je drugo nagrado že sam izločil kot predrago in prezahtevno za izvedbo. Poleg obeh uradnih variant je Naročnik dopustil še posebne ponudbe, ki pa so morale biti v skladu z natečajnimi rešitvami ter razpisnimi pogoji. Za prvo nagrajeno rešitev na natečaju (Harfa1) je Naročnik dopustil 10 % cenovni bonus napram ostalim ponudbam. Pri ocenjeni razpisni vrednosti 2.9 milijarde SI tolarjev, bi to pomenilo, da je Naročnik oz. državni investitor DARS d.d. pripravljen plačati 290 milijonov tolarjev več za rešitev, ki je bila nagrajena s prvo nagrado na natečaju in naj bi s tem imela oblikovalske prednosti pred ostalimi rešitvami. To je bil prvi tak primer razpisa pri nas in zaenkrat tudi edini.

Na mednarodni izvajalski razpis je prispelo 16 ponudb šestih Ponudnikov (3 domača podjetja: GIZ Gradis, Gradis NG d.d. in Ceste mostovi Celje d.d., eno mešano združenje SCT d.d. + Primorje d.d. + Grassetto ter dve tuji ponudbi podjetji Konstruktor Split ter Zueblin Stuttgart), ki jih lahko poenostavljeno razporedimo v naslednjo tabelo:

| Varianta        | Št. ponudb | Cena mio SIT   | Ponudniki razvrščeni po cenah           |
|-----------------|------------|----------------|-----------------------------------------|
| Harfa 1         | 4          | 3.178 do 4.237 | SCT, Gradis NG, GIZ Gradis, Konstruktor |
| Brod 3          | 6          | 2.694 do 3.645 | GIZ, NG, SCT, CMC, Konstruktor, Zueblin |
| Posebne ponudbe | 6          | 2.131 do 3.064 | NG, NG, NG, GIZ, NG, NG                 |

Vse posebne ponudbe je Naročnikova komisija ocenila kot tehnično neustrezne in neprimerljive z razpisnimi variantami ter jih je zato izločila iz nadaljnje obravnave. Ostali sta obe uradni varianti vsaka s svojo najcenejšo ponudbo, to je Harfa1 za 3.178 mio SIT (SCT s partnerji) ter Brod3 za 2.694 mio SIT (GIZ Gradis). Ker je cenovna razlika 18 % presegala dopustnih 10 % bonusa je bila skladno z razpisom kot najugodnejša ponudba izbrana rešitev Brod3 ponudnika GIZ Gradis iz Ljubljane za 2.694 mio SIT po projektu Ponting d.o.o. iz Maribora.

## OPIS PROJEKTA

### Umestitev prečkanja Mure v prostor

Most čez Muro in poplavno območje prečka naravno zelo intenziven biotop, ki vsebuje zaradi specifičnosti ritmičnih poplav tudi redke in ogrožene živalske in rastlinske vrste. Poplavna ravnic je gosto zaraščena z visokim drevjem, bregovi Mure pa z gostim grmovjem. Morfološko gledano je področje med nasipi praktično ravno z manjšimi depresijami na mestu nekdanjih - danes mrtvih rokavov. Sama reka Mura je na tem mestu široka 70 m, poplavni pas med varnostnimi nasipi pa dober kilometer.

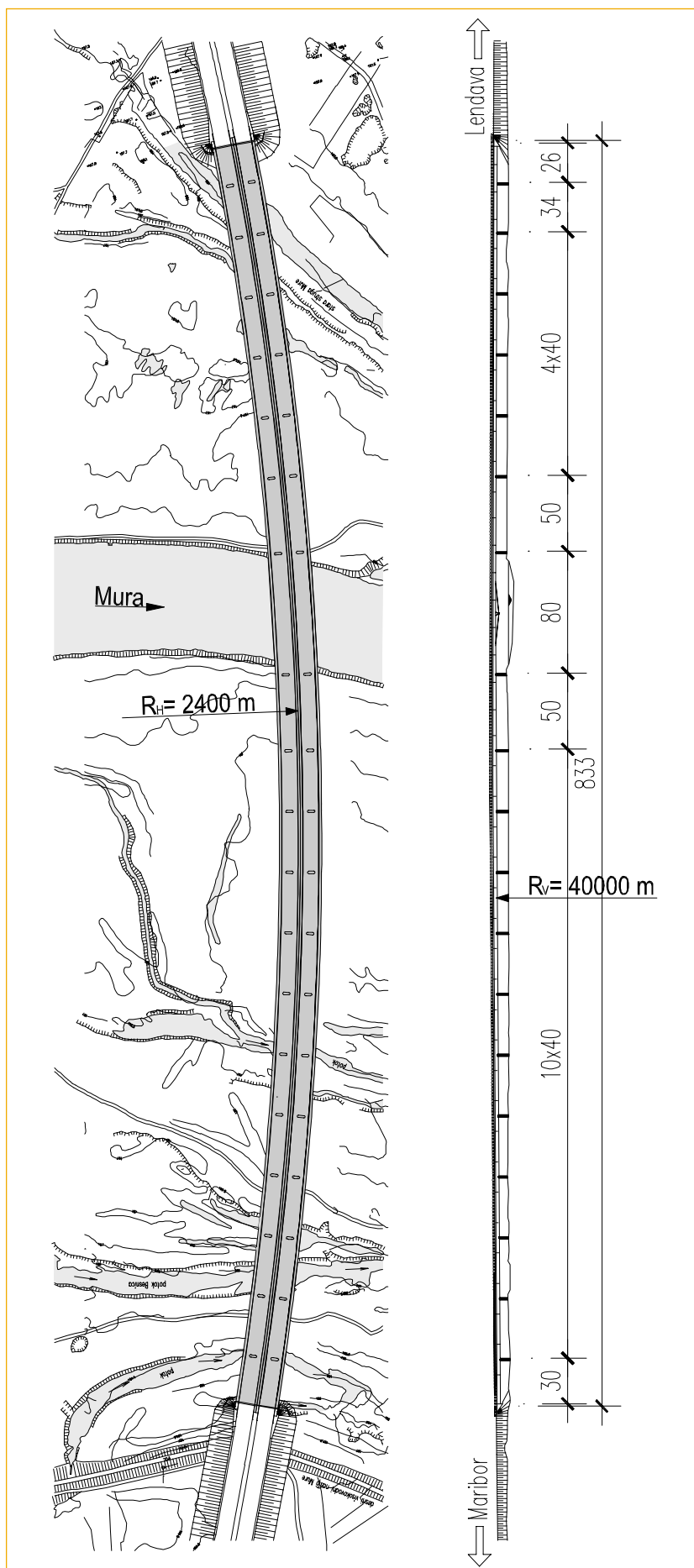
Zaradi tega je bilo že v postopku načrtovanja avtoceste, prostorskega usklajevanja njenega poteka in po izvedenem natečaju za most odločeno, da se ta prostor premosti z avtocesto, ki bo potekala po mostu in ne po nasipu, ki bi uničil pas v širini skoraj 70 m.

Vsa tri dosedanja cestna prečkanja poplavnega pasu Mure so izvedena z enim glavnim mostom preko same reke (s stebri v glavni strugi) in z nekaj prepusti za stalno ali občasno delujoče vode ter z vmesnim nasipom. Takšna rešitev tudi za avtocesto bi lahko sicer lahko predstavljala nekoliko cenejšo rešitev, vendar bi imela kar nekaj drugih slabosti. Zaradi diferenčnih posredkov težkega nasipa med posameznimi premostitvenimi objekti, bi trpela dinamika hitre avtocestne vožnje in s tem varnost prometa. Prav tako je rešitev z vmesnim nasipom slabša v hidravličnem pogledu (odtekanje poplavnih vod), odločilno v prid enega daljšega objekta na avtocestni trasi pa je že omenjen pozitiven ekološki učinek.

### Zasnova konstrukcije

Glavni ideja zasnove je bila dobiti oblikovno primerno, vendar hkrati kvalitetno, trajno in ekonomično konstrukcijo, ki z enotno tehnologijo rešuje konstruktorsko problematiko premoščanja enakomernih manjših razponov na poplavnem delu ter, kot izjemo, enega večjega razpona preko reke same.

V sodelovanju s projektantom avtoceste smo položili že samo traso v prostor tako, da je imela na območju mosta karakteristike, ki omogočajo izdelavo prekladne konstrukcije s pomočjo tehnologije narivanja. To pomeni, da ima preko celotne dolžine mosta konstantno zakrivljenost, in sicer os v tlorisnem radiju 2400 m, niveleto pa v konveksni zaokrožitvi 40.000 m s simetričnimi tangentami 1.3 %. Prostorska zakrivljenost osi z dvema radijema sicer teoretično ni izvedljiva, vendar smo izračunali, da se lahko zasnova konstrukcija prilagaja tej obliki z zanemarljivimi vsiljenimi obremenitvami. Razlog so relativno blage zakrivljenosti glede na togost konstrukcije.

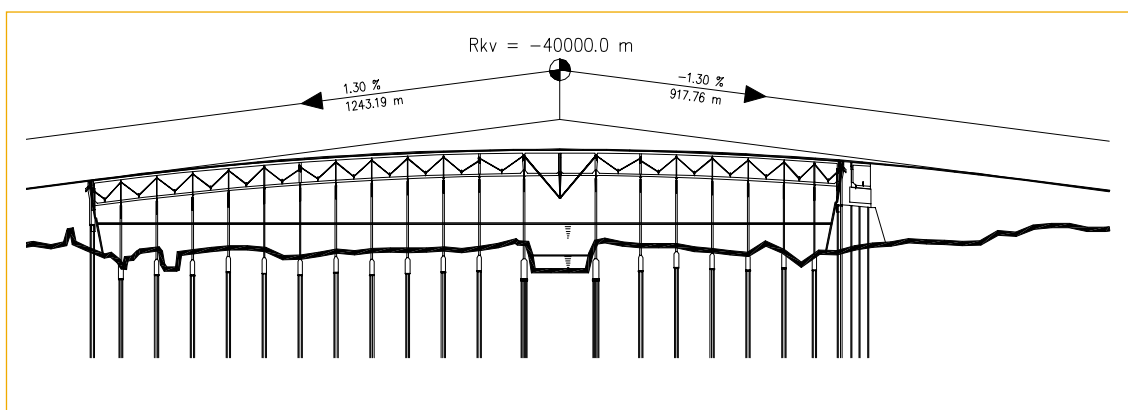


**SLIKA 1**  
most dolžine 833 m je v horizontalnem  
radiju 2400 m ter vertikalni zaokrožitvi  
40.000 m

Tehnologija narivanja, ki je poznana po veliki kvaliteti konstrukcije ter delovni ekonomičnosti, pa ima kar precej omejitev pri svoji uporabi. Poleg omenjene geometrije osi, je značilna omejitev velikosti ekonomičnih razponov ter značilno razmerje med višino konstrukcije in velikostjo razponov, ki se giblje med 1/12 o 1/15. Vsako odstopanje od enakomernih razponov povzroča velike probleme pri zasnovi in izvedbi.

Premostitev reke brez stebrov v vodi je zahtevala razpon minimalno 80 m, kar bi za gredno konstrukcijo konstantnega prereza pomenilo debelino približno od 3,6 do 4,0 m (1/22-1/20) in pri uporabi tehnologije narivanja brez podpor v nadaljevanju pomenilo razpone 50 m. Pri niveleti 10 do 12 m nad terenom, so kljub globokemu temeljenju, bolj ekonomični manjši razponi. Zato smo na večjem delu mosta (ca 90 % dolžine) izbrali za tehnologijo narivanja ekonomične razpone 40 m in temu primerno višino konstrukcije 2,80 m (L/14,2), ki omogoča narivanje brez vmesnih podpor. Pomanjkanje togosti v glavnem 80 metrskega razponu, kjer je razmerje vitkosti skoraj L/29, pa smo reševali z prednapeto zatego, ki za stalno težo deluje kot podpora, za koristno pa približno kot elastična podpora. Togost smo dodatno povečali z odebelitvijo spodnje plošče nad stebri ob glavnem razponu (kar ta tehnologija omogoča brez težav), deformacije glavnega razpona pa zmanjšali s prehodnimi 50 m razponi ( $n \times 40 + 50 + 80 + 50 + n \times 40$ ), ki s svojo težo »dvigujejo« glavnemu razponu.

Zasnova s prednapeto zatego je zelo zahteven in relativno drag koncept, zato je relativno malo uporabljen v praksi gradnje mostov. V našem primeru je uporaba te zasnove na kratki dolžini objekta (enem samem daljšem razponu) omogočila ekonomično izvedbo na preostalem mnogo večjem delu, kar je skupaj dalo zmagovalno kombinacijo.



SLIKA 2: Vzdolžni profil z vrhom nivelete nad reko

### Opis objekta

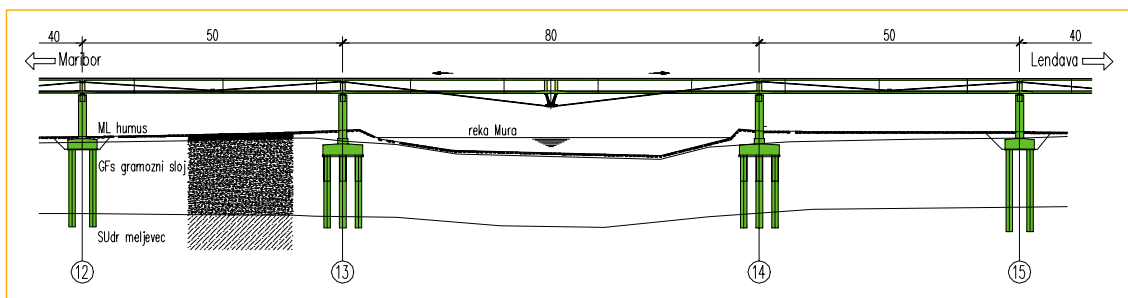
Most čez Muro je sestavljen iz dveh ločenih vzporednih objektov za vsako smer vožnje posebej, skupne širine 27.92 m ter dolžine 833 m. Objekt poteka zvezno preko 20 razponov z glavnim razponom 80 metrov preko Mure, brez stebrov v vodi ter s tipičnimi razponi po 40 m na obeh poplavnih območjih.

Statični sistem je kontinuirana greda s prednapeto zatego v glavnem razponu, katere podobnost z brodom, oz. jekleni vrvi s pomočjo katere prečka reko, je dala varianti natečajno ime BROD.

Statični razponi so naslednji:

$$30.0 + 10 \times 40.0 + 50.0 + 80.0 + 50.0 + 4 \times 40.0 + 34.0 + 26.0 = 830.0 \text{ m}$$

Prečni prerez prekladne betonske konstrukcije je votla trapezna škatla s konstantno statično višino 2.80 m. Širina zgornje - voziščne plošče znaša 13.9 m, širina spodnje plošče škatle pa 5.00 m, obojestranske konzole pa so dolžine 3.1 m.

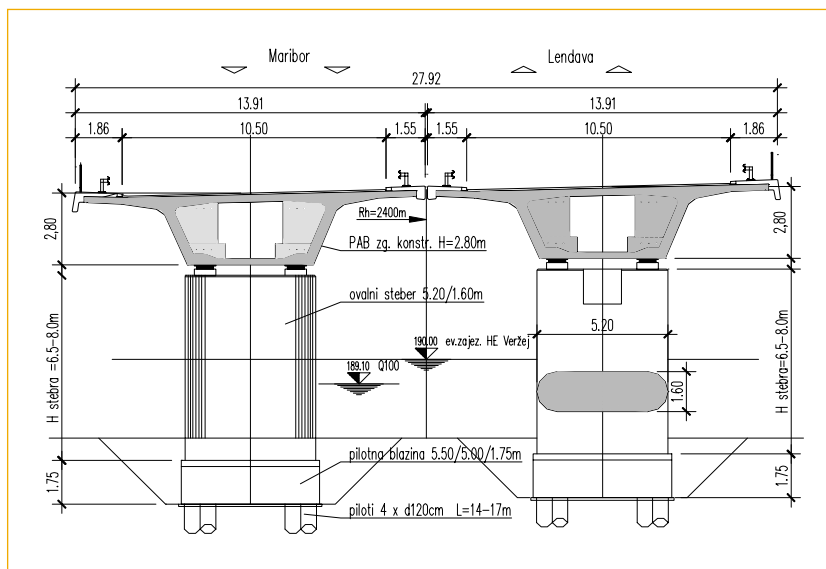


SLIKA 3: Vzdolžni prerez preko glavnega razpona

Karakteristične prečni prerez na vozišču je sestavljen iz naslednjih elementov:

|                                                    |                 |                |
|----------------------------------------------------|-----------------|----------------|
| Zunanji rob (ograja+rev.hodnik+JV0)                | .25+.75+.36+.50 | 1.86 m         |
| Vozišče (odstavni + 2 x vozni pas + robni)         | 2.50+2x3.75+.50 | 10.50 m        |
| Notranji rob (JV0+venec)                           | .50+.36+.69     | 1.50 m         |
| <b>Skupaj levi objekt (smer MB)</b>                |                 | <b>13.86 m</b> |
| Vmesni razmak                                      |                 | 0.20 m         |
| <b>Enak simetrični desni objekt (smer Lendava)</b> |                 | <b>13.86 m</b> |
| <b>Skupna širina objekta</b>                       |                 | <b>27.92 m</b> |

**SLIKA 4**  
Prečni prerez grede je trapezna  
škatla, stebri pa imajo kompaktni  
ovalni prerez



Os trase na objektu je v tlorisnem radiju 2400 m, niveleta pa v konveksni zaokrožitvi 40.000 m s simetričnimi tangentami 1.3 %, prečni padec vozišča je konstanten 2.5 %, hodniki pa so nagnjeni navznoter z naklonom 4 %.

Most v sami Muri nima stebrov, na poplavnem delu pa ima skupaj 38 vmesnih stebrov (19 krat po 2), ki so višine od 7.0 do 8.5 m ter ovalne oblike v prečnem prerezu. Taka oblika je hidravlično ugodna za odtekanje poplavnih ali občasnih vod v starih strugah. Mura ima najnižje pretoke v zimskih mesecih (december, januar, februar), najvišje pa od aprila do avgusta. Poplave reke Mure so zelo nepredvidljive, saj so bile v letu 1999 pred razpisom za gradnjo zabeležene dve (23.7.99 in 20.8.99), prej jih vsaj dve leti ni bilo, npr. leta 1991 pa je poplavljal kar devet krat. Med gradnjo so nas doletele poplave dvakrat, in sicer avgusta in decembra 2002, v letih 2001 in 2003 pa jih ni bilo.

Temeljenje je izvedeno kot globoko na pilotih - betonskih kolih premera 120 oz. 125 cm, kar ustreza geološkim razmeram. Na tem mestu se nahaja murski prod do globin 13 do 15 metrov, globje pa se nahaja polhribinska osnova, ki jo predstavlja laporasta glina. Koli bodo segali do laporaste gline ter bodo pod pilotno blazino še dolžine 14-17 metrov, pod oporniki pa do 20 m dolžine. Za vsak steber so predvideni po 4 taki armirani betonski koli. Za natančnejšo določitev nosilnosti je bil izveden tudi poiskusni pilot f80 cm, ki je izkazal precej visoke dopustne nosilnosti, na primer preračunana na uporabljeni pilot f125 cm kar 663 ton.

### Prednapenjanje

Prednapenjanje konstrukcije je tesno povezano z samo zasnovo objekta ter tehnologijo gradnje. V razpisnem projektu sta bila predvidena dva tipa napenjanja, to je klasično napenjanje v betonskem prerezu z naknadno sovepežnostjo za fazo gradnje ter zunanji kabli, ki so bili predvideni v dvojno ekstrudirani plastični zaščiti ter v ploščati izvedbi (npr. kabli MCC proizvajalca VT), ki uravnavajo obremenitve v končni fazi uporabe.

Izvajalec Gradis GP Ljubljana je na projektu mosta čez Muro predlagal in tudi vpeljal v uporabo novo tehnologijo napenjanja po sistemu Dywidag, in sicer:

- Dywidag AS150 - sistem napenjanja vrvi prereza 150 mm<sup>2</sup> z naknadnim sovpreganjem
- Dywidag MC external - sistem zunanjih kablov s cementnim injektiranjem v PEHD cevi
- Dywidag W external - sistem zunanjih kablov s monokabli v PEHD cevi (mast in dvojna trda plastika)

Sistem AS150 je bil uporabljen za klasično centrično napenjanje, kjer so bili uporabljeni kabli velikosti 15x150 (15 vrvi) napeti vsak s silo 2800 kN. Tipični kabli so bili dolžine 40 m (preko dveh taktov) ter kontinuirani z nepomično spojko v kabel dolžine 833 m. V prerezu prekladne konstrukcije je 12 takih kablov, ki zagotavljajo preko 4,0 MPa centričnih tlakov v fazi gradnje, preprečujejo nastanek nateznih napetosti na zgornjem in spodnjem robu konstrukcije med narivanjem in s tem tudi nastanek razpok v betonu konstrukcije.





Glavni deviator v 80 m dolgem razponu skupaj z eksternimi kabli tvori elastično podporo za prednapeto betonsko kontinuirano konstrukcijo. Jeklena Konstrukcija deviatorja prenaša odklonsko silo 12 kablov, oz. s 4 rezervnimi skupaj 16 kablov, ki bodo prednapeti s silo 2800 kN vsak. Geometrija mosta in kablov je takšna, da se kabli lomijo na deviatorju za  $6,6^\circ$  v vertikalni smeri z odklonsko silo  $V=10304$  kN, ter za  $0,4^\circ$  v horizontalni smeri s silo  $H=650$  kN na celotno konstrukcijo glavnega deviatorja.

Konstrukcija deviatorja je narejena iz pločevin debelin od 20 do 40 mm ter iz okroglih cevi kvalitete jekla St 52-3, dimenzij  $\Phi 406,4/17,5$  mm za V stebre deviatorja,  $\Phi 267/10$  mm za horizontalne prečke,  $\Phi 191/5,4$  mm za diagonale ter  $\Phi 139,7/4,5$  mm zakrivljene v  $R=5,0$  m za deviatorske cevi v sedlu.

### Prehod kablov izven konstrukcije

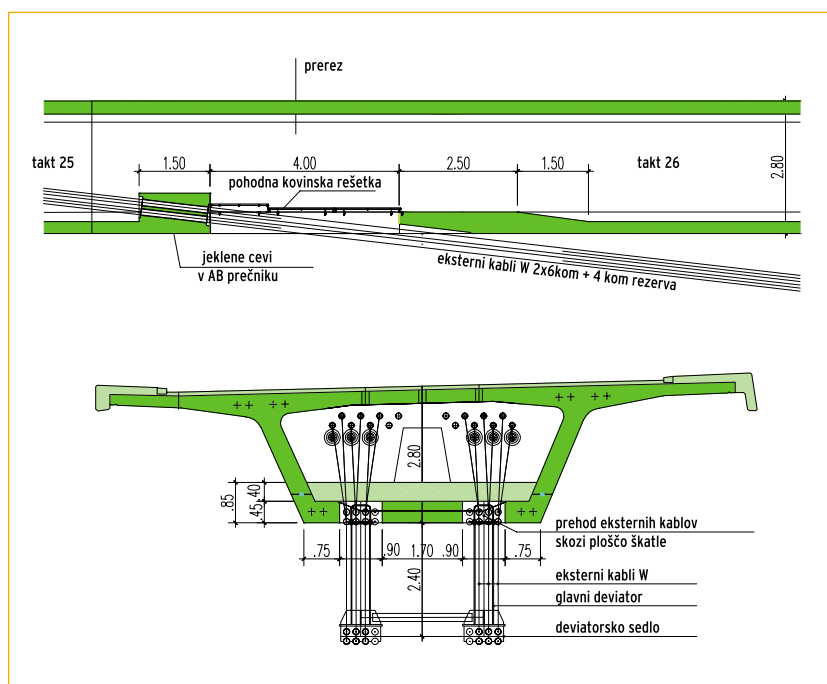
Dokler potekajo eksterni kabli znotraj škatlaste konstrukcije, lahko sidranja in točke spreminjanja kabske linije izvedemo z relativno enostavnimi in poznanimi detajli, kot so prečniki in betonski deviatorji raznih izvedb. Če pa želimo s kabli izstopiti izven škatlaste konstrukcije, pa nastopi precejšnja komplikacija.

Pri narivanju preboja kablov skozi spodnjo ploščo škatlaste konstrukcije ne moremo reševati z vgraditvijo jeklenih cevi, ki bi štrlele iz konstrukcije (kot na primer pri sidranju poševnih zateg), saj izvedba v delavnici, to je tehnologija postopnega narivanja, tega ne omogoča. Zato smo v spodnji plošči izvedli posebej oblikovane odprtine z robnimi ojačitvami, ki križanje kablov in preboj plošče omejujejo na čim manjšo dolžino (glej sliko 8).

Tak preboj spodnje plošče pa predstavlja precejšnjo oslabeitev sicer zaprtega škatlastega prereza. Še posebej je to nevarno v fazi narivanja zaradi poševnih stojin, ki izgubita medsebojno razpiralo (spodnjo ploščo), katera je uravnotežila horizontalno komponento zaradi reakcije začasnega drsnega ležišča v poševni stojini. Zato smo v fazi potiskanja v oslabeitev vgradili jekleno konstrukcijo iz treh jeklenih profilov IPB 300, pločevine in sider, ki smo jo končanem potiskanju delno odstranili.

Da so oslabeitve v prečnem prerezu čim manjše smo združili kable v obliko snopa, za kar je bilo potrebno vgraditi še deviatorske cevi v prečnik ob sami odprtini za prehod kablov. S tem razpolovili prosto dolžino kablov, kar je ugodno zaradi vibracij. Prav tako pa smo ocenili, da je potek kablov v snopu estetsko primernejši od pahljačastega. Za prehod 16 kablov (od tega 4 rezerve) smo potrebovali dve odprtini, vsaka širine 0,90 m in dolžine 4,00 m (slika 8).

SLIKA 8  
Vzdolžni in prečni prerez prehoda kablov skozi spodnjo ploščo



### Oprema objekta

Pri opremi objekta je potrebno omeniti predvsem zasnovo odvodnjavanja objekta, ki je vplivala tudi na zasnovo samega objekta. Zaradi konveksne vertikalne zaokrožitve nivelete nad območjem Mure je most na tem mestu skoraj brez vzdolžnega padca, zato je tudi izvedba odvodnjavanja meteorne vode z vozišča dokaj problematična, saj znotraj poplavnega območja ni bilo dopuščeno zgraditi zadrževalnih oz. čistilnih bazenov.

Odvodnjavanje na mostu je urejeno v prečni smeri (2.5 %) in vzdolžni smeri (0-1.3 %) po vozišču k robnikom, kjer jo zajemajo talni izlivniki. Le-ti so vgrajeni so na razdaljah 5, 10 in 15 m v odvisnosti od vzdolžnih padcev. Kjer so izlivniki na razdalji 5 m, poteka vzdolžni cevovod pod konzolo zunaj škatle, ko pa se razdalje povečajo na 10 in več metrov pa preide glavni vod v notranjost škatle, posamezne izlivnike pa povezujemo s prečnimi vodi na glavni vod, ki se pri opornikih poveča celo na veličastnih  $\Phi 500$  mm.



Med detajlnim projektiranjem in izvedbo natančnih časovnih hidravličnih izračunov se je pokazalo, da je predvidena višine konstrukcija 2,80 m minimalna, da kanalizacija sploh še ostane v betonski škatlji. Torej ob pogoju vodenja meteorne vode izven področja objekta brez vmesnih bazenov, ni mogoče izvesti tanjšje konstrukcije, kot pa je izvedena.

Zaradi velike dolžine in zasnove nosilnih glavnih stebrov pri glavnem razponu, ki ni v sredini objekta, so dilatacije nesimetrične in precej velike, to je D400 mm ter kar D 640 mm na oporniku v osi 1. Vgradnja tako velikih dilatacij zahteva natančno spremljanje temperatur po celotni konstrukciji in dobro poznavanje reoloških karakteristik vgrajenega betona. Podobno velja tudi za ležišča, ki so maksimalne nosilnosti do 12000 kN ter imajo zaradi dolge zavorne enote (833 m) tudi dolge drsne poti. Tako dilatacije kot ležišča so dobavljena od istega priznanega proizvajalca, to je švicarske Magebe.

## RAČUNSKA ANALIZA KONSTRUKCIJE

Most čez Muro je unikatna konstrukcija z inovativnimi rešitvami pri gradnji in delovanju konstrukcije in objekta. V literaturi je poznano samo nekaj poskusov uporabe prednapete zatege na mostnih konstrukcijah, ki pa niso direktno primerljive z izvedbo pri mostu čez Muro. Zato seveda nismo imeli ne domačih, ne tujih izkušenj za primerjavo in vodilo pri zasnovi, računski analizi ter pri sami gradnji. Natančna analiza vseh faz med samo gradnjo ter vseh vplivov v uporabi objekta je bila zato nujna, delo pa zahtevno in obsežno.

Konstrukcija je analizirana kot prostorska prednapeta okvirna konstrukcija. Pri analizi in dimenzioniranju konstrukcije so upoštevani DIN standardi in Eurocode No. 2 ter potresna obtežba v skladu z Eurocode No. 8 Part 2 - mostovi. Jekleni elementi so analizirani in dimenzionirani z upoštevanjem Eurocode No. 3.

Posebej zanimivi deli statične in dinamične analize so opisane v posebnem članku /6/, tukaj pa jih samo naštejemo:

- analiza v fazi narivanja preko stalnih in začasnih podpor
- izračun in kontrola horizontalnih sil med potiskanjem
- analiza preboja spodnje plošče med narivanjem
- vplivi prednapenjanja eksternih kablov
- odstranitev začasnih podpor
- analiza faze uporabe
- analiza jeklene konstrukcije deviatorja

Natančna računška analiza zamišljene konstrukcije zagotavlja, da gradnja poteka nemoteno, brez nepredvidenih zapletov in težav. To še posebej velja za inovativne konstrukcije, kjer nimamo lastnih ali preko literature tujih izkušenj. Vse meritve, ki smo jih izvajali med gradnjo, kakor tudi obremenilna preizkušnja so pokazale, da so bile računške predpostavke pravilne.

## GRADNJA

Gradnja objekta se je začela novembra leta 2000 z zemeljskimi deli in temeljenjem ter se končalo v oktobru 2003 s finalizacijo objekta in priključkov. Gradnja prekladne konstrukcije je potekala po postopku postopnega narivanja, in sicer sta se objekta, sestavljena vsak iz 43 betonskih segmentov potiskala v časovnem zamiku, gradnja desne preklade je potekala od junija 2001 do julija 2002, leve pa od novembra 2001 do novembra 2002. Obe zimski obdobji med narivanjem sta bila izjemno hladni s temperaturami do  $T = -20^{\circ}\text{C}$ . Desni objekt je bil za potrebe gradnje avtoceste usposobljen prej, medtem ko sta pomlad in poletje 2003 služila za dokončanje objekta (zamenjava začasnih ležišč, vgradnja dilatacij, eksterni kabli, rušenje začasnih podpor, izdelavo opreme objekta) in izdelavo avtocestnih priključkov ter ureditev okolja.

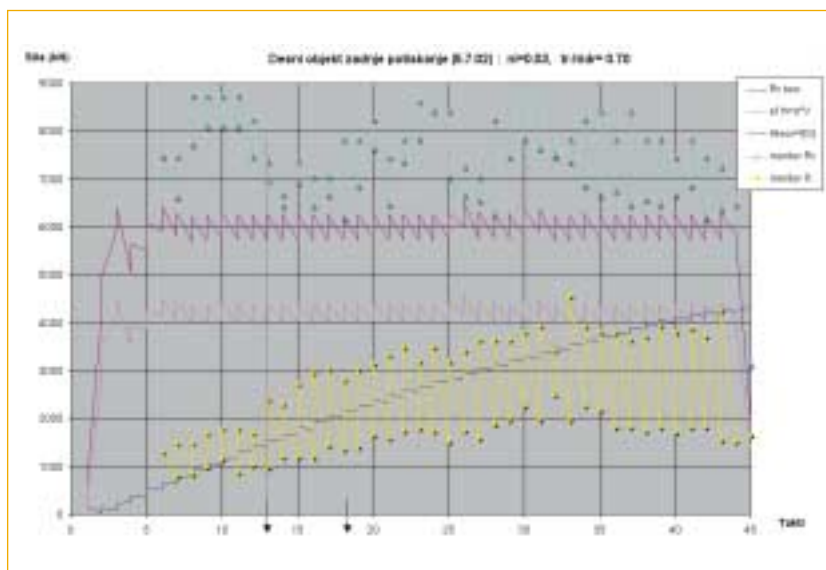
Potiskanje objekta dolžine preko 800 m v tako zahtevni geometriji z eno samo hidravlično opremo je posebnost, ki je nismo zasledili v literaturi. Zato smo temu problemu posvetili veliko pozornost, kar je opisano v naslednjem poglavju.

### Sile pri narivanju zgornje konstrukcije

Levi in desni most imata vsak po 16.000 ton mase. Na aktivnem oporniku je hidravlika potiskala navzgor z naklonom približno 1 %, na končnem oporniku pa ima nivoleta smer 1.3 % navzdol. Vmesna začasna ležišča so imela različne naklone na vsakem stebri, v skladu z vertikalno zaokrožitvijo  $R=40.000\text{ m}$ . Zato so bili pogoji in sile odpora na vsakem stebri različni. Na osnovi detajlnih analiz Projektanta se je Izvajalec odločil, da bo narival z eno samo narivno hidravliko. Za zadnje potiskanje, ko zaradi pomanjkanja vertikalne reakcije trenjski način premikanja več ne zadostuje pa je sam izdelal vlečno napravo, ki lahko konstrukcijo dodatno vleče s pomočjo trna, jarma in opreme za napenjanje kablov.

Zaradi izredne dolžine in mase ter zahtevne geometrije, smo ves čas natančno spremljali sile med samim potiskanjem in jih beležili ter analizirali. Dodatni razlog je bil tudi to, da podobnega primera v literaturi nismo zasledili. Ugotovitve so bile zelo zanimive. Potisna sila namreč ne narašča linearno z dolžino in povečanjem mase, kot bi lahko pričakovali. Najprej je opazen velik vpliv trenja v delavnici, ki je zaradi različnih vzrokov (drugačne drsne plošče, manjši specifični pritisk, vpliv betoniranja in opaža) precej večje kot na začasnih drsnihih ležiščih. Zato so na začetku potiskanja potrebne večje potisne sile od teoretičnih. Ko je izvedeno že večje število taktov, npr. več od deset, začne postajati delež takta, ki je še na drsni progi v delavnici, manjši ter kasneje pri več od dvajset taktov zanemarljiv.

Še bolj zanimive so meritve pri večjih dolžinah, ko nastopi fenomen elastičnega skrčka prekladne konstrukcije. Potisna sila, ki deluje na zadnjem koncu preklade namreč premakne (elastično stisne) preklado, ki pa na svojem začetku še miruje. Zato se na bližnjih stebrih že premaguje sila lepljenja in se med premikanjem znižuje v manjšo silo trenja. Ker se lepenje ne premaguje istočasno na vseh stebrih, je skupna potrebna sila za potiskanje seveda manjša. Prav tako je bila opazna sprostitve elastične tlačne sile vzmeti v prekladi po vsakokratnem hodu (po vsakokratni odložitvi na zavorno sedlo), kar je bilo opazno zakasnjeno podaljšanju konstrukcije



SLIKA 9

Tabela računskih in merjenih sil (V,H)  
pri potiskanju objekta

pri kljunu po že končanem hodu. Vpliv elastičnega skrčka preklade je opazen šele pri dolžinah večjih od 500 m ter zavisi od velikosti sil in trenjskih koeficientov, karakteristikah preklade (A, E) ter od togosti oz. elastičnosti stebrov. Vrh stebra elastično spremlja premik preklade, do pomika, ki povzroča v stebru reakcijo enako sili trenja oz. lepenja. Ker so togosti posameznih stebrov praviloma med seboj različne (višina stebra, karakteristike betona in armiranja, pogoji temeljenja in drugo), je premikanje dolge elastične preklade preko množice stebrov zelo kompleksen dinamični sistem. To je deloma razvidno tudi iz meritev potisnih sil na začetku in v sredini vsakega takta, kar je prikazano v tabeli za desni objekt.

### Zagotavljanje kvalitete izvedbe

Zaradi zahtevnosti objekta je bil poseben poudarek namenjen tudi zagotavljanju kvalitete materialov in del. Vsak izdelani gradbeni element (pilot, blazina, steber, ležišče in drugo) je bil kakovostno prevzet (dokazila o kvaliteti vgrajenih materialov, s kontrolo oblike in posnetkom položaja ter dokazom zveznosti ipd.), nakar se je lahko nadaljevalo z naslednjim elementom. Posebno pozornost smo pri projektiranju, izvedbi in nadzoru posvetili geometrijskim karakteristikam objekta, saj bi pri tako zahtevni geometriji in tehnologiji bili že na začetku obsojeni na neuspeh. Zato so bili izdelani posebni geodetski elaborati z natančno opisano projektirano geometrijo, dopustnimi tolerancami in načinom preverjanja ter zapisniškimi prevzemi, kjer je mogoče preveriti vse projektirane, dejansko izvedene karakteristike in ostale podatke ob prevzemu elementov. Najbolj ostre zahteve so bile podane za izvedbo drsne proge v delavnici (dosežena natančnost je bila  $\pm 1$  mm) ter začasna drsna ležišča z zahtevo višine na  $\pm 2$  mm ter naklonom v natančnosti  $\pm 0.3$  promila.

Visoko doseženo kvaliteto objekta (zasnove, materialov in izvedbe) so nam priznali tudi tuji strokovnjaki, ki so obiskali gradbišče. Kvaliteta objekta je posledica dela vseh vpletenih v proces gradnje, predvsem pa velikega truda nadzora na samem gradbišču, ki je preverjal vse materiale in postopke, kakor tudi dejansko skladnost priloženih dokazil. Izkušnja pri tem je dokaj slaba, ne domača, niti tuja dokazila o skladnosti materiala ali opreme ne pomenijo nujno tudi dejansko ustreznost s projektnimi ali razpisnimi zahtevami.

### Kolesarska steza in obeležje

Investitor DARS d.d. se je med gradnjo mosta odločil, da spremeni profil celotne prekmurske avtoceste na tako imenovan varčni profil brez odstavnih pasov. Zato je na mostu, ki je izveden v polnem profilu nastala »odvečna« širina, ki jo je investitor namenil kolesarski stezi. Le-ta je od avtocestnega prometa ločena z betonsko varnostno ograjo s transparentnim nastavkom, ki ločuje obe vrsti prometa.

Prav tako dodatno je investitor naročil izdelavo obeležja premostitve, ki je v bistvu elektronski prikazovalnik namenjen obveščanju uporabnikov avtoceste. Obojestransko elektronsko obvestilna tabla dimenzij 3,20 x 6,00 m je nameščena na posebej oblikovani jekleni stolpni konstrukciji višine skupne višine 30 m, ki stoji ob objektu in na bregu reke Mure. Konstrukcija ima poleg praktičnega tudi simbolni pomen premoščanja reke, povezovanja pokrajine in obeležuje večletne napore ob planiranju, načrtovanju in gradnji tega objekta.



**SLIKA 10**  
Prečkanje reke s prvo konstrukcijo - november 2001



**SLIKA 11**  
Reka, poplavni pas in objekt med gradnjo - maj 2002



**SLIKA 12**  
Glavni razpon s poševnimi kabli in jeklenim deviatorjem (oktober 2003)



SLIKA 13  
Pogled gorvodno na del glavnega razpona (oktober 2003)

## ZAKLJUČEK

Objekti, ki jih lahko povezujemo z inovativnim pristopom v zasnovi, posegajo na področja, kjer ni dovolj izkušenj ne za projektante, ne za izvajalce. Zato zahtevajo mnogo več razmisleka pri zasnovi, natančnih, večkratnih in bolj detajlnih računskih analiz, več truda pri projektantih ter več natančnosti pri izvajalcih. Vendar sta skrb in trud obilno povrnjena v obliki zadovoljstva ob dobrem zaključku objekta.

Glede na velikost tega kapitalnega objekta, njegovo zahtevnost in inovativnost ter doseženi kvaliteti materialov in izvedenih del, je most čez Muro referenčni objekt tako za Projektanta, Izvajalca in Inženirja tudi na širšem mednarodnem področju. Za Naročnika pa je to kvalitetna in trajna rešitev premostitve reke Mure na avtocesti ter racionalna poraba javnih sredstev, saj bo objekt velikosti 23.257 m<sup>2</sup> zgrajen za 2,694 milijarde SIT (vključno z 19 % DDV vezano na junij 2000) oz. za kvadratni meter mostu 116.000 SIT, kar radi prevajamo tudi v takratnih 1105 DEM/m<sup>2</sup> oz. približno današnjih 560 EUR/m<sup>2</sup>.

## LITERATURA

1. Natečajna rešitev Most čez Muro pod šifro Brod3, Inženirski biro Ponting, avgust 1998
2. Končno poročilo strokovne komisije za oceno natečajnih rešitev za most čez reko Muro, DARS d.d., Ljubljana 22.9.1998
3. Projekt faze IP za most Muro, št.proj.: 205/99, avgust 99 ter faze PZR, DARS, januar 2000,
4. Projekt faze PGD/PZI za most Muro, Ponting, št.proj.: 232/00, nov.2000-okt. 2003
5. Viktor Markelj, Jože Klenovšek, Maja Žiberna: Gradimo najdaljši slovenski most, Cestarski dnevi, Portorož 2002
6. Dušan Rožič, Viktor Markelj: Most čez Muro - računska analiza konstrukcije, Zborovanje konstruktorjev Slovenije, Rogaška Slatina 2003
7. Viktor Markelj: Most čez Muro - zasnova objekta, Zborovanje konstruktorjev Slovenije, Rogaška Slatina 2003





## ZAHVALA

Kapitalni objekti za svoje rojstvo zahtevajo mnogo truda in odrekovanja vseh sodelujočih v vseh fazah priprave, projektiranja in izvedbe. Že pred natečajnimi rešitvami, ki smo jih oddali leta 1998 smo sodelovali pri idejnih skicah in postavljanju trase v prostor. Projektiranje razpisnega projekta v letu 1999, izvedbenega pa intenzivno v letih 2000-2001, projektno spremljanje do konca del na gradbišču ter izdelava PID dokumentacije so trajala tri leta od novembra 2000 do oktobra 2003. Približno 60 ljudi na gradbišču je delalo 3 leta v vročini in mrazu, zraven pa še vsi podizvajalci, dobavitelji, kontrola kvalitete, nadzor, tehnologi in tako dalje, vseh ni mogoče naštet. Ker je prispevek namenjen zborovanju konstruktorjev naj naštejem sodelavce, ki so delali na izdelavi projektne dokumentacije oz. vplivali na njen nastanek in vsebino in se jim kot odgovorni projektant še posebej zahvaljujem za sodelovanje. Hvala tudi partnerju v biroju, ostalim sodelavcem ter domačim za podporo in razumevanje v tem času.

Nekaj sodelujočih pri izdelavi tehnične dokumentacije in izvedbi

|                                     |                                                                                         |                                                                                                                                                                         |
|-------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Projektant<br><b>Ponting d.o.o.</b> | odgovorni projektant<br>sodelujoči arhitekt<br>statična analiza<br>konstruktorska ekipa | Viktor Markelj, udig,<br>Bogdan Reichenberg, udia;<br>Dušan Rožič, udig, Miran Štern, udig<br>Tone Karner, ig, Milena Karner, gt, Miha Marinič, ig,<br>Rok Mlakar, udig |
| Inženir<br><b>DDC d.o.o.</b>        | recenzija<br>nadzor                                                                     | Ivan Sečkar, udig, prof.dr. Milenko Pržulj,<br>udig, Jože Klenovšek, udig<br>Rade Zeljković, udig, Jože Klenovšek, udig,<br>Lojze Hozjan, udig                          |
| Izvajalec<br><b>Gradis GPL</b>      | odgovorni vodja del<br>priprava dela                                                    | Maja Žiberna, udig<br>Radovan Kotnik, udig, Drago Kristan, udig                                                                                                         |

# Viadukt Črni Kal – Ali naj živi različnost!

## VIADUCT ČRNI KAL – LET'S LIVE THE DIVERSITY!

**Marjan Pipenbaher, univ.dipl.inž.grad.**  
Inženirski biro Ponting

### POVZETEK

Viadukt Črni Kal nedvomno predstavlja najzahtevnejši premostitveni objekt, ki se gradi v okviru izgradnje avtocestnega omrežja v Republiki Sloveniji.

V prispevku je predstavljena problematika zasnove, projektiranja in tehnologije izvedbe visokega dolinskega viadukta. Krakasto razvejani stebri višine do 90 m, globoko temeljenje visokih stebrov na elipsastih vodnjakih, globine do 21 m, razpon voziščne konstrukcije preko 140 m, zagotavljanje lokalne in globalne stabilnosti viadukta v fazi gradnje in v fazi uporabe ob upoštevanju sunkov burje in diferenčnega osončenja, so elementi, ki uvrščajo viadukt v projektantskem in tehnološko - izvedbenem smislu med najzahtevnejše premostitvene objekte tudi v svetovnem merilu.

### ABSTRACT

The viaduct Črni Kal undoubtedly represents the most exacting bridging structure in the frame of the highway system construction in the Republic of Slovenia.

The article presents the problems of design, project and technology of the high valley viaduct execution. The ramified supports of the height to 90 m, deep foundation of the high columns on elliptic wells, depth to 21 m, the carriageway structure span over 140 m, assurance of the viaduct local and global stability during the construction and exploitation phase, considering the north wind strokes and differential exposure to sun - all these are the elements placing the viaduct in the design and technologically-constructional sense amongst the most exacting bridging structures even according to world criteria.

### 1.0 UVOD

V okviru izvedbe avtoceste Koper - Lendava je na odseku Klanec - Ankaran predvidena izgradnja viadukta Črni Kal, dolžine 1065 m, ki prečka Osapsko dolino na višini od 40 do 95 m. Viadukt Črni Kal nedvomno predstavlja najzahtevnejši premostitveni objekt, ki se gradi v okviru izgradnje avtocestnega omrežja v Republiki Sloveniji.

Globoko temeljenje visokih stebrov vmesnih podpor na strmem pobočju na elipsastih vodnjakih globine do 21 m, krakasto razvejani stebri višine do 90 m, razpon voziščnih konstrukcij preko 140 m, gradnja stebrov s samoplezajočim opažem, prosta konzolna gradnja voziščnih konstrukcij ob močnih sunkih burje in diferenčnem osončenju konstrukcije, so elementi, ki uvrščajo viadukt v projektantsko in tehnološko - izvedbenem smislu med najzahtevnejše premostitvene objekte tudi v svetovnem merilu.

### 2.0 OSNOVNI PODATKI O VIADUKTU

|                    |                                                                                                                                         |
|--------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Investitor:        | <b>DARS Družba za avtoceste Republike Slovenije d. d., Celje</b>                                                                        |
| Izvajalec del:     | <b>JV ČRNI KAL d.o.o. (partnerja SCT d.d. in PRIMORJE d.d.)</b>                                                                         |
| Odg. projektant:   | <b>Marjan PIPENBAHER, udig, Inženirski biro PONTING d.o.o.</b>                                                                          |
| Recenzenti:        | <b>prof. dr. M. PRŽULJ, udig, I. ŠEČKAR, udig, DDC d.o.o.<br/>prof. dr. M. FIŠINGER, udig, dr. J. Logar, udig, dr. S. ŠKRABL, udig,</b> |
| Revident:          | <b>Jože KLENOVŠEK, udig</b>                                                                                                             |
| Nadzorni inženir:  | <b>Ksenija MARC, udig, DDC d.o.o., Projekt Primorska</b>                                                                                |
| Dolžina viadukta:  | <b>1065 m</b>                                                                                                                           |
| Višina stebrov:    | <b>20 - 95 m</b>                                                                                                                        |
| Maksimalni razpon: | <b>140 m</b>                                                                                                                            |
| Površina objekta:  | <b>28200 m<sup>2</sup></b>                                                                                                              |
| Pogodbena cena:    | <b>4.480.000.000,00 SIT</b>                                                                                                             |
| Rok izgradnje:     | <b>november 2001 - oktober 2004</b>                                                                                                     |





**SLIKA 1**

3D računalniška simulacija viadukta - pogled z obstoječe magistralne ceste Ljubljana - Koper

V letu 1999 je DARS d.d. v sodelovanju z Inženirsko zbornico Slovenije, Ministrstvom za promet, Ministrstvom za okolje in prostor, Fakulteto za arhitekturo ter obema gradbenima fakultetama, izvedel državni anonimni javni natečaj za pridobitev optimalne konstrukcijske zasnove viadukta, tako z vidika stabilnosti, nosilnosti, trajnosti in ekonomičnosti, kot z vidika vključitve v krajinsko občutljivo okolje kraškega roba.

V roku za oddajo je prispelo 18 natečajnih rešitev, ki so jih izdelale posamezne projektantske skupine. Veliko število prispelih natečajnih rešitev je kazalo na to, da je v slovenski in tuji strokovni javnosti vladal velik interes za sodelovanje na javnem natečaju. V skladu z razpisnimi pogoji je 9 članov interdisciplinarno sestavljene komisije pregledalo prispеле natečajne rešitve in podalo pisna poročila. Ocenjevanje je potekalo na podlagi petih skupnih meril in sicer:

- Upoštevanja posebnosti in izpostavljenosti lokacije
- Konstruktivno - tehnoloških meril in kriterija stabilnosti in trajnosti konstrukcije
- Inventivnosti zasnove
- Ekonomičnosti in varnosti v fazi uporabe in gradnje viadukta
- Meril, ki se nanašajo na oblikovanje konstrukcijskih elementov in vključitve objekta v okolje

Komisija za oceno natečajnih rešitev za Viadukt Črni Kal je v vsesplošnem konsenzu konstruktorske, arhitekturne in krajinske stroke podelila 3 nagrade in 2 odkupa.

*Prva nagrada je bila podeljena natečajni rešitvi PP 140 in sicer projektantski skupini iz PONTING d.o.o., s sodelujočim arhitektom prof. Janezom Koželjem, udia.*

### 3.0 PROBLEMATIKA ZASNOVE VIADUKTA

#### 3.1 Racionalizacija konstrukcijske zasnove viadukta

Pri iskanju konstrukcijske in arhitekturne zasnove je bila v fazi izdelave natečajnih rešitev uporabljena metoda celostne optimizacije, ki se na primer uporablja pri razvoju in snovanju novih konstrukcij letal, avtomobilov, velikih javnih infrastrukturnih objektov (stadionov, letališč, ekstremnih konstrukcij mostov, predorov ...).

Po principu te metode smo v fazi snovanja natečajnih rešitev sistematično razvijali variante konstrukcij od smiselno najmanjšega do smiselno največjega razpona prekladne konstrukcije (od 100 - 180 m) in pri tem analizirali spreminjanje odločilnosti med sklopi konstrukcijskih, tehnološko - izvedbenih, oblikovalskih in ekonomskih meril. Šele s podrobno obdelano primerjalno analizo variant viadukta se je dalo bolj izostriti kriterije presojanja. V tem smislu postavljene in obdelane variantne rešitve viadukta so se med seboj dejansko same ovrednotile.

Podobno temu, tudi izhodišča za oblikovanje niso bila postavljena vnaprej in izločena iz procesa vrednotenja. Na ta način smo se izognili problemom vzporedne obravnave oblikovnih vprašanj pri zasnovi konstrukcije viadukta kot so:

- usklajevanje konstrukcije z obliko ali obratno
- naknadno "lepšanje" konstrukcije
- in še posebej preoblikovanje (overdesign), ko lahko konstrukcijsko pogojene oblike izgubijo svojo strukturno prilagojenost in postanejo dekorativne ali celo kičaste

Pri vzporednem in sočasnem upoštevanju oblikovnih zakonitosti z drugimi vidiki racionalnosti konstrukcije in tehnologije ostane obvladana oblika ves čas v funkciji konstrukcije in sredstvo za njeno prilagoditev kontekstu. V takšni spregi so bili tudi parametri arhitekturnega oblikovanja dejaven instrument za obvladovanje ekstremnih (pretiranih) tehnoloških rešitev, ki bi bile sama sebi namen. Bistvene teme snovanja in arhitekturnega oblikovanja so tako ostale:

- postavitve viadukta v prostor ob upoštevanju naravnih ovir, ritem podpor in iskanja sorazmerja med vertikalno rastjo in horizontalno poravnostjo
- lahko in ekspresivno oblikovanje stebrov
- oblikovanje konstrukcijskih elementov in še posebej prehodov nosilnega v nošeno

V fazi izdelave PGD smo po pridobitvi detajlnih geodetskih posnetkov in PGD/PZI geološko - geomehanskega poročila, konstrukcijo viadukta dodatno prilagodili in racionalizirali, s tem da smo v celoti sledili ideji prvo nagrajene natečajne rešitve.

### 3.2 Problematika vključitve viadukta v okolje, načelo diskretnega kontrasta

Viadukt Črni Kal prečka dolino v horizontalnem radiju 800 m na višini od 10 do 90 m z glavnimi razponi dolžine 140 m. S tako izbranimi razponi premostitve doline so doseženi optimalni proporci oken v krajini, ki se približajo zlatemu rezu, vertikalna komponenta viadukta pa se preusmeri v horizontalno, tako da ostane poudarjena kontinuirana horizontalna linija nadaljevanja avtoceste.

Horizontalno zleknjena oblika viadukta deluje v pokrajini enotno in umirjeno. Ustvari se vtis, kot da viadukt iz koprski strani v obvladano počasnem ritmu zraste iz pobočja in se iztegne v pokrajino ter hitro izteče v useke. Iz druge strani izgleda, kot da se viadukt izvije iz stene in zlekne preko doline ter se stanjša umiri, ko se dotakne pobočja na drugi strani.

Viadukt prečka dolino v petih korakih na stebrih, ki imajo pete poravnane na približno isti višini, kar še dodatno prispeva k umirjenemu prehodu. Močnejša, vutasto oblikovana gredna konstrukcija zaznamuje ta, bolj zračen prehod doline, medtem, ko je tanjša ravna greda umerjena s krajšimi stebri v sekvenci iztekanja viadukta. Mehke oblike elementov konstrukcije viadukta torej niso plod iskanja organskih oblik samih po sebi, ampak so rezultat preiščene konstruktorske optimalizacije.



SLIKA 2  
3D računalniška simulacija viadukta - pogled na viadukt iz osapske doline

### 3.3 Prometna zasnova, varnost prometna na viaduktu, zaščita pred sunki burje

Zaradi velikih prečnih padcev terena v območju prehoda viadukta na AC telo sta na ljubljanski strani opornika 1L in 1D zamaknjena za 20 m, na koperski strani pa je opornik skupen.

**trasa:** sistemska os poteka v radiju 800.00 m, prečni naklon je konstanten in znaša 5.5 %

**niveleta:** v konveksnem radiju  $R_v = 20.000,00$  m pretežni del pa v konstantnem padcu 2.70 %

#### Karakteristični prečni prerez na viaduktu:

|                                             |                                  |                |
|---------------------------------------------|----------------------------------|----------------|
| Protiveterna ograja, revizijski hodnik, BVO | 0.50+0.75+0.46                   | 1.71 m         |
| Levo vozišče                                | 0.50 + 2.50 + 2 x 3.50 + 0.50    | 10.50 m        |
| Vmesni ločilni pas                          | 0.50 + 0.46 + 0.16 + 0.46 + 0.50 | 2.08 m         |
| Desno vozišče                               | 0.50 + 2 x 3.50 + 2.50 + 0.50    | 10.50 m        |
| BVO, revizijski hodnik, protiveterna ograja | 0.46 + 0.75 + 0.50               | 1.71 m         |
| <b>Skupna širina objekta</b>                |                                  | <b>26.50 m</b> |

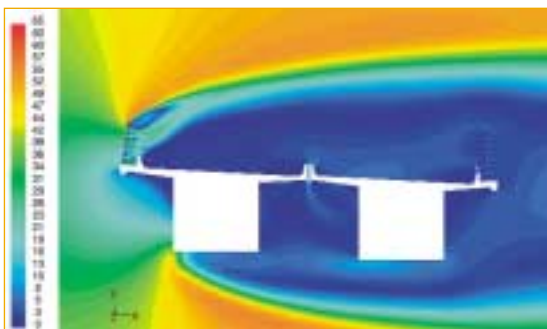


**SLIKA 3**  
Računalniška simulacija - pogled  
voznika

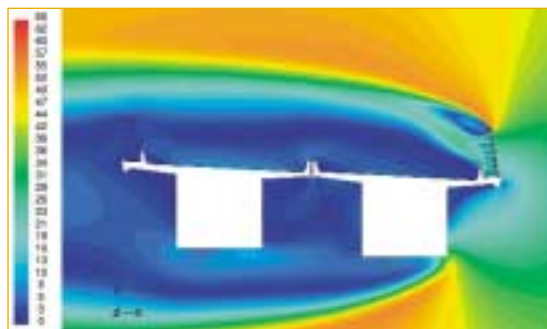
### Varnost prometa na viaduktu, zaščita pred sunki burje, varnost pred poledico

Osnovno vodilo pri zasnovi vozišča viadukta v prečni in vzdolžni smeri je bila maksimalna prometna varnost, ki je prvenstveno zagotovljena z:

- zveznim preходом prometnih pasov iz trase cestnega telesa na viadukt
- vmesnim ločilnim pasom z betonskima varnostnima ograjama višine 80 cm
- ojačano betonsko odbojno ograjo New Jersey z jekleno cevjo premera 150 mm, skupne višine 1.20 m, ki preprečuje padec vozila z objekta.
- protiveterna ograja z 20 % propustnostjo, ki je višine do 3.40 m nad voziščem
- Med protiveterno ograjo in betonsko odbojno ograjo je predviden dovolj širok hodnik za vzdrževalce, ki v primeru okvare vozila ali prometne nesreče (nalet večih vozil - velike hitrosti na avtocestah!) omogoča varen sestop z viadukta.
- Na konzolnem - najtanjšem delu voziščne plošče se vgradijo tipala - avtomatski javljalci poledice, ki so povezani z vzdrževalno službo. Pred izvozom Črni Kal in kastelec pa se postavi opozorilna elektronska tabla s stalnim prikazom hitrosti vetra in temperature vozišča, tako da opozarja voznike na možnost poledice in ekstremnih sunkov burje.



**SLIKA 4:** Prikaz strujanja zraka ter zaščite vozišča s protiveterno ograjo



### 3.4 Zasnova viadukta z vidika uporabnosti tehnologij in možnosti izvedbe gradnje

Gradnja velikih viaduktov predstavlja zaradi velikih višin in razponov, težavne konfiguracije terena ter meteoroloških razmer, gradbeno izredno zahteven projekt. Vsled tega je pomembno, da se že v fazi snovanja predvidi uporaba takšnih tehnologij, ki prvenstveno zadovoljujejo naslednjim kriterijem:

- gradnja mora biti čim enostavnejša in predvsem varna
- pri izboru tehnologije mora biti prvenstveno upoštevana zanesljivost in kvaliteta izvedbe
- tehnologija že mora biti preizkušena doma ali v tujini pri gradnji velikih objektov
- tehnologija mora biti ekonomsko konkurenčna - omogočiti mora tudi zahtevano hitrost gradnje ob predpisani kvaliteti izvedbe ob zahtevani trajnosti objekta
- posegi v prostor vsled organizacije gradbišča naj bodo čim manjši

Stebri podpor 8 - 12 se izvajajo s klasičnim opažem, medtem ko se za gradnjo visokih stebrov uporabljajo samoplezajoči opaži z nosilnimi odri. Voziščna konstrukcija se gradi po tehnologiji proste konzolne gradnje in gradnje po poljih s fiksnim jeklenim odrom.

### 3.5 Zasnova viadukta z vidika enostavnosti vzdrževanja

Posebna pozornost pri zasnovi konstrukcije viadukta in opreme je bila namenjena problematiki trajnosti in enostavnega vzdrževanja.

- Vse instalacije ter kanalizacija za odvodnjavanje objekta se vodijo znotraj škatlastega preseka v katerega je omogočen enostaven dostop in izvedba vzdrževanja.
- Kvalitetno zasnovana omejeno prednapeta voziščna AB konstrukcija, ki se gradi kombinirano po sistemu proste konzolne gradnje in po poljih, predstavlja optimalno tehnološko rešitev Velika togost in masa konstrukcije zagotavlja minimalni dinamični vpliv prometa, saj je obtežba vsled prometne obtežbe pod nivojem obtežbe krova (cca 50 kN/m).
- Kvalitetna izvedba betonov opornikov, stebrov, prednapete betonske voziščne konstrukcije in še posebej opreme viadukta, zagotavlja predpisano trajnost objekta, tako da so ob rednem vzdrževanju stroški za izvedbo manjših sanacijskih posegov minimalni.
- Za eventualno kasnejšo ojačitev prekladne konstrukcije (v primeru sanacije ali potrebne ojačitve na posebno zahtevo investitorja) se že v fazi gradnje predvidijo deviatorji, tako da je možna naknadna vgradnja kablov brez sovprejanja

## 4.0 KONSTRUKCIJSKA ZASNOVA VIADUKTA

### 4.1 Splošno

Viadukt Črni kal je dolžine 1053.50 (levo vozišče), oziroma 1056.35 (desno vozišče) in je zasnovan kot ena zavorna enota s sistemskimi (statičnimi) razponi:

#### Leva voziščna konstrukcija:

$$60.49 + 120.97 + 141.14 + 141.14 + 141.14 + 120.97 + 75.61 + 60.49 + 3 \times 50.41 + 40.33 = 1053.50 \text{ m}$$

#### Desna voziščna konstrukcija:

$$79.35 + 119.03 + 138.86 + 138.86 + 138.86 + 119.03 + 74.39 + 59.51 + 3 \times 49.59 + 39.67 = 1056.35 \text{ m}$$



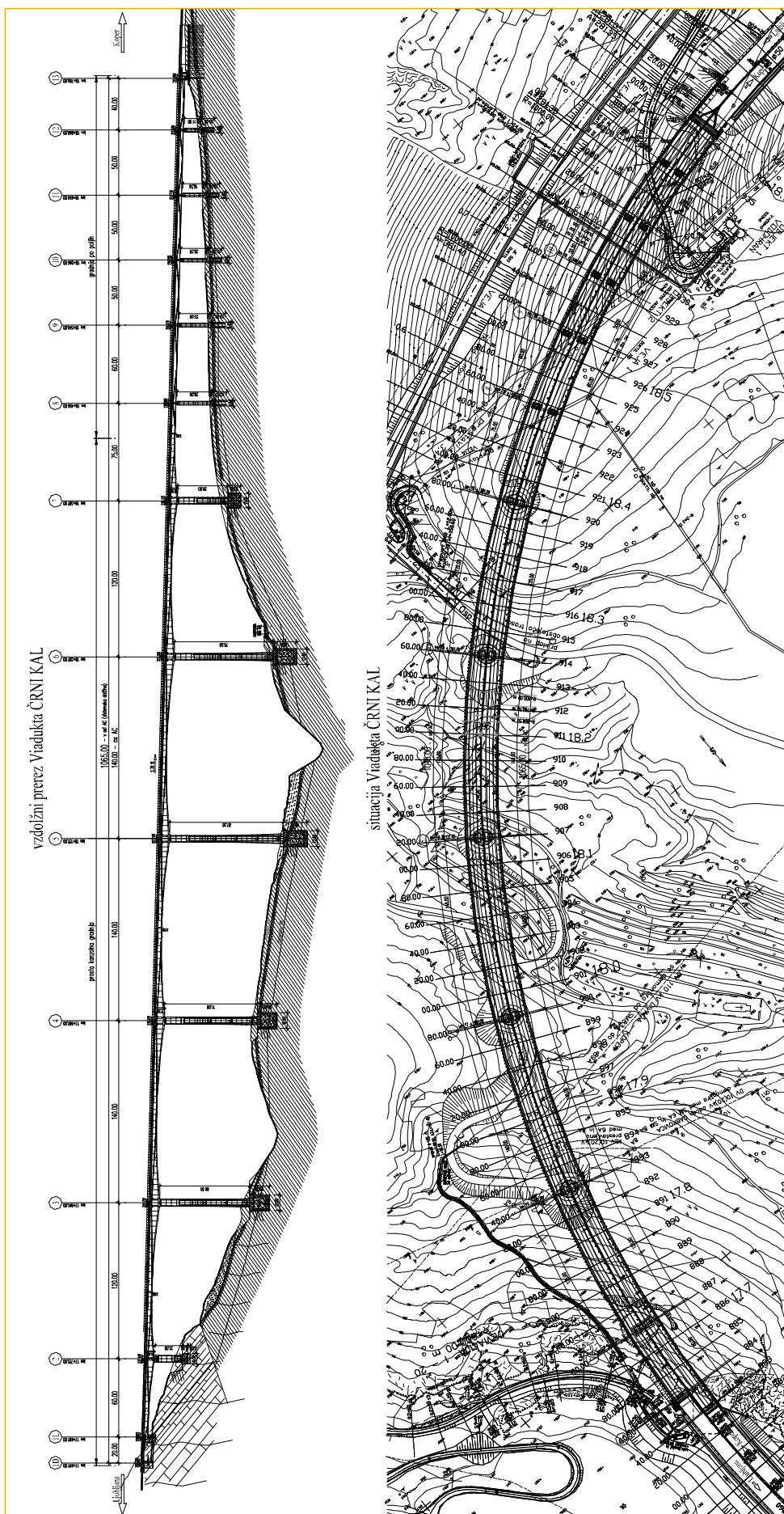
SLIKA 5  
Pogled na viadukt v fazi gradnje s  
ceste Ljubljana – Koper

Viadukt sestavljata dve ločeni voziščni konstrukciji, ki sta podprti v dolinskem delu s krakasto oblikovanimi stebri "Y" oblike, na pobočnem - nizkem delu pa sta voziščni konstrukciji podprti z ločenimi stebri, tako da stebri skupaj z voziščnima konstrukcijama tvorijo stabilno prostorsko okvirno konstrukcijo. Stebri podpor 3, 4, 5, 6 in 7 so elastično vpeti v voziščno konstrukcijo, na ostalih podporah pa je voziščna konstrukcija povezana s stebri preko prečno nepomičnih drsnih ležišč. S tako zasnovano konstrukcijo je zagotovljena vertikalna in horizontalna stabilnost viadukta tako v fazi gradnje kot v fazi uporabe.

Viadukt sestavljata dve ločeni voziščni konstrukciji, ki sta podprti v dolinskem delu s krakasto oblikovanimi stebri "Y" oblike, na pobočnem - nizkem delu pa sta voziščni konstrukciji podprti z ločenimi stebri, tako da stebri skupaj z voziščnima konstrukcijama tvorijo stabilno prostorsko okvirno konstrukcijo. Stebri podpor 3, 4, 5, 6 in 7 so elastično vpeti v voziščno konstrukcijo, na ostalih podporah pa je voziščna konstrukcija povezana s stebri preko prečno nepomičnih drsnih ležišč. S tako zasnovano konstrukcijo je zagotovljena vertikalna in horizontalna stabilnost viadukta tako v fazi gradnje kot v fazi uporabe.

V območju prehoda globljega dela doline (območje v dolžini 778 m) je predvidena gradnja voziščnih konstrukcij s tehnologijo proste konzolne gradnje, na pobočnem delu viadukta (v dolžini 277 m) pa je predvidena gradnja voziščnih konstrukcij na fiksnem ali pomičnem jeklenem odru.

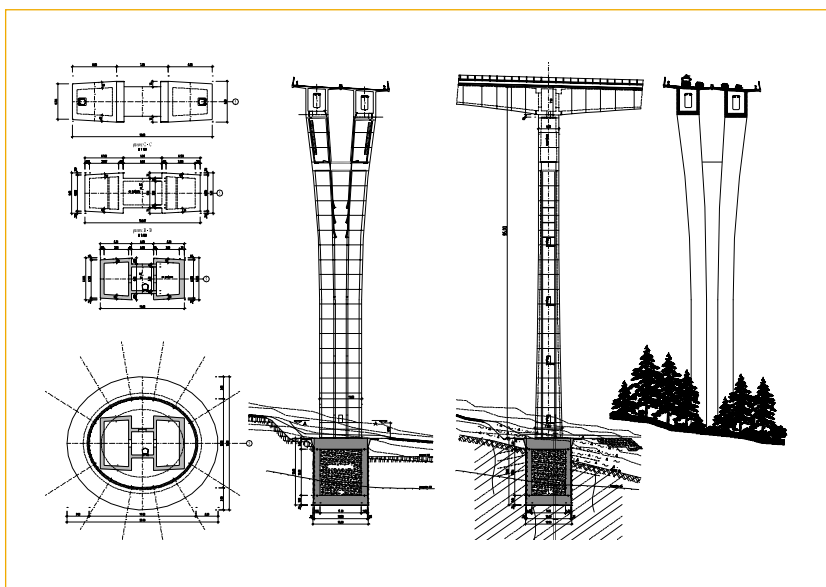




SLIKA 6  
Vzdolžni prerez in  
tloris viadukta



SLIKA 7  
Pogled na viadukt v fazi gradnje,  
oktober 2003



SLIKA 8  
Steber podpore 5, višine 87.5 m

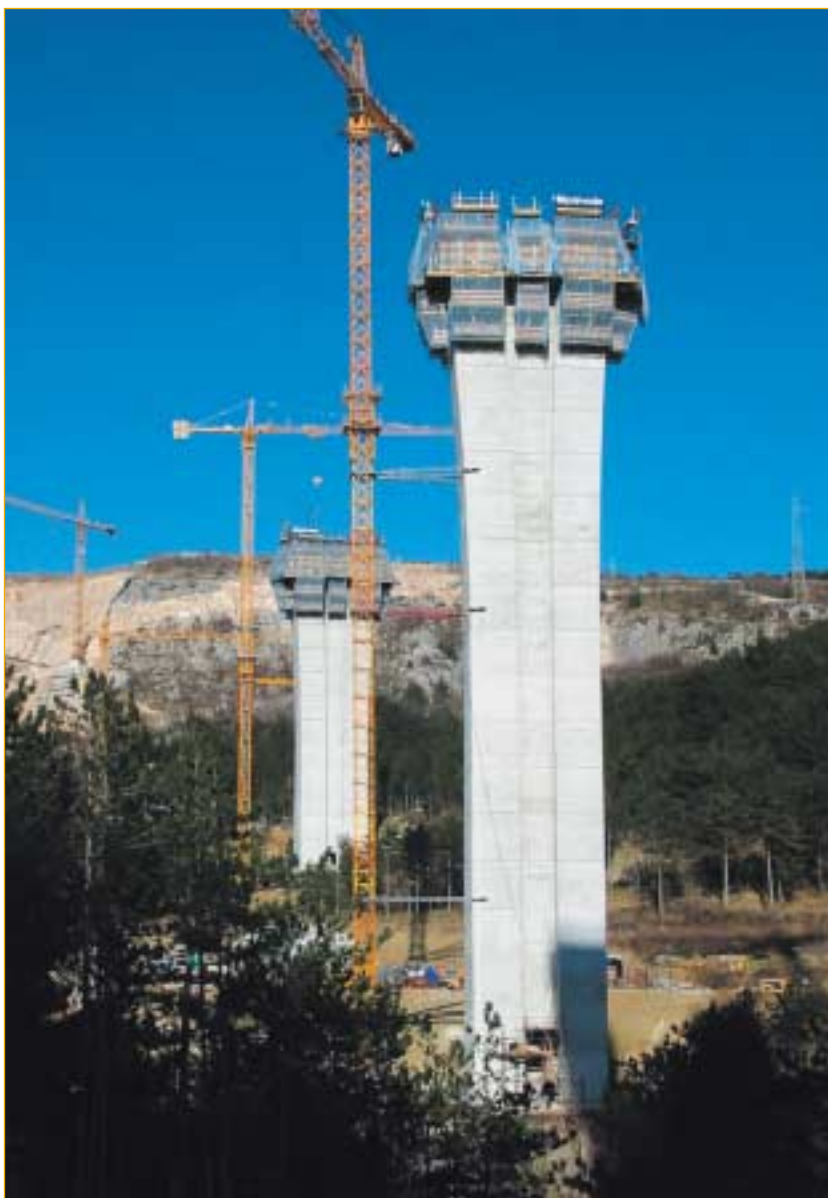
Spodnjo konstrukcijo predstavljata 2 krajna opornika ter 11 vmesnih podpor. Vmesne podpore 2, 3, 4, 5, 6, 7 predstavlja masivnejši - krakasto oblikovani steber. Tricelični škatlasti steber je spodaj gabaritnih dimenzij 11.4 x (5.50 do 7.50) m in se na višini 12.80 m pod voziščno konstrukcijo razcepi v 2 kraka, ki podpirata ločeni voziščni konstrukciji.

Stebri so do višine 50 m so konstantne gabaritne debeline 5.50 m, vsi višji stebri pa se v spodnjem delu rahlo razširijo v vzdolžni smeri v naklonu 1:40. Z dano zasnovo so enakomernejše porazdeljene togosti in s tem vsiljene obremenitve vsled reologije ter temperaturnih sprememb med posameznimi elastično vpetimi podporami, vpetimi v prekladno konstrukcijo.

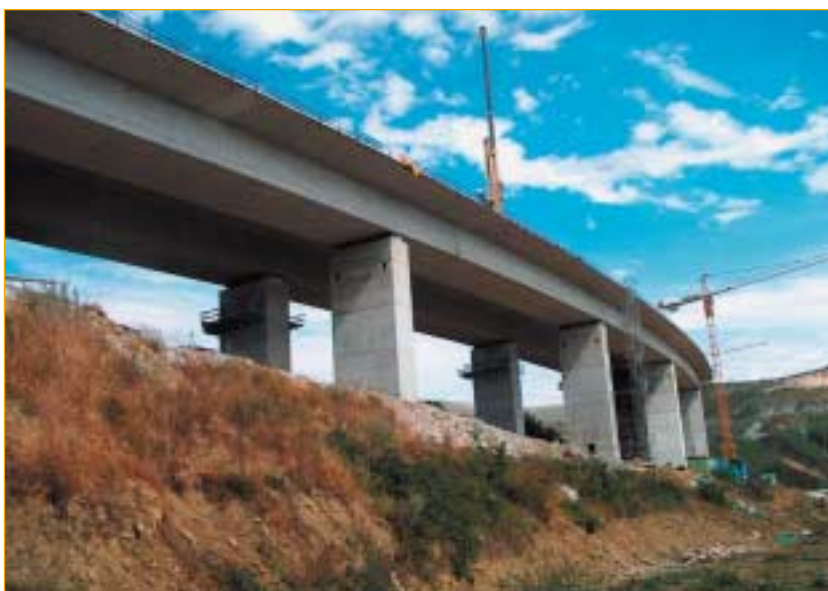
Nizki stebri podpor 8, 9, 10, 11, 12 so ločeni, tako da vsako podporo predstavljata po 2 samostojna stebra trapeznega tlorisa, gabaritnih dimenzij 6.00 x (2.5 - 3.0) m.

Viadukt je globoko temeljen. Plitvo sta temeljena samo opornik 1 ter podpora 2. Steber podpore 2 je temeljen na masivnem temeljnem bloku dimenzij 8/16 (8.0 - 11.0) m, ki je zabetoniran kontaktno v apnenec. Stebri podpor 3, 4, 6 in 7 so temeljeni na vodnjaku elipsastega tlorisa z dimenzijami glavnih osi elipse 12.0/14.5 m in globine od 15.00 - 21.0 m.

Ostale vmesne podpore 8 - 12 pa so temeljene na uvrtnih pilotih premera 118 cm in globine od 10.0 do 10.70 m. Za 20 m zamaknjena krajna opornika na ljubljanski strani sta plitvo temeljena v apnencu, opornik 13 - na koprski strani pa je globoko temeljen na pilotih premera 118 cm, ki so dolžine od 8.0 do 11.0 m.



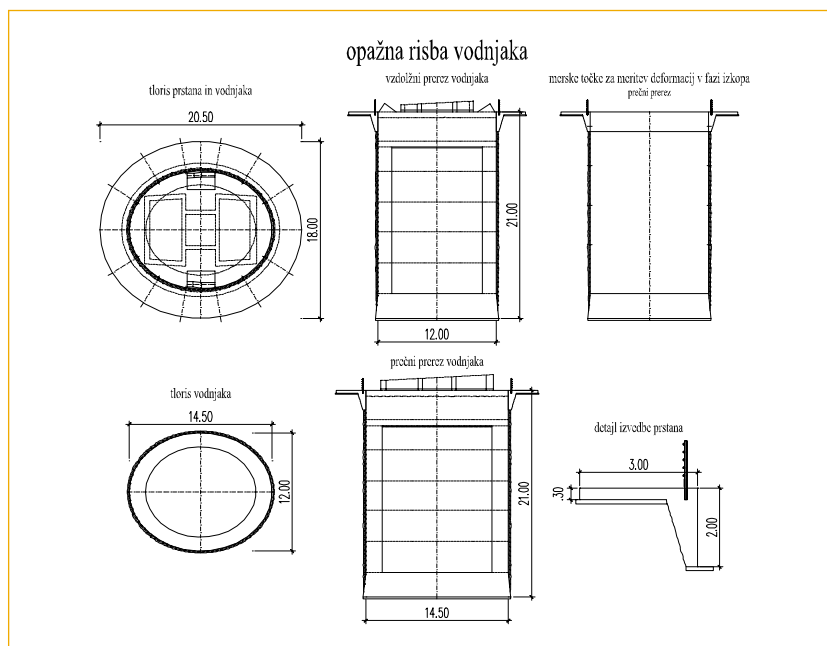
**SLIKA 9**  
Pogled na samoplezajoči opaž in steber  
podpore 5 v fazi gradnje, maj 2003



**SLIKA 10**  
Pogled na izgotovljen pobočni del  
viadukta z ločenimi stebri,  
september 2003



SLIKA 11  
Načrt vodnjaka podpore 5



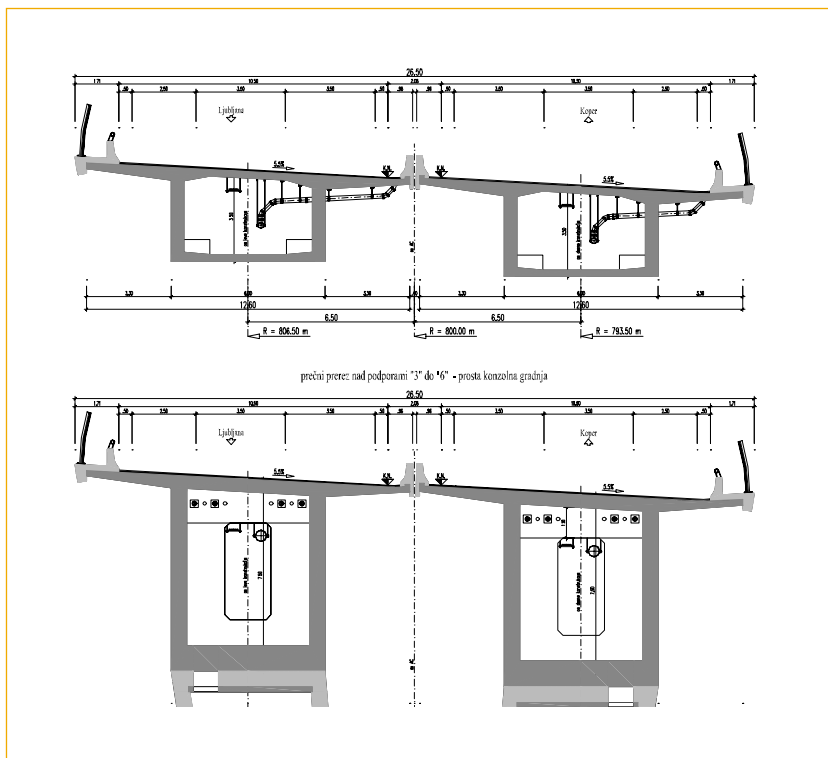
SLIKA 12  
Izvedba betonskega prstana ter  
izkop vodnjaka podpore 5

#### 4.2 Voziščni konstrukciji

Viadukt je zasnovan z 2 ločenima voziščnima konstrukcijama, ki potekata kontinuirano preko 12 polj. Voziščno konstrukcijo predstavljata torej 2 vzdolžno omejeno prednapeti betonski škatli širine 6.0 m in spremenljive višine od 3.50 m v polju do 7.50 m nad podporami 3, 4, 5 in 6. Nad podporama 2 in 7 se prekladna konstrukcija vutasto odebeli na 6.50 m. Voziščna plošča je širine 12.60 m in je v prečni smeri klasično armirano z jeklom za armiranje.

Presek in razporeditev jekla za armiranje je v prečni smeri je izbran tako, da razpoke pri polni prometni obtežbi ( $1.0 G + 1.0 P$ ) in ob upoštevanju maksimalnega dinamičnega faktorja za prometno obtežbo  $\Phi = 1.40$ , ne presegajo 0.15 mm. Z dano zasnovo odpadejo dragi kabli za prečno prednapenjanje, ki izredno zakomplicirajo vgradnjo vzdolžnih kablov.

Škatlasta nosilca sta v vzdolžni smeri omejeno prednapeta s kabli  $19 \times 150 \text{ mm}^2$ , s predpisano kvaliteto žice  $f_{py}/f_{pk} = 1670/1860 \text{ MN/m}^2$ .



**SLIKA 13**  
karakteristični prečni  
prez viadukta Črni Kal

Na delu konstrukcije, ki se izvede po tehnologiji proste konzolne gradnje se v fazi proste konzolne gradnje napne 30 kablov, oziroma 48 (mize 3, 4, 5, 6), po povezavi miz pa se v poljih napne od 8 - 20 pozitivnih kablov  $19 \times 150 \text{ mm}^2$ .

Na delu konstrukcije, ki se izvede na fiksnem ali pomičnem jeklenem odru po poljih se napne po 12 kablov -  $19 \times 150 \text{ mm}^2$ . V območju stika delov konstrukcij, ki se gradi po različnih tehnologijah se po zabetoniranju veznega segmenta napnejo vezni pozitivni in negativni kabli. V voziških konstrukcijah se izvedejo tudi betonski deviatorji, ki omogočajo naknadno vgradnjo in prednapetje kablov, ki potekajo izven betonskega prereza.



**SLIKA 14**  
Pogled na visoke stebre -  
konzolne mize v fazi gradnje  
voziške konstrukcije

#### 4.3 Podporna konstrukcija in izvedba temeljenja

Viadukt je zasnovan kot ena zavorna enota, z dilatacijami samo na krajnih opornikih. Vzdolžne sile (zavorne in potresne) se prenašajo preko centralno postavljenih stebrov podpor 3, 4, 5, 6 in 7, ki so zgoraj elastično vpeti v škatlasti voziščni konstrukciji.

Prečna obtežba (veter, potres) pa se prenaša preko vseh podpor. Vsiljene obtežbe (reologija, temperatura) se prenašajo v skladu s togostmi posameznih podpor, upoštevajoč tudi trajanje delovanja in padec togosti.

Mehka krakasta oblika visokih stebrov podpor 2, 3, 4, 5, 6 in 7 ni plod iskanja arhitekturno - organskih oblik samih po sebi, ampak je rezultat preišljene konstruktorske optimizacije in sledenja toku sil.

| Steber | Višina stebrov | Tip ležišča |
|--------|----------------|-------------|
| 2      | 21.00          | 4 P1-26000  |
| 3      | 69.00          | vpeti       |
| 4      | 71.00          | vpeti       |
| 5      | 87.50          | vpeti       |
| 6      | 75.50          | vpeti       |
| 7      | 38.50          | vpeti       |
| 8      | 26.00          | 4 P1-13000  |
| 9      | 23. 50         | 4 P1-13000  |
| 10     | 20.20          | 4 P1-13000  |
| 11     | 16.50          | 4 P1-12000  |
| 12     | 11.50          | 4 P1-12000  |

##### Visoki stebri podpor 2 - 7

Vmesne podpore 2, 3, 4, 5, 6 in 7 torej predstavljajo krakasto oblikovani stebri, ki so spodaj vpeti v elipsasti vodnjak, zgoraj pa sta kraka elastično vpeta v prekladno konstrukcijo. Na stebru 2 so na vrhu nameščena 4 drsna ležišča, ki omogočajo pomike voziščnih konstrukcij vsled temperature in reologije preko sorazmerno kratkega stebra, ki je temeljen v apnenecu, narinenem na flišno osnovo.

V prečnem prerezu so stebri v bistvu tri celične škatle z debelino sten od 40 - 60 cm, debelina zunanjih sten prečno na os objekta pa je od 50 - 70 cm. Tri celični škatlasti steber je spodaj gabaritnih dimenzij 11.4 x (5.50 do 7.40) m in se na višini 12.80 m pod voziščno konstrukcijo razcepi v 2 kraka, ki podpirata ločeni voziščni konstrukciji.

Stebri, ki so višine do 50 m so konstantne gabaritne debeline 5.50 m, vsi višji stebri pa se v spodnjem delu rahlo razširijo v vzdolžni smeri (naklon 1:40), tako da je najvišji steber podpore 5 na vodnjaku širine 7.40.

Stebri so predvideni v betonu MB 45, armirani pa bodo z visoko duktilno rebrasto armaturo RA 500/550 (BSt 500 S/B). Gradnja krakasto oblikovanih stebrov je predvidena s samoplezajočim opažem (SCF).

Prečke ter kraki stebrov 2 - 7 so prednapeti s kablji 19 x 150 mm<sup>2</sup>, tako da so kraki v prerezu na prehodu v enoten steber obremenjeni praktično centrično (obtežbena kombinacija: stalna teža + prednapenjanje). Centralna celica stebra služi kot instalacijski in vzdrževalni jašek. Jekleni in betonski podesti pa so na maksimalni razdalji 16 m.



SLIKA 15

Pogled na stebre 5, 6, 7, ki so v fazi konzolne gradnje dodatno pridrževani s kablji

### Stebri podpor 8 - 12

Pobočne - nižje podpore 8, 9, 10, 11 in 12 predstavljata po 2 ločena škatlasta stebra trapeznega prereza, gabaritnih dimenzij 6.0 x 2.5 (3.0) m (stebra podpore sta v oblikovnem smislu par).

Stebri so spodaj vpeti v masivne pilotne blazine. Na vrhu stebrov pa sta nameščeni po 2 drsni ležišči, ki sta prečno nepomični. Na vrhu stebra je predviden tudi prostor za dvigalke za zamenjavo ležišč, ter revizijski prostor za pregled ležišč, v notranjosti pa so predvideni jekleni podesti in lestve s hrbtobranom. Dostop do ležišč je omogočen tudi skozi odprtino v spodnji plošči voziščne konstrukcije. V prečnem prerezu je stebel enocelična škatla trapezne oblike z debelino sten od 30 - 40 cm. Stebri so predvideni v betonu MB 45, armirani pa bodo z visoko duktilno rebrasto armaturo RA 500/550. Gradnja stebrov je predvidena z drsnim opažem z dolžino takta do 4.0 m.

### Krajna opornika

Zaradi nedostopnosti in izredno strmega naklona pobočja v območju opornika na ljubljanski strani je predvidena izvedba opornika leve in desne voziščne konstrukcije z zamikom 20 m. Z dano zasnovo opornikov, višina opornika in opornega zidu, ki poteka med opornikoma, ne presega 8 m.

Zamaknjena opornika in oporni zid so temeljeni plitvo v kompaktni skali, temeljni bloki opornikov in opornega zidu pa so zabetonirani kontaktno, kar zagotavlja dodatno stabilnost podpor. Sicer sta opornika predvidena kot masivna, škatlaste oblike, z revizijskim hodnikom pod vodotesno dilatacijo D 720. Na levem oporniku sta predvideni 2 prečno nepomični drsni ležišči P1 7500, na desnem oporniku pa sta predvideni 2 prečno nepomični drsni ležišči P1 7500.

Opornik 13 je skupen za obe prekladni konstrukciji in je globoko temeljen na pilotih premera 118 cm, ki so dolžine od 8 do 11 m. Za opornikom na koprski strani je oporni zid, ki je prav tako globoko temeljen na pilotih. Z dano zasnovo opornika je izvedba enostavna in hitra, brez globokih in širokih izkopov, ki bi nastali v primeru plitvega temeljenja na masivnem stopničasto oblikovanem pasovnem temelju.

Sicer je opornik predviden kot masiven, škatlaste oblike, z revizijskim hodnikom pod vodotesno dilatacijo D 720. Na oporniku ležita voziščni konstrukciji na po 2 drsnih ležiščih P1 6000, ki sta prečno nepomični.



SLIKA 16

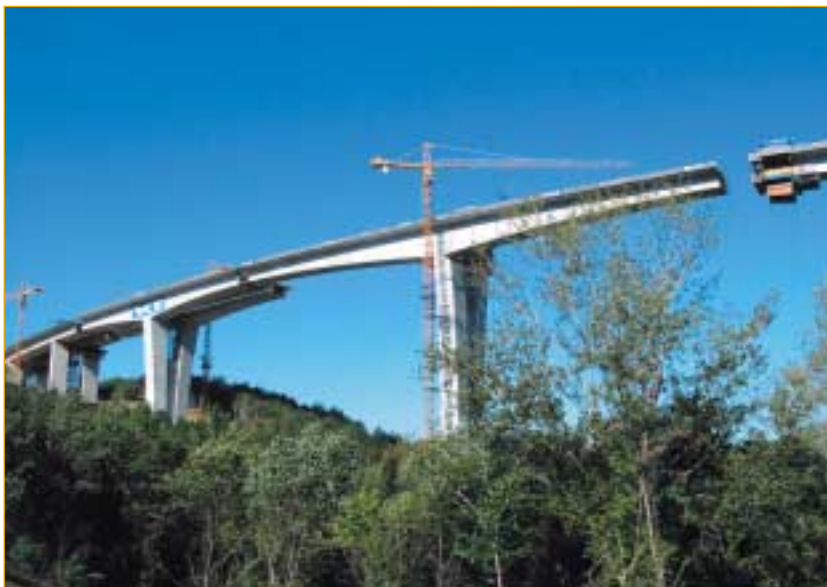
Pogled na opornik 1 ter vkop za zgornjo traso

## 5.0 ZAKLJUČNA MISEL

Viadukt Črni Kal nedvomno predstavlja najzahtevnejši premostitveni objekt, ki se gradi v okviru izgradnje avtocestnega omrežja v Republiki Sloveniji. Pri izvedbi viadukta so vključeni priznani strokovnjaki iz posameznih področij (projektanti, revidenti, nadzorni inženirji, strokovne institucije za izvedbo kontrol in superkontrol vgrajenih materialov) kakor tudi specializirana izvajalska podjetja.

- zahtevno temeljenje in izvedba vodnjakov globine do 21 m,
- gradnja stebrov višine do 90 m s samoplezajočim opažem,
- prosta konzolna gradnja in gradnja visokih stebrov na področju močne burje,
- izvedba nadvišanj konzolnih miz z razponom preko 140 m ob upoštevanju dejanskih reoloških karakteristik betona v skladu s terminskim planom gradnje,
- izredno zahtevne in precizne geodetske meritve
- reološke, elastične in trdnostne preiskave betonov

- izvedba monitoringa v fazi gradnje in v fazi uporabe – kontinuirano izvajanje sinhroniziranih meritev hitrosti vetra, specifičnih deformacij v betonu in armaturi visokih stebrov ter voziščnih konstrukcij
- meritev vibracij in pospeškov v fazi gradnje in uporabe
- izvajanje kontrole kvalitete izvedbe del ter materialov ter
- zahtevne računske linearne in nelinearne analize viadukta v fazi gradnje in fazi uporabe, ob upoštevanju dejanskih karakteristik vgrajenih materialov ter presekov betona in armature zahtevajo od vseh udeležencev, ki so vključeni v realizacijo tega izredno zahtevnega in hkrati referenčnega objekta maksimalen napor ter celodnevno angažiranost.



SLIKA 17

Pogled na steber podpore 6, 7 in že zgrajen pobočni del viadukta

Trdno sem prepričan, da bo uspešna izgradnja viadukta Črni Kal omogočila tako slovenskim projektantom in Inženirju (DDC) kot izvajalskim podjetjem, možnost konkuriranja pri izvedbi najzahtevnejših premostitvenih objektov tudi v tujini, kar je še posebej pomembno za slovensko grdbeno operativno kot celoto, ki se je prilagodila in predvsem sodobno tehnološko opremila za pospešeno gradnjo avtocest v Republiki Sloveniji.

Predstavljena zasnova premostitve krajinsko izredno občutljivega izteka Osapske doline z viaduktom, ki premosti dolino s 5 glavnimi razponi, dolžine do 140 m, predstavlja mirno rešitev tako z oblikovalskega kot konstruktorskega stališča.

Krakasto oblikovani stebri pa so bistveni oblikovni element viadukta in predstavljajo tisti minimalni presežek, ki daje in zagotavlja prepoznavnost največjega slovenskega viadukta med podobnimi že zgrajenimi premostitvenimi objekti v tujini.







