

# GRADBENI VESTNIK

september 2005



GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE IN  
MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE

Poštnino plačana pri pošti 1102 Ljubljana





GRADBENI VESTNIK

Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Karlovska 3, 1000 Ljubljana, telefon/faks 01 422 4622 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani** in **Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**  
izr. **prof. dr. Matjaž Mikoš**  
**Jakob Presečnik**

MSG IZS: **Gorazd Humar**  
**mag. Črtomir Remec**

**doc. dr. Branko Zadnik**  
FGG Ljubljana: **doc. dr. Marijan Žura**  
FG Maribor: **Milan Kuhta**  
ZAG: **prof. dr. Miha Tomaževič**

Glavni in odgovorni urednik:

**prof. dr. Janez Duhovnik**

Sodelavec pri MSG IZS:

**Jan Kristjan Juteršek**

Lektorica:

**Alenka Raič Blažič**

Lektorica angleških povzetkov:

**Darja Okorn**

Tajnica:

**Anka Holobar**

Oblikovalska zasnova:

**Mateja Goršič**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

**Kočevski tisk**

Naklada:

**3000 izvodov**

Podatki o objavah v reviji so navedeni v bibliografskih bazah COBISS in ICONDA (The Int. Construction Database) ter na

<http://www.zveza-dgits.si>

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 5500 SIT; za študente in upokojene 2200 SIT; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 40.687,50 SIT za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80 EUR. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:

02017-0015398955

# Gradbeni vestnik • GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE in MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKO ZBORNICE SLOVENIJE

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774

Ljubljana, september 2005, letnik 54, str. 209-236

## Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

- Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
- Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
- Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.
- Besedilo mora biti izpisano z znaki velikosti 12 pik z dvojnimi presledki med vrsticami.
- Prispevki morajo imeti naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo prispevka.
- Besedilo člankov mora obvezno imeti: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); oznako ali je članek strokoven ali znanstven; nazive, imena in priimke avtorjev ter njihove naslove; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY, in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ..., naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so dodatki označeni še z A, B, C, itn.
- Poglavja in razdelki so lahko oštevilčeni.
- Slike, preglednice in fotografije morajo biti omenjene v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino. Vse slike in fotografije v elektronski obliki (slike v običajnih vektorskih grafičnih formatih, fotografije v formatih .tif ali .jpg visoke ločljivosti) morajo biti v posebnih datotekah, običajne fotografije pa priložene.
- Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
- Kot decimalno ločilo je treba uporabiti vejico.
- Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki: (priimek prvega avtorja, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c, itn.
- V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela opisana z naslednjimi podatki: priimek, ime prvega avtorja (lahko okrajšano), priimki in imena drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
- Način objave je opisan s podatki: **knjige**: založba; **revije**: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; **zborniki**: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; **raziskovalna poročila**: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; **za druge vrste virov**: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
- Prispevke je treba poslati glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku na naslov: FGG, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA oz. janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V spremnem dopisu mora avtor članka napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren. Prispevke je treba poslati v enem izvodu na papirju in v elektronski obliki v formatu MS WORD in v 8. točki določenih grafičnih formatih.

Uredništvo



# Vsebina • Contents

## Članki • Papers

stran **210**

Viktor Markelj, univ. dipl. inž. grad.,  
Rok Mlakar, univ. dipl. inž. grad.,  
Dušan Rožič, univ. dipl. inž. grad.

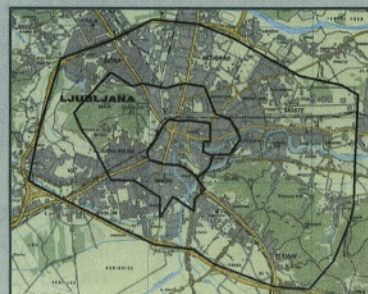
### **MOST ZA PEŠCE IN KOLESARJE PREKO DRAVE V MARIBORU – PRVONAGRAJENA NATEČAJNA REŠITEV** PEDESTRIAN BRIDGE OVER DRAVA RIVER IN MARIBOR – PRIZEWINNING COMPETITION DESIGN



stran **218**

doc. dr. Marijan Žura, univ. dipl. inž. grad.,  
mag. Jure Kostanjšek, univ. dipl. inž. grad.

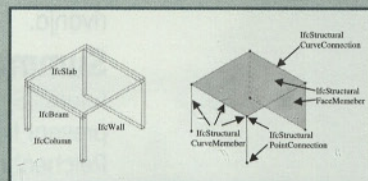
### **POSODOBITEV PARKIRNIH NORMATIVOV ZA MESTO LJUBLJANA** UPDATE OF PARKING STANDARDS FOR THE CITY OF LJUBLJANA



stran **224**

Tomaž Pazlar, univ. dipl. inž. grad.

### **PREGLED RAZŠIRITEV STANDARDA IFC NA PODROČJE STATIČNE ANALIZE KONSTRUKCIJ** IFC EXTENSIONS FOR THE STRUCTURAL ANALYSIS



## Vabilo

### **27. ZBOROVANJE GRADBENIH KONSTRUKTORJEV SLOVENIJE**

## Koledar prireditev

J. K. Juteršek, univ. dipl. inž. grad.

Slika na naslovnici: 3D vizualizacija nove Studenske brvi čez Dravo v Mariboru,  
izdelano v Reichenberg Arhitektura Maribor



# MOST ZA PEŠCE IN KOLESARJE PREKO DRAVE V MARIBORU – PRVONAGRAJENA NATEČAJNA REŠITEV

## PEDESTRIAN BRIDGE OVER DRAVA RIVER IN MARIBOR – PRIZEWINNING COMPETITION DESIGN

**Viktor Markelj, univ. dipl. inž. grad.,**  
**Rok Mlakar, univ. dipl. inž. grad.,**  
**Dušan Rožič, univ. dipl. inž. grad.**  
Projektivni biro Ponting d. o. o., Maribor

**Strokovni članek**  
UDK 625.745.1

**Povzetek** | V prispevku je prikazana zasnova in tehnična rešitev bodoče Studenske brvi preko reke Drave v Mariboru, ki bo zamenjala dotrajano obstoječo brv na istem mestu. Na državnem javnem anonimnem natečaju, ki ga je septembra lani izpeljala Mestna občina Maribor, ki je tudi investitor projekta, je bila izbrana rešitev, ki smo jo v sodelovanju z arhitekturnim ateljejem Reichenberg Arhitektura iz Maribora izdelali v projektivnem biroju Ponting d.o.o. Novi most za pešce je zasnovan kot prostorsko jekleno paličje preko treh enakih razponov po 42 m (obstoječe podpore), skupne dolžine ca. 130 m in konstrukcijske višine 2,05 m. Širina mostu se spreminja od min. 3 m na sredini mostu do 5 m oziroma (2 . 2 + 1) m nad krajnimi podporami, svetla višina pod brvjo pa znaša min. 3 m. Gradnja objekta bo potekala s segmentno tehnologijo postopnega naraščanja.

**Summary** | The paper presents the conceptual design and technical solution of the future "Studenška brv" footbridge over Drava River in Maribor, which is to replace the present tired bridge at the same location. Ponting consulting engineering bureau and Reichenberg architecture atelier from Maribor won the first prize at the open national anonymous design competition for the bridge solutions, lead by the Maribor city community, being also the main investor, in September 2004. The new footbridge is designed as a 2,05 m deep space truss structure over three spans of 42 m, measuring ca. 130 m in length. The bridge changes in width from min. 3 m in the middle of the bridge, to 5 m respectively (2 . 2 + 1) m, at the abutments. The clear opening beneath the structure amounts min. 3 m. The bridge is to be build by incremental launching method.

### 1 • UVOD

Studenška brv ali "Mali most", kot ga imenujemo Mariborčani, ima v mestni zgodovini in v srcih ljudi iz mesta ob Dravi poseben prostor. Most za pešce, ki premošča reko Dravo na zgornjem robu mariborskega Lenta, danes žal kaže dokaj klavno podobo. Izgublja se v sivi podobi utrujene in dotrajane konstrukcije, ki pešcu komaj omogoča varen prehod preko reke in ga ne malokdaj

pusti ravnodušnega, če ne celo razočaranega.

Na srečo je Mali most tik pred celovito prenovno, saj se je Mestna občina Maribor odločila, da namesto sanacije skoraj popolnoma dotrajane obstoječe Studenske brvi zgradi novo.

Za pridobitev ustreznih rešitev je Mestna občina Maribor v sodelovanju z Zbornico za

arhitekturo in prostor Slovenije in Društvom arhitektov Maribor septembra 2004 razpisala in izpeljala javni, državni, anonimni, enostopenjski, projektni natečaj za idejno arhitekturno-konstrukcijsko rešitev Studenske brvi čez reko Dravo v Mariboru ter arhitekturno-urbanistično ureditev desno-obrežnega dostopa do brvi iz Ruške ulice. Cilj natečaja je bil, da se na podlagi izbora najustreznejše rešitve pridobi projektna skupina za nadaljnjo izdelavo izvedbene projektne dokumentacije za Studensko brv in s tem podlage za ureditev desnega



dravskega nabrežja in dostopa do brvi iz Ruške ulice.

Skupno je bilo na natečaju oddanih 6 elabo-

ratov, strokovna ocenjevalna žirija pa se je prepričljivo odločila, da prvo nagrado podeli elaboratu, ki smo ga izdelali v podjetju

Ponting inženirski biro d.o.o. v sodelovanju z arhitekturnim ateljejem Reichenberg Arhitektura iz Maribora.

## 2 • ZGODOVINA STUDENŠKE BRVI

Edini sedanji mariborski most, ki premošča Dravo na spodnjem nivoju – Studenška brv, ima pestro zgodovino. Za povezavo obrata

Južnih železnic in velike stanovanjske kolonije (1864–1868) z mestom je bila 1885 zgrajena brv na sedanji lokaciji. Brv je imela

tri prostoležeče ločno oblikovane palične nosilce z dvema lesenima stebriščema v Dravi. Narasla Drava je leta 1903 brv odnesla, pri čemer sta utonila tudi dva mestna stražnika. Mestna občina je brv naslednje leto obnovila z novimi zidanimi stebri v strugi reke Drave (slika 1).



Slika 1 • Nekaj predvojnih razglednic brvi



Na začetku vojne leta 1941 je jugoslovanska vojska brv razstrelila, okupator pa jo je ob-

novil in jo uporabljal do leta 1945. Poleti 1946 je zaradi izgradnje elektrarne Maribor-

ski otok narasla Drava brv zopet odnesla (slika 2).



Slika 2 • Porušena brv



Septembra 1948 so postavili novo brv v taki obliki, kot stoji še danes. Gre za dva jeklena polnostenska nosilca, ki se uporabljata tudi

kot ograja. V statičnem smislu je konstrukcija Gerberjev nosilec s členki v vmesnem polju s tremi razponi po dobrih 42 m ter svetle širine

približno 3 m. Na prečnih leži tanka betonska plošča z asfaltom kot pohodna površina (slika 3).



Slika 3 • Danes je brv prenizka in dotrajana do te mere, da obnova ni smiselna





### 3 • ZMAGOVALNA NATEČAJNA REŠITEV 42671 – KONSTRUKCIJSKA ZASNOVA BRVI

- **Sekundarna jeklena konstrukcija**, ki se montira na gradbišču na glavno konstrukcijo in podpira pohodno ploščo in ograjo. Ta konstrukcija je na glavno v celoti privijačena, zaščitena pa z vročim cinkanjem ali pa izdelana iz nerjavnega jekla.
- **Pohodna plošča**, ki je lahko lesena ali betonska.

#### 3.2 Glavna konstrukcija

Glavna konstrukcija je prostorsko jekleno paličje, sestavljeno iz treh vzdolžnih cevi, ena cev za zgornji pas in dve cevi z vmesnimi diagonalami in prečkami za spodnji pas. Paličje poteka neprekinjeno preko obstoječih podpor z razponi v osi konstrukcije  $42 + 42 + 42 = 126$  m.

Trije enaki razponi so posledica prvotne konstrukcije mostu (3 prostoležeči nosilci) in niso najbolj ugodni za neprekinjeno konstrukcijo. Večje deformacije v krajnih poljih lahko rešujemo z nadvišanjem ali večjo težo v srednjem polju (npr. injektiranje dela nosilnih cevi z betonom). Večjim osnim silam na kritičnih mestih se prilagajamo z različno debelimi stenami cevi.

Slika 4 • 3D vizualizacija bodoče Studenske brvi

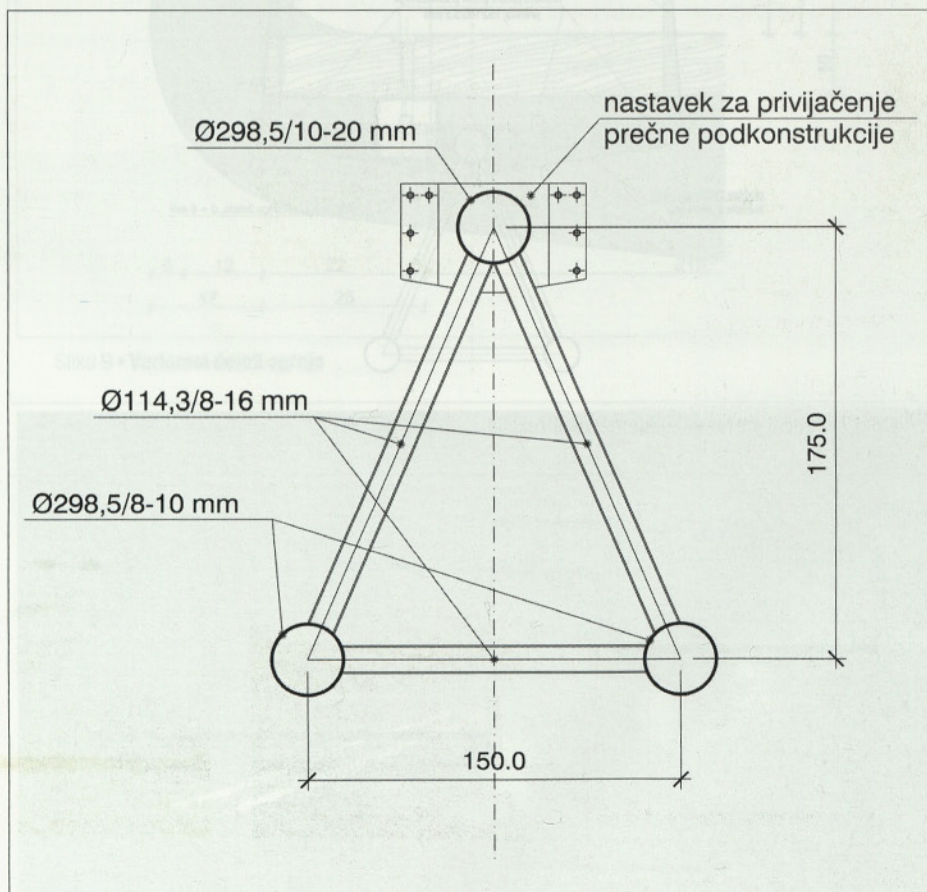
#### 3.1 Splošno

Tako kot sedanja bo tudi nova brv namenjena izključno pešcem in kolesarjem. Niveleta brvi bo v konveksni vertikalni zaokrožitvi  $R = 4.000$  m, s simetričnimi vstopnimi tangentami v naklonu 5 % (slika 4). Nakloni na brvi se že po nekaj metrih zmanjšajo. Svetla višina pod konstrukcijo znaša min 3 m v krajnih poljih in min 3,35 m v srednjem polju. Tlorisno bo brv v premi s svetlim prečnim profilom 3 m, ki se na krajši razdalji na obeh koncih mostu razcepi na dva dela po  $2 \cdot 2$  m (variantno tudi  $2 \cdot 2,5$  m).

Glavno nosilno konstrukcijo, ki z rahlim vzpenjanjem pohodne površine izgine pešcu pod nogami, smo postavili v sredino. Pri oporniku smo pohodno površino razdelili na dva dela, obe hojnici se nato proti sredini mostu na koncu krajnih polj združita in tako nastane skupna pohodna površina nad sredino reke Drave.

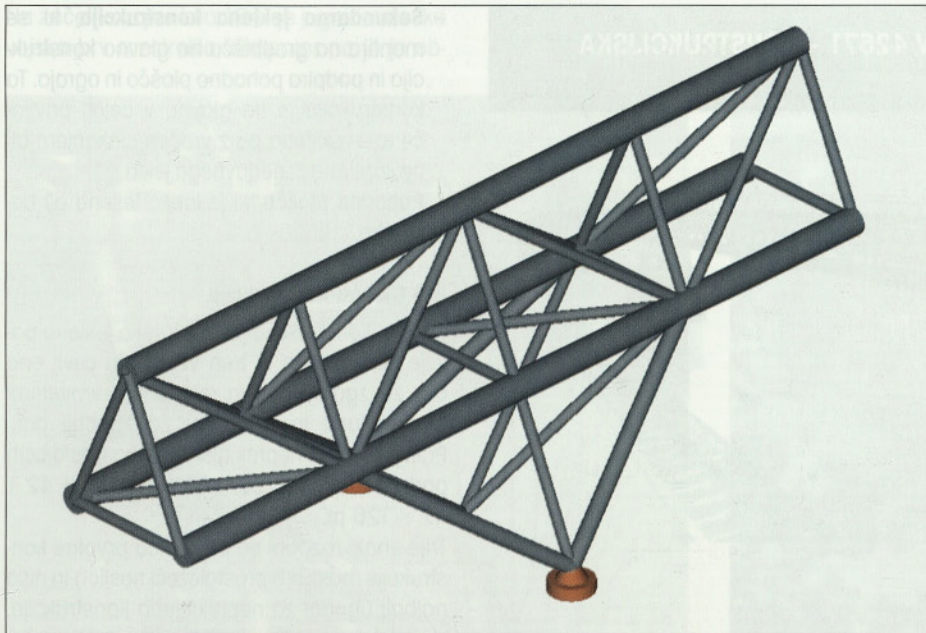
Prekladna konstrukcija brvi sestoji iz treh delov:

- **Glavna jeklena konstrukcija**, ki je zvarjena in izdelana v delavnici v delih, ki so primerni za transport in za dokončno sestavljanje na gradbišču. Ta konstrukcija je izdelana iz konstrukcijskega jekla St 52-3 ter je zaščitena z antikorozijskimi premazi in končnim barvnim oplaškom.

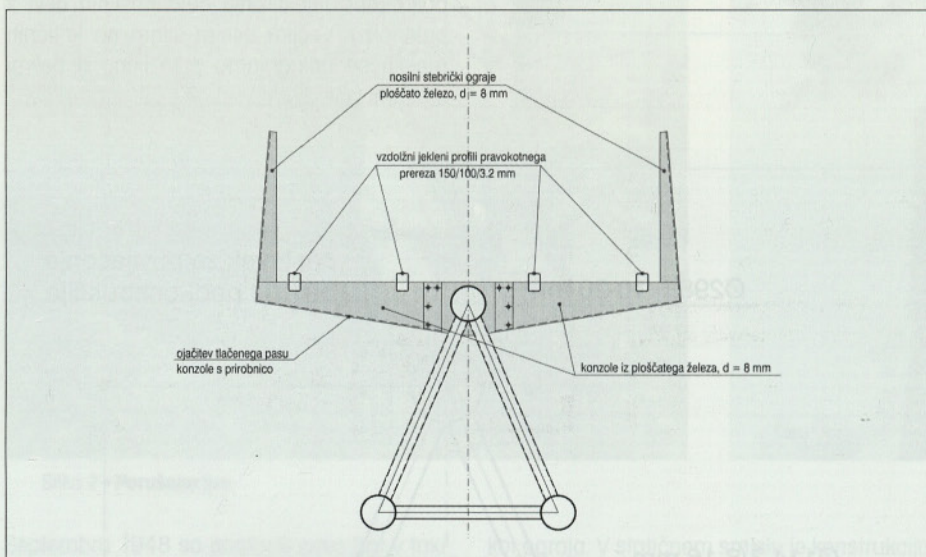


Slika 5 • Prečni prerez glavne konstrukcije

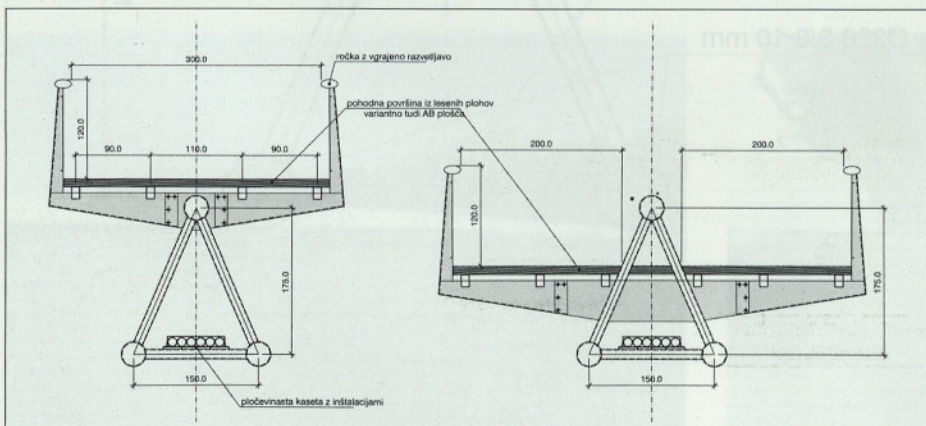




Slika 6 • Detajl glavne konstrukcije nad vmesno podporo



Slika 7 • Prečni prerez sekundarne konstrukcije



Slika 8 • Prerez na sredini srednjega polja in razširjeni prerez tik pred opornikom

Trikotno zasnovani prečni prerez je na zunaj enak po celotni dolžini objekta (slika 5), le nad vmesnimi podporami je dodan trikotno oblikovan podstavek, ki v vzdolžni smeri zmanjša skrajne obremenitve nad podporo, v prečni smeri pa ustvari dovolj široko podpiranje za primerno prečno in torzijsko togost (slika 6). Osni razmak zgornjega in spodnjega pasu je 1,75 m, kar daje skupno konstrukcijsko višino 2,05 m, spodnji pasnici pa sta razmaknjeni za 1,50 m.

Glavna konstrukcija je nadvišana s konstantno zakrivljenostjo  $R = 4.000$  m. Prečke med spodnjim in zgornjim pasom so nameščene v ravnini pravokotno na os glavne konstrukcije. Zato so dolžine prečk enake po celotni dolžini mostu. Isto velja tudi za dolžine diagonal, kar poenostavi in poceni izdelavo.

Vse cevi so okrogle:

zgornji pas: 1 cev  $\varnothing 298,5$  mm, debeline sten 10–20 mm

spodnji pas: 2 cevi  $\varnothing 298,5$  mm, debelina sten 8–10 mm

diagonale cevi  $\varnothing 114,3$  mm in prečke: debelina sten 8–16 mm

elementi pri  $\varnothing 190$  mm, podporah:  $\varnothing 318$  mm

### 3.3 Sekundarna konstrukcija – rebra

Ogradje, ki podpira pohodno ploščo, je branasta konstrukcija in se v celoti montira na glavno konstrukcijo, ko je ta že na svojem končnem mestu (slika 7). Na pripravljene nastavke se pritrdijo konzole skupaj z nosilnimi stebrički ograje, sledi še montaža vzdolžnikov, zavetrovanja in pohodne površine. Pohodna površina je predvidena v leseni izvedbi, možna pa je tudi izvedba v betonu. Konzole s stebrički so narejene iz ploščatega jekla  $d = 8$  mm s prirobnico na tlačnem robu. Prirobnica je lahko ploščato jeklo ali dovarjena okrogla cev.

### 3.4 Materiali in zaščita

glavna konstrukcija S 355 J2G3 (St 52-3 N, Č.0563) zaščiten s premazi skupne debeline min 240  $\mu$ m v sivi kovinski barvi (ali po naknadni barvni študiji)

sekundarna konstrukcija S 355 J2G3 (St 52-3 N, Č.0563) vroče cinkano ali nerjavno RF 1.4301 barva cinkanja (srebrno)



### 3.5 Podporna konstrukcija

Oporniki in stebri v rečni strugi se sanirajo skladno z že narejenim projektom (injektiranje, jeklene plašč ipd.). Zgornji deli podpor dobijo nove AB kape in se višinsko prilagodijo novi konstrukciji, oporniki pa tudi po širini. Kljub sanaciji podpor je smiselno ohraniti velikost obtežbe, saj lahko večja stalna obtežba povzroča dodatne deformacije temeljnih tal, manjša stalna obtežba pa zmanjšuje varnost proti prevrnitvi.

### 3.6 Oprema in detajli

Ograja je visoka 1,2 m, kar zagotavlja varnost kolesarjev (slika 8). Stebrički ograje so v rastru 2,2 do 2,3 m in so sestavni del sekundarne konstrukcije (rebra). Polnila so horizontalne palice ali mreža med okvirji. Širok naslon skriva razsvetljavo ter onemogoča plezanje otrok preko ograje.

Možno je tudi drugačno oblikovanje ograje (slika 9):

#### Odvodnja

Odvodnja v primeru lesene pohodne površine ni potrebna, ker so plohi razmaknjeni. Pri AB plošči vodo zbiramo z izlivniki odkoder odteka v Dravo.

#### Ležišča in dilatacije

Ležišča so usklajena z zasnovo prenosa horizontalnih in vertikalnih obtežb ter so lahko neoprenska, kovinska ali mala lončna:

opornik 1 in 4 2 x P1 300 kN (vzdolžno pomična, prečno nepomična)  
 podpora 2 in 3 2 x P 600 kN (nepomična ležišča)

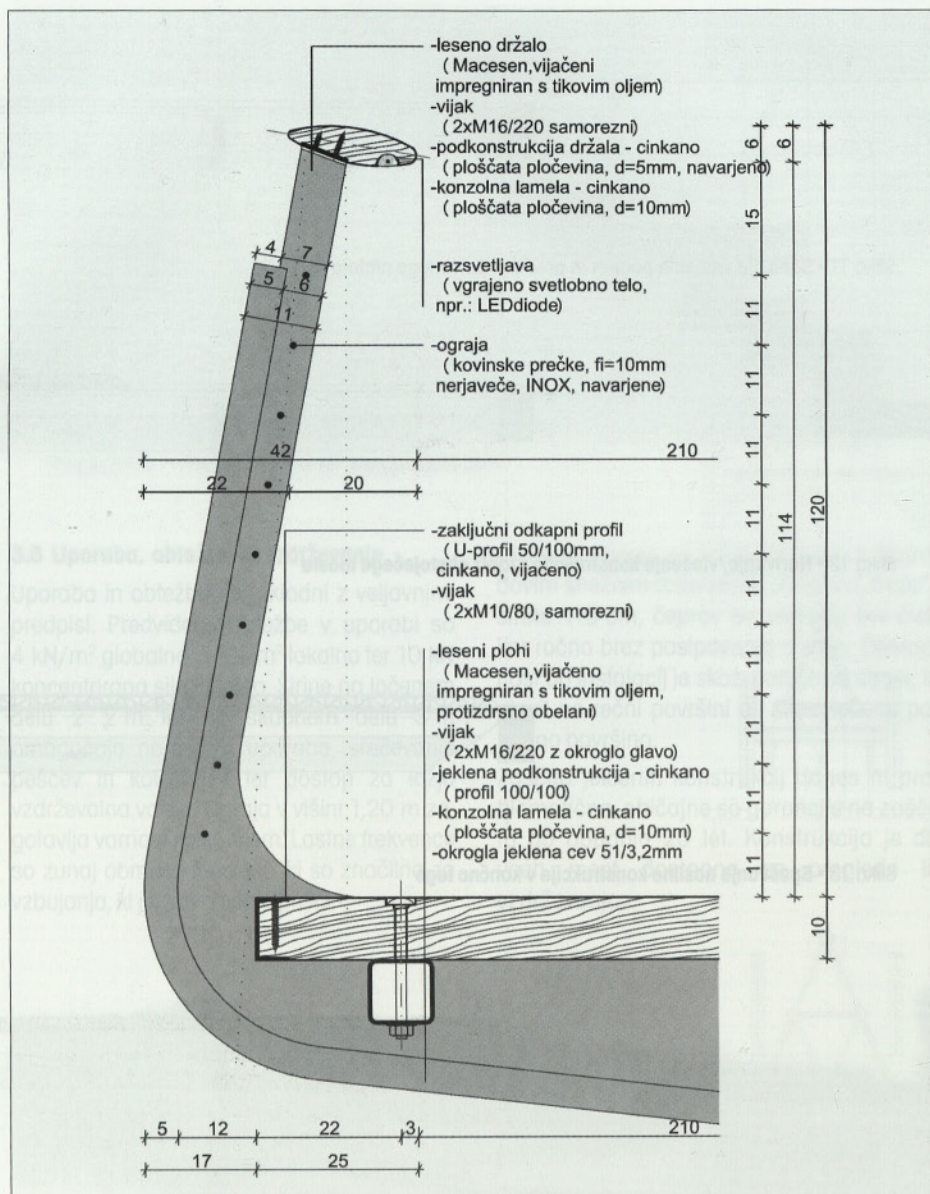
Dilataciji v primeru lesenega krova prekrijemo z nerjavno pločevino in ustreznim žlebom, v primeru AB plošče pa je dilatacija lahko tudi v vodotesni izvedbi. Maksimalni skrček znaša 31 mm, maksimalni raztezek pa 21 mm.

#### Razsvetljava mostu

Oba vstopa na brv se osvetlita z uličnimi svetilkami in belim svetilom na koncu zgornje cevi nosilne konstrukcije. vzdolž brvi razsvetljujemo s svetili, vgrajenimi v ograjo (po možnosti LED), konstrukcija pa je s strani še dodatno osvetljena z reflektorji na obeh vmesnih podporah in tako jasno vidna in svetla tudi ponoči (slika 10).

#### Instalacije

Vse instalacije se namestijo v ravnino spodnje pasnice med obe cevi v pločevinasto kaseto. V natečajnem gradivu so bili predvideni 3 x Energetski kabli VN, 1 x Cu in 2 x TK vodi.

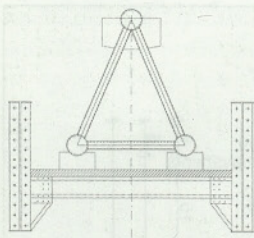


Slika 9 • Variantni detajl ograje

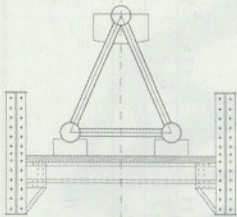
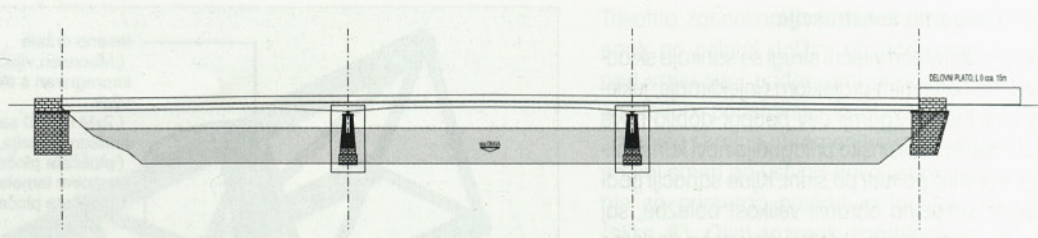


Slika 10 • 3D vizualizacija nočne panorame brvi

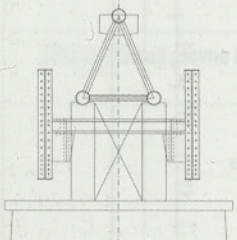
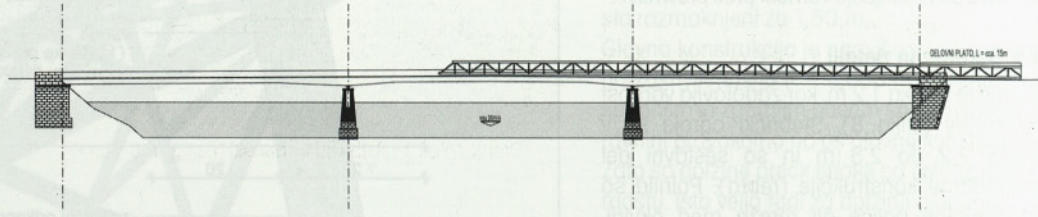




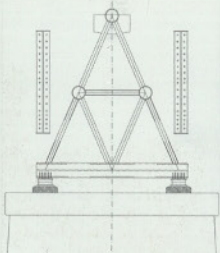
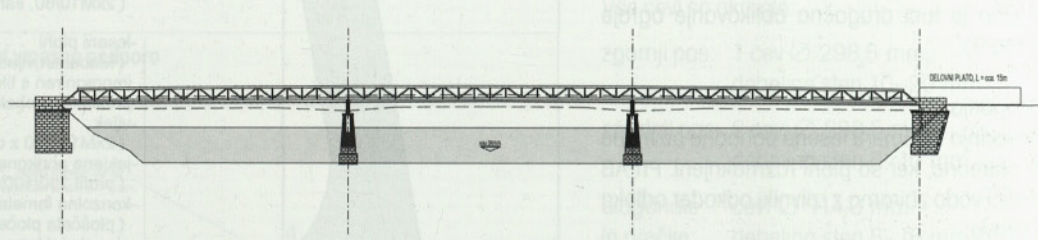
Slika 11 • Sanacija vmesnih podpor in ureditev delovnega platoja



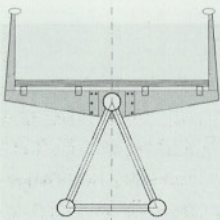
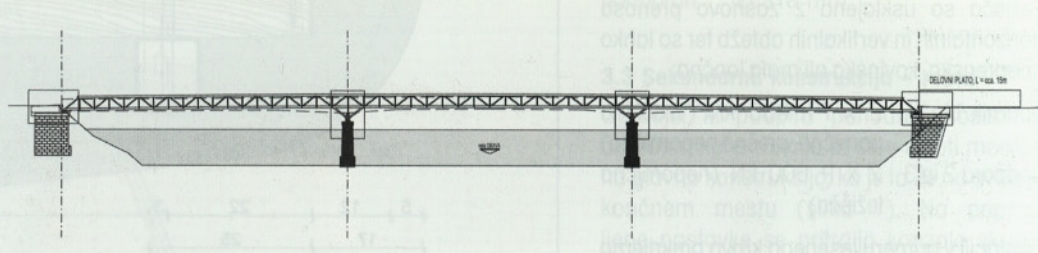
Slika 12 • Narivanje/vlečenje konstrukcije vzdolž obstoječega mostu



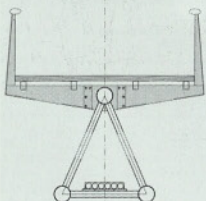
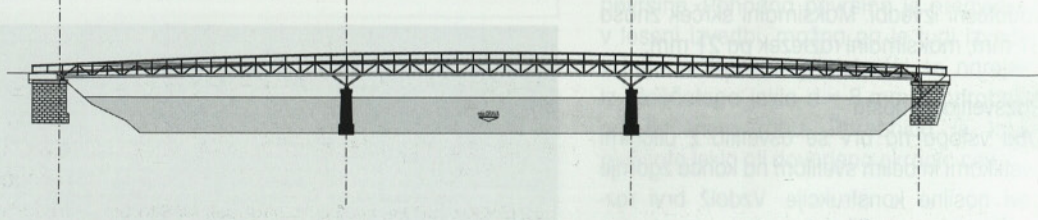
Slika 13 • Spuščanje nosilne konstrukcije v končno lego



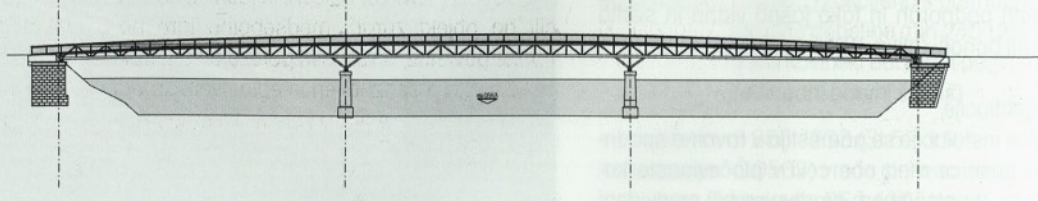
Slika 14 • Podpiranje nosilne konstrukcije in končna sanacija vmesnih in krajnih podpor



Slika 15 • Dokončna odstranitev obstoječe (stare) konstrukcije



Slika 16 • Finalizacija objekta





### 3.7 Gradnja

#### Tehnologija grajenja

Glavna konstrukcija iz okroglih jeklenih cevi se izdelava v delavnici v 13 segmentih dolžine do 10,5 m (L/4) in dveh dodatnih trikotnih podpornih segmentov. Segmenti se dostavljajo zaporedoma na ploščad za sestavljanje, ki se izvede na levem bregu. Sočasno poteka sanacija vmesnih podpor (slika 11). Na delovni ploščadi se novi segmenti varijo (ali vijajo) k predhodnim elementom in s pomočjo hidravlike potiskajo ali vlečejo na drugo stran po obstoječem objektu (slika 12). Delitev konstrukcije na glavno in sekundarno konstrukcijo je zmanjšala prečno dimenzijo konstrukcije do te mere, da je omogočena montaža na obstoječem objektu.

Po izvedbi se trikotno paličje začasno podpre in spusti na končno višino skozi delno odstranjeno obstoječo konstrukcijo (slika 13). Nato se montirajo podporni segmenti paličja nad vmesnimi stebri, dokončno se sanirajo vmesne podpore in oporniki ter montirajo in podlijejo ležišča (slika 14). Sledi demontaža starega objekta, pri čemer je v pomoč nova konstrukcija (slika 15). Končno sledi še montaža sekundarne konstrukcije ter finalizacija objekta z ograjo, instalacijami in razsvetljavo (slika 16).

#### Terminski plan

Približni terminski plan graditve brvi kaže preglednica 1:

#### Investicijska vrednost

Sanacija podporne konstrukcije bi se izvedla po obstoječem projektu. Prekladna konstrukcija nove brvi bi stala 124 mio SIT, ureditev desnega brega pa po oceni 50 mio SIT (vse z DDV).

Aktivnost	Meseci									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Projekt IPD/PGD										
Projekt PZI / delavniška dok										
Priprava gradbišča										
Sanacija podporne konstrukcije										
Izdelava jeklene konstrukcije										
Montaža glavne jekl. konstrukcije										
Demontaža obstoječe brvi										
Montaža sekundarne konstrukcije										
Izvedba pohodne površine										
Finalizacija										

Preglednica 1 • Približni terminski plan graditve brvi

### 3.8 Uporaba, obtežba in vzdrževanje

Uporaba in obtežba sta skladni z veljavnimi predpisi. Predvidene obtežbe v uporabi so 4 kN/m<sup>2</sup> globalno, 5 kN/m<sup>2</sup> lokalno ter 10 kN koncentrirana sila lokalno. Širine na ločenem delu 2,2 m ter na skupnem delu 3 m omogočajo normalno uporabo, srečevanje pešcev in kolesarjev ter dostop za lažja vzdrževalna vozila. Ograja v višini 1,20 m zagotavlja varnost kolesarjem. Lastne frekvence so zunaj območij frekvenc, ki so značilna za vzbujanja, ki jih povzročajo pešci.

Čiščenje snega se lahko opravlja s Nigradovim snežnim rotacijskim plugom („frez“) širine 110 cm, čeprav se sedanja brv čisti kar ročno brez posipavanja s soljo. Dostopnost do instalacij je skozi paličje od strani, iz plovil na rečni površini ali skozi leseno pohodno površino.

Zaščita jeklenih konstrukcij danes ni problematična, običajne so garancije na zaščito do obdobja 20 let. Konstrukcija je do vseh mest dostopna za preglede in vzdrževanja.



Slika 17 • 3D vizualizacija panorame nove brvi

## 4 • SKLEP

Mostovi za pešce ponujajo inženirju in arhitektu veliko več možnosti za kreativno izražanje kot cestni mostovi in drugi zahtevni inženirski objekti. Prednosti se izražajo predvsem v manjših obtežbah, manjši investicijski vrednosti, ki omogoča večji razpon v izbiri vgradnih materialov in pa seveda večji izpostavljenosti objekta glede na uporabnika, kar narekuje inženirju

beg iz vsakdana in kliče po izbirčnosti ter skoraj nujni kreativnosti in inovativnosti. Nova Studenska brv bo izžarevala vse to (slika 17). Kljub sorazmerno enostavni in jasni konstrukciji bo objekt zaradi medsebojne igre pohodne površine, nivelete in položaja konstrukcije izrazito prepoznaven in edinstven. Zaradi transparentnosti palične konstrukcije, uravno-

teženosti lege in simetrije pa je hkrati nevtralen do okolja in dravskih vedut. Nosilna mostna konstrukcija je izpostavljena dotiku in omogoča pešču neposreden stik z najnovjšimi trendi in dosežki v gradbeni in arhitekturni stroki.

Izvirna zasnova je poleg atraktivne oblike omogočila tudi zanimiv in gospodaren način izgradnje novega ter razgradnje starega mostu. Tako zgrajen most je ekonomičen in trajen, možna pa je tudi fazna gradnja s postopnim investiranjem.



# POSODOBITEV PARKIRNIH NORMATIVOV ZA MESTO LJUBLJANA

## UPDATE OF PARKING STANDARDS FOR THE CITY OF LJUBLJANA

**doc. dr. Marijan Žura, univ. dipl. inž. grad.,  
mag. Jure Kostanjšek, univ. dipl. inž. grad.**

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo  
Prometnotehniški inštitut  
Jamova 2, 1000 Ljubljana  
mzura@fgg.uni-lj.si, jk@fgg.uni-lj.si

**Strokovni članek**  
UDK 656.053

**Povzetek** | Potrebe po parkirnih prostorih so iz dneva v dan večje. Povečan osebni motorni promet povzroča težave mestnim oblastem, planerjem, urbanistom, prometnim strokovnjakom in drugim, ki so odgovorni za promet in prostorski razvoj mest, tako v Ljubljani kot tudi vseh drugih mestih. Hkrati z razvojem motorizacije so se spremenili tudi nekateri parametri, s katerimi se določa potrebe po številu parkirnih mest za posamezno vrsto rabe prostora. Zato so se pristojne mestne službe odločile in naročile raziskavo, s katero bi ugotovili nove dejavnike, ki generirajo potovanja in glede nanje izbrali oziroma določili nove parkirne normative za različne rabe prostora v mestu.

**Summary** | Parking demand has been constantly growing in recent years. Increased personal vehicle traffic causes problems to city authorities, planners, transportation engineers and others responsible for traffic and spatial development in the city of Ljubljana as well as in other cities. Increasing the number of parking lots is not always possible or is not a reasonable solution. Due to many restrictions in cities, planners have to find other solutions in terms of transport policy measures and city spatial development plans. The City of Ljubljana has decided to update existing parking standards due to changed and fast growing conditions in traffic demand in recent years. The idea was to find out new trip generation factors and to update parking standards for different kinds of land-use. The paper describes the method of setting the new parking standards for Ljubljana, Slovenia.

### 1 • UVOD

Potrebe po parkirnih prostorih so iz dneva v dan večje. Povečan osebni motorni promet povzroča težave mestnim oblastem, planerjem, urbanistom, prometnim strokovnjakom in drugim, ki so odgovorni za prostorski razvoj mest in promet v njih. Seveda pa povečevanje števila parkirnih mest ni edini primeren ali zaželen ukrep. V urbanih območjih so, tudi zaradi prostorskih omejitev, cen zemljišč ter mnogih drugih dejavnikov, potrebne drugačne rešitve, pogojene s cilji prometne politike in stopnjo njihove uresničitve (razvoj nemotoriziranih in javnih prevoznih sredstev,

nadzor mirujočega prometa, ...) in politike razvoja mesta (zvišanje gostote poselitve, stimuliranje ekonomske aktivnosti v centru mesta, ...). Ker pri vsem tem Ljubljana še močno zaostaja, je nujno, da se posodobi vsaj parkirne normative za različno rabo prostora v mestu, za katere so odločilni dejavniki, ki vplivajo na število potovanj. Le-te generirajo posamezne dejavnosti v mestu. Obstoječi Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin (PTI, 1991) so namreč deloma zastareli. Razmere so se spremenile, zato je bilo treba faktorje

generacije potovanj novelirati in razširiti tudi vrsto rabe površin. Mestna občina Ljubljana je zato naročila raziskovalno nalogo, ki naj bi upoštevala navedeno (PTI, 2003).

Neprimerno določeni parkirni normativi oziroma neuskkljenost med povpraševanjem po parkiranju in parkirno ponudbo ima negativne posledice. Preveč parkirnih prostorov zmanjšuje ekonomsko upravičenost investicije in destimulira uporabo osebnemu avtomobilu alternativnih prevoznih sredstev (peš, kolo, javni prevoz). To ima za posledico slabšo kakovost življenja v mestu (draga vlaganja v cestno infrastrukturo, hrup, onesnaževanje okolja, prometne nesreče, ipd.). Nezadostno število parkirnih prostorov pa po drugi strani praviloma povzroči zastoje



in celo upadanje ekonomskega razvoja posameznih delov mesta (npr. poslovno odmiranje centra mesta) in parkiranje na površinah, ki niso predvidene za ta namen (npr. zelenice, parkiranje v sosednjih stanovanjskih ulicah).

Določanje parkirnih normativov v Evropi se spreminja. Vse več mest se odloča za uporabo parkirnih normativov, ki so postali orodje

prometne politike ter definira maksimalno število potrebnih parkirnih mest. Le-to je poleg same rabe prostora odvisno tudi od oddaljenosti posamezne lokacije od strogega centra mesta, dostopnosti javnega prometa ter drugih dejavnikov. Še vedno pa je za določene rabe prostora potrebno zahtevati tudi minimalno število parkirnih mest, ki jih investitorji morajo zagotoviti. Ob trendu pre-

hoda od minimalnih k maksimalnim normativom bi bilo seveda potrebno analizirati, kakšno urbanistično in prometno politiko uredničujejo mesta, ki omejujejo parkirno ponudbo. Z omejevanjem parkirnih mest destimuliramo rabo osebnega vozila, kar zahteva ureditev in uveljavitev drugih oblik (javnega) prevoza, ki ustrezno nadomeščajo osebno vozilo.

## 2 • KAJ SO PARKIRNI NORMATIVI?

Parkirni normativi so predpis za uravnavanje parkirne ponudbe in posredno tudi parkirnega povpraševanja. Pristojni organi predpišejo minimalno in/ali maksimalno število parkirnih mest, namenjeno različnim rabam prostora. Število predpisanih parkirnih mest je odvisno od vrste rabe prostora, od politike skupnosti in njenih organov in tudi drugih dejavnikov. Poslovna in trgovska dejavnost najbolj povečujeta potrebe po parkirnih površinah, ki naj bi bile namenjene njunim uporabnikom.

Z večanjem potrebe po kontroli negativnih vplivov prometa se povečuje potreba po uvajanju parkirnih normativov. Parkirni normativi pa lahko postanejo tudi predmet spora med mestnimi oblastmi in investitorji

Povpraševanje po parkirnih mestih je praviloma vedno večje od ponudbe, saj je zagotavljanje parkirnih mest za vse potrebe fizično neizvedljivo in ekonomsko neupravičeno. Pri tem ob koničnih obremenitvah povpraševanje presega zmogljivost parkirnih mest. Da bi bil ta pojav primerno upoštevan in usklajen, je z deležem v času, ko je zmogljivost presežena, povezano tudi načrtovanje ponudbe parkirnih površin.

Parkirno povpraševanje (parking demand) predstavlja potrebo po parkirnih površinah, ki je odvisna od časa v dnevu, lokacije ter cene parkiranja in predstavlja najpomembnejši dejavnik pri spoznavanju in reševanju parkirnih težav.

Povpraševanje je predvsem odvisno od:

- lastništva vozil,
- števila potovanj,
- izbire prevoznega sredstva,
- časa trajanja potovanj,
- lokacije,
- možnosti izbire drugih prometnih sredstev,
- namena potovanja,
- cene goriva,
- cene parkiranja.

Konice in cikli, ki so zelo pomembni za določitev normativov, se razlikujejo glede na vrsto rabe prostora. V poslovnih območjih so konice ob delavnikih čez dan, na območjih rabe prostora za zabavo in kulturne dejavnosti pa v večernih urah in predvsem ob koncih tedna.

Parkirno povpraševanje pa lahko povzročajo tudi:

- uvedba novih linij javnega prometa, novega prevoznega sredstva,
- sprememba rabe prostora (novogradnje nadomestijo stare rabe) in
- demografske spremembe in spremembe načina življenja.

Razlike obstajajo tudi med vrstami uporabnikov parkirnih površin. Eni uporabljajo parkirna mesta za dolgočasno parkiranje in je za zanje cena parkiranja zelo pomembna. Drugi pa želijo parkirati čim bližje svojemu cilju (npr. kupci v trgovinah), čeprav bodo plačali za parkiranje nekaj več, ali pa tako parkiranje narekuje narava njihovega dela (npr. dostava).

Oddaljenost parkirnega prostora od cilja potovanja je zato v tesni povezavi z namenom potovanja in vrsto uporabnika. V preglednici 1 so navedene primerne razdalje za različne rabe prostora.

Parkiranje tik na mestu	Minimalna razdalja	Srednja razdalja	Velika razdalja
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Invalidi</li> <li>• Dostava</li> <li>• Urgentne službe</li> <li>• Trgovine s hrano</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Neživilske trgovine</li> <li>• Storitve</li> <li>• Zdravstvene ustanove</li> <li>• Stanovalci</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Trgovine</li> <li>• Restavracije</li> <li>• Zaposleni</li> <li>• Kulturne dejavnosti</li> <li>• Cerkve</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Letališča</li> <li>• Športni in kulturni dogodki</li> <li>• Park &amp; Ride</li> </ul>

Preglednica 1 • Oddaljenost parkirnih mest glede na rabo prostora

Parkirno mesto v strogem centru naj ne bi bilo oddaljeno več kot 700 m od cilja potovanja,

kar je največja še sprejemljiva peš razdalja, ki pa je odvisna tudi od velikosti mesta.

## 3 • POSTOPEK IZRAČUNA NORMATIVA

Normativi so povprečje parkirnih potreb, izračunanih na osnovi zbranih podatkov na več obstoječih lokacijah posamezne vrste rabe prostora. Podatki, ki so potrebni za izračun potreb na posamezni lokaciji, so za vzorčni primer navedeni v preglednici 2.

Na podlagi teh podatkov izračunamo: Faktor atrakcije potovanj na dan:  $4147 \text{ potovanj} / 8660 \text{ m}^2 = 0,4788 \text{ potovanj} / \text{m}^2 \text{ površine}$   
 $4147 \text{ potovanj} / 85 \text{ zaposlenih} = 48,788 \text{ potovanj} / \text{zaposlenega}$

Faktor atrakcije potovanj z vozili na dan:  
 $3051 \text{ vozil} / 8660 \text{ m}^2 = 0,352 \text{ vozil} / \text{m}^2 \text{ površine}$   
 $3051 \text{ vozil} / 85 \text{ zaposlenih} = 35,89 \text{ vozil} / \text{zaposlenega}$



<b>Podatki o lokaciji:</b>	
Zaposleni	85 oseb
Bruto površina	8660 m <sup>2</sup>
<b>Podatki o obisku:</b>	
Obiskovalcev na dan (delavnik):	4147
Vozil na dan (delavnik):	3051
Povprečni čas zadrževanja vozil na parkirišču – obrat:	43 minut
Povprečni obrat vozil (12 urni obratovalni čas)	3051 * 43 minut / (12 ur * 60 minut) = 183 vozil
Razmerje med maksimalnim in povprečnim številom vozil na parkirišču	1,26
Zasedenost vozil (delavnik):	1,36
Delež vozil:	1 (vsi obiskovalci uporabljajo osebno vozilo kot prometno sredstvo)
<b>Obratovalni čas:</b>	8.00–20.00: 720 minut
<b>Obstoječe število parkirnih mest:</b>	220

Preglednica 2 • Podatki za izračun parkirnih potreb vzorčnega primera

Obrat vozil na parkirišču:

43 minut / 720 minut = 0,0597

Parkirni normativ izračunamo po enačbi:

(faktor atrakcije potovanj z vozili na dan) x (obrat vozil na parkirišču) x (razmerje med

maksimalnim in povprečnim številom vozil na parkirišču) = (število PM na enoto)

Parkirni normativ lahko določimo ali na osnovi velikosti površine lokacije ali pa na osnovi števila karakterističnih elementov, ki generirajo

parkirne potrebe (n.pr. število zaposlenih v trgovini, število postelj v hotelu ipd).

Za obravnavani primer dobimo:

0,352 vozil / m<sup>2</sup> površine . 0,0597 . 1,26 = 0,026 parkirnega mesta / m<sup>2</sup> površine = 2,6 parkirnega mesta / 100 m<sup>2</sup> površine

35,89 vozil / zaposlenega . 0,0597 . 1,26 = 2,7 parkirnega mesta / zaposlenega

Na navedeni lokaciji je glede na konkretni povprečni dan izvajanja štetja izračunan normativ 230 parkirnih mest. Na konkretni lokaciji se nahaja 220 obstoječih parkirnih mest, kar približno ustreza izračunanemu normativu.

Pri zbiranju podatkov se zaradi splošnega pomanjkanja parkirnih mest v centru Ljubljane pojavlja problem, da določeno parkirišče koristijo tudi uporabniki drugih površin v okolici. Ugotovimo pa, da teh ni toliko, da bi pomembno vplivali na ta izračun.

Tako ugotovljene vrednosti z večjega števila objektov določene vrste rabe prostora so na koncu sešete in iz tega je izračunano povprečje, ki predstavlja splošni normativ za določeno vrsto rabe prostora.

#### 4 • LEGA GLEDE NA OBMOČJA IN PRILAGODITEV NORMATIVOV

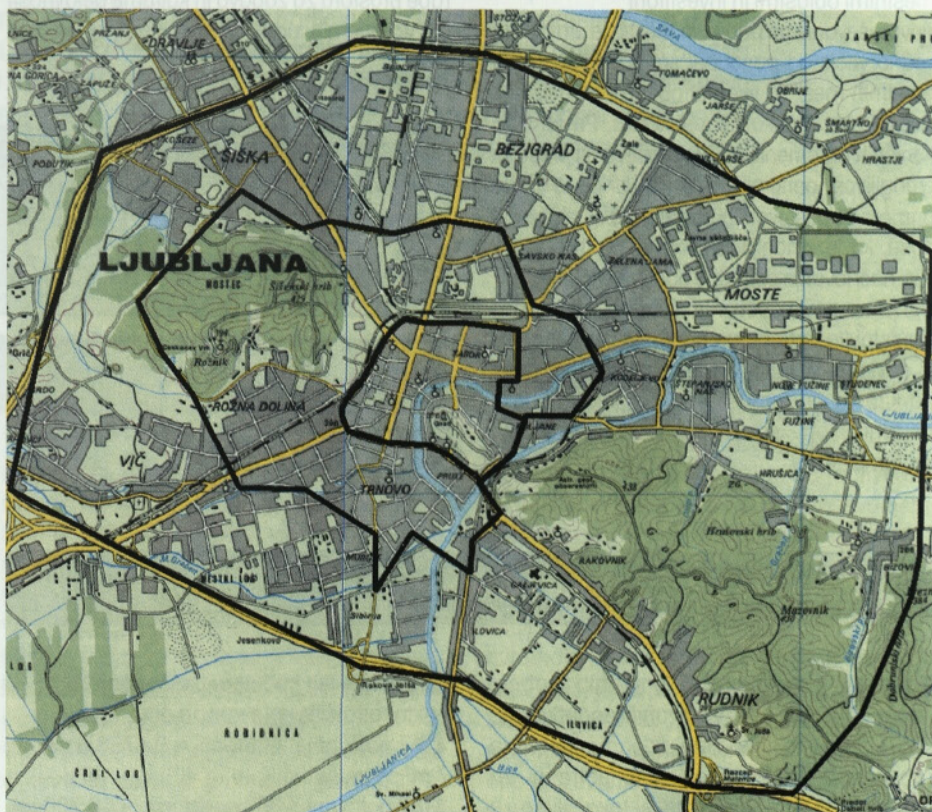
Tako zmogljivost prometnega omrežja kot tudi izbira različnih prometnih sredstev glede na osebna vozila so različni glede na položaj konkretne lokacije v mestu. Zato ni priporočljivo uporabljati enotnih parkirnih normativov za celo mesto. Upoštevati je treba dostopnost lokacije s sredstvi javnega prometa oziroma drugimi prometnimi sredstvi v primerjavi z dostopnostjo z osebnim avtomobilom. Na izbiro prometnega sredstva vpliva več dejavnikov, kot so potovalni čas, stroški dostopa – cestnina in parkirna, razdalja do postaj javnega prometa, cena javnega prevoza in podobni stroški.

Glede na dostopnost posamezne lokacije s sredstvi javnega prometa smo mesto Ljubljana razdelili v tri območja (slika 1):

- prvo – ožji center – CBD – notranji krog,
- drugo – širši center in
- tretje – obrobna območja.

Dodatni kriteriji za območja, ki se uporabljajo za oceno dostopnosti so:

- območje, ki je dobro servisirano z javnim prometom oziroma ne več kot 500 m oddaljeno od postaje javnega prometa, katerega frekvenca ni večja od 15 min;



Slika 1 • Razdelitev mesta Ljubljane na območja



- območje, ki ni dobro servisirano (nasprotje prejšnjega primera);
- območje širšega vpliva, ki pa je v bližini visoke koncentracije prebivalstva in kamor veliko obiskovalcev pride tudi peš, in
- območje širšega vpliva, kamor večina obiskovalcev pride z avtomobilom.

V ožjem centru (CBD) parkirna ponudba ni vezana izključno na omejeno rabo prostora, temveč se rešuje v okviru javnih parkirišč oziroma javnih parkirnih hiš. Ker torej tam ne gre za zadostitev potreb po parkiranju za vsako posamezno lokacijo in rabo prostora posebej, mora za zagotavljanje parkirnih mest poskrbeti mestna oblast.

Prav tako je potrebno smiselno uporabiti parkirne normative tudi na območjih znotraj centra (CBD) kot orodja za oživiljanje mestnega jedra, k čemur lahko delno pripomore tudi ustrezna parkirna politika.

Glede na navedeno je značilno, da splošnih normativov ni mogoče uporabljati za vsa tri območja mesta. Prvo območje je zelo dobro oskrbljeno z javnim prometom, v tretjem območju pa so dejavnosti oziroma rabe prostora, ki imajo večje potrebe po parkiranju. Izračunani parkirni normativi so torej v celoti

uporabni za drugo območje (širši center), za prvo in tretje območje pa je treba še določiti, kako uporabiti izračunane normative.

Kako določiti razmerja med normativi po območjih, je posebno in zahtevno vprašanje, ki bo potrebovalo še dodatne raziskave. Pri tem je zelo pomembno ugotoviti, da vrednost teh razmerij ni enaka za različne dejavnosti oziroma rabe prostora.

Notranje območje, kjer je značilna dobra dostopnost javnega prometa (oddaljenost postaj MPP v radiju 300 m), zahteva posebno študijo parkirnih potreb, ki mora ugotoviti vrste rabe prostora, število delovnih mest, stanovalcev, šol, storitvenih in drugih dejavnosti. Gre torej za izračun parkirnih potreb območja kot celote in ne le delno. Rezultat bo število parkirnih mest na javnih parkiriščih, za katere pa mora poskrbeti mesto, ki mora hkrati določiti tudi parkirni režim.

V tej dodatni raziskavi bo treba kar najbolj upoštevati konkurenčnost javnega prometa glede na promet z osebnimi vozili. Pri tem bo potrebno javni promet vrednotiti po naslednjih kriterijih:

- število linij javnega prometa,
- oddaljenost postaj javnega prometa,
- frekvenco linij javnega prometa,

- skupni čas potovanja,
  - udobje, zasedenost, čistost itd.
- V primeru, da linije javnega prometa niso primerljive z osebnim vozilom kot prevoznim sredstvom, potem ti dve možnosti nista konkurenčni in javni prevoz ni alternativa prevozu z osebnim avtomobilom.

Glede na ugotovitve, da so v Ljubljani vsa območja prvega in drugega območja dobro pokrita z linijami javnega prometa, kjer je polmer dostopnosti 300 m oziroma 500 m (ne glede na frekventnost linij), v preglednici 4 ne razlikujemo med območji dobre ali slabe dostopnosti. Problem glede konkurenčnosti linij javnega prometa je predvsem v tem, da so za tangencialna potovanja radialne avtobusne linije povsem neprimerne oziroma nekonkurenčne.

Ker ugotavljanje razmerij med območji mesta glede na vrsto rabe prostora zahteva še dodatne raziskave, se za praktično rabo upošteva razmerja med območji, ki so navedena v preglednici 3.

Območje	Prvo	Drugo	Tretje
Faktor	0,75	1,0	1,15

Preglednica 3 • Razmerja med normativi glede na območja mesta

## 5 • ZBIRANJE PODATKOV

Za izbor metodologije za zbiranje in obdelavo podatkov smo pregledali vso dostopno literaturo in se odločili za metodologijo, opisano v (ITE, 2001).

- Obdelava podatkov beleženja registrskih tablic
- Analiza zbranih podatkov poteka tako, da preko registrske številke vozila poiščemo pare na vhodih in izhodih. Za te pare določimo časovni interval vhoda ter izhoda.

Izračunamo:

- čas zadrževanja vozil v sistemu,

- število vozil glede na čas zadrževanja v sistemu,
- zasedenost vozil.

V primeru ponovitve iste registrske tablice lahko pride do določenih napak glede na čas vhoda in izhoda, kjer iščemo pare po metodi "First in – First out". Prav tako vsem vozilom, ki niso zapustili parkirišča ob zaključku zadnjega intervala, pripišemo čas odhoda kar enak času zadnjega intervala. To so obiskovalci, ki po zaprtju trgovskega centra postopno zapuščajo območje. Zaradi podobnega razloga smo beleženje tablic pričeli že z enim

15-minutnim intervalom pred odprtjem trgovskega centra.

- Anketiranje obiskovalcev
- Opravljenih je bilo 11336 anket, in sicer po metodologiji, povzete po (Bruton, 1985). Ankete in štetja z beleženjem tablic smo izvedli v mesecih maj, junij ter september leta 2003 in sicer na 43 različnih lokacijah. Skupaj smo izvedli 50 anket in štetij. Izvedenih je bilo 7 celodnevni štetij prometa z beleženjem tablic ter dve 4-urni beleženji tablic.
- Rezultati so bili uporabljeni za izračun faktorjev atrakcij potovanj, obrata, deleža prometnih sredstev ter drugih rezultatov, potrebnih za izdelavo parkirnih normativov, kot je pokazano na primeru v poglavju 3.

## 6 • IZRAČUNANI NORMATIVI

### 6.1 Obiskovalci in zaposleni

V preglednici 4 podajamo parkirne normative, izračunane iz anket ter štetij pro-

meta, glede na dejansko povpraševanje za različne rabe prostora. Pri tem je upoštevano, da je čas obrata obiskovalcev

navadno bistveno krajši od časa obrata zaposlenih, pri katerih znaša okoli 8 ali celo več ur.



Raba	Vrsta rabe	Prvo območje	Drugo območje	Tretje območje
1	Stanovanjsko območje	Dovolilnice MOL MAKSIMALNO: 1,5 pm / stan. enoto  MINIMALNO: 1,5 pm / stan. enoto	MAKSIMALNO: 1,5 pm / st. enoto (<60 m <sup>2</sup> ) 2 pm / st. enoto (>60 m <sup>2</sup> ) MINIMALNO: 1,5 pm / stan. enoto	MAKSIMALNO: 1,5 pm / st. enoto (<75 m <sup>2</sup> ) 2,25 pm / st. enoto (>75 m <sup>2</sup> ) MINIMALNO: 1,5 pm / stan. enoto
2	Poslovno območje	0,45/zaposlenega ali 1 pm / 40 m <sup>2</sup>	0,6/zaposlenega ali 1 pm / 30 m <sup>2</sup>	0,7/zaposlenega ali 1 pm / 25 m <sup>2</sup>
3	Stanovanjsko-poslovno območje	MAKSIMALNO: 2 pm / 60 m <sup>2</sup> MINIMALNO: 1,5 pm / stan. enoto	MAKSIMALNO: 2,5 pm / 60 m <sup>2</sup> MINIMALNO: 1,5 pm / stan. enoto	MAKSIMALNO: 3 pm / 60 m <sup>2</sup> MINIMALNO: 1,5 pm / stan. enoto
4	Osnovna šola	0,75 / učilnico	1 / učilnico	1,15 / učilnico
5	Srednja šola	1,0 / učilnico	1,25 / učilnico	1,5 / učilnico
6	Visoka šola / fakulteta	ZAPOSLENI: 1 pm / 125 m <sup>2</sup> ŠTUDENTI: 1 pm / 45 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 85 m <sup>2</sup> ŠTUDENTI: 1 pm / 25 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 75 m <sup>2</sup> ŠTUDENTI: 1 pm / 20 m <sup>2</sup>
7	Bolnica	1 pm / 4 postelje	1 / 3 postelje	1 / 2 postelje
8	Zdravstveni dom	ZAPOSLENI: 1 pm / 25 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 50 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 20 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 40 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 17 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 35 m <sup>2</sup>
9	Ambulanta	ZAPOSLENI: 1 pm / 40 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 12,5 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 30 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 10 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 25 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 8,5 m <sup>2</sup>
10	Cerkev	1 pm / 30 sedežev	1 pm / 15 sedežev	1 pm / 4 sedežev
11	Restavracija	1 pm / 10 sedežev	1 pm / 6 sedežev	1 pm / 4 sedeže
12	Hotel (ne velja za podzemne garaže)	1 / 10 sob	1 / 5 sob	1 / 2 sobi
13	Pošta, banka, druge storitve	ZAPOSLENI: 1 pm / 90 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 60 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 70 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 45 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 60 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 38 m <sup>2</sup>
14	Knjižnica	ZAPOSLENI: 1 pm / 90 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 90 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 70 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 70 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 60 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 60 m <sup>2</sup>
15	Servisna dejavnost: frizer, urar, čistilnica	ZAPOSLENI: 1 pm / 90 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 60 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 70 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 45 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 60 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 38 m <sup>2</sup>
16	Tržnica	ZAPOSLENI: 1 pm / 40 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 60 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 30 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 40 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 25 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 35 m <sup>2</sup>
17	Nakupovalni center – lokalni 500–2500 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 125 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 60 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 100 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 35 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 85 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 30 m <sup>2</sup>
18	Nakupovalni center – regionalni > 2500 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 250 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 40 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 200 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 30 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 200 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 25 m <sup>2</sup>
19	Trgovina – lokalna < 500 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 125 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 60 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 100 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 50 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 85 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 40 m <sup>2</sup>
20	Trgovina z neživilskimi izdelki	ZAPOSLENI: 1 pm / 250 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 100 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 200 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 80 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 200 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 60 m <sup>2</sup>
21	Park	1 pm / 100 m <sup>2</sup>	1 pm / 60 m <sup>2</sup>	1 pm / 50 m <sup>2</sup>
22	Športne dejavnosti – dvorane	1 pm / 40 m <sup>2</sup>	1 pm / 30 m <sup>2</sup>	1 pm / 25 m <sup>2</sup>
23	Kulturne dejavnosti: kino, gledališče	1 pm / 10 sedežev	1 pm / 5 sedežev	1 pm / 4 sedežev
	galerija	1 pm / 65 m <sup>2</sup>	1 pm / 50 m <sup>2</sup>	1 pm / 40 m <sup>2</sup>
99	Večnamenski centri	ZAPOSLENI: 1 pm / 70 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 60 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 50 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 45 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 40 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 40 m <sup>2</sup>
101	Vrtci	ZAPOSLENI: 0,5 pm / sobo OBISKOVALCI: 1 pm / sobo	ZAPOSLENI: 1 pm / sobo OBISKOVALCI: 2 pm / sobo	ZAPOSLENI: 1 pm / sobo OBISKOVALCI: 2 pm / sobo
102	Veterinarske ambulante	ZAPOSLENI: 1 pm / 50 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 50 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 30 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 30 m <sup>2</sup>	ZAPOSLENI: 1 pm / 25 m <sup>2</sup> OBISKOVALCI: 1 pm / 25 m <sup>2</sup>
103	Varovana-oskrbovana stanovanja	1 pm / 5 postelj	1 pm / 4 postelje	1 pm / 4 postelje

Opomba: kratica pm v preglednici pomeni parkirno mesto

Preglednica 4 • Parkirni normativi za različne rabe prostora za obiskovalce



Pri zagotavljanju parkirnih mest za zaposlene se je treba vprašati, če jim ni mogoče zagotoviti ustrežno alternativo z drugimi, bolj zanimivimi oblikami prevoza. Parkirna mesta z dolgim obratom so praviloma neekonomična oziroma draga.

## 6.2 Hendikepirane osebe

Parkirne površine za hendikepirane osebe niso bile neposredno predmet naloge projekta. Podatek iz obstoječega normativa, ki ga ocenjujemo kot primerne, je 1 par-

kirno mesto na 50 parkirnih mest na območjih garažnih hiš ali parkirnih prostorov.

## 7 • SKLEP

Z naročilom raziskovalne naloge Parkirni normativi za urejanje mirujočega prometa se je Mestna občina Ljubljana odločila, da novelira faktorje generacije potovanj ter parkirne normative za različne rabe prostora. V zadnjih letih se je osebni motorni promet v mestu močno povečal. Zato so se pojavile tudi potrebe po novih parkirnih mestih, dopolnitvi

parkirnega režima in sorodnih ukrepih prometne politike na nivoju mesta.

V okviru parkirnih normativov določena vrsta uporabnikov ni vključena. Gre za parkirna mesta za hendikepirane osebe, za kolesa oziroma za motorna kolesa, za avtobuse, za taksije ter za parkirna mesta za kratkotrajno dostavo.

V okviru te naloge ni bilo mogoče odgovoriti na vprašanje, kako in koliko dejansko vpliva navzočnost linij mestnega prometa na izbor prometnega sredstva motoriziranega dela prebivalstva. Ta del zahteva posebno analizo na podlagi zbiranja podatkov z ustrežno zasnovano anketo. Predstavljeni normativi so torej ugotovljeno povpraševanje glede na obstoječo ponudbo. Ob znanih ciljih prometne in urbanistične politike mesta pa bo mogoče določiti normative za prihodnje obdobje, ki bodo eden izmed ukrepov za doseganje ciljev omenjenih politik.

## 8 • LITERATURA

Bruton, M. J., Introduction to Transportation planning, London, Hutchinson, Third Edition, 1985.

ITE, Institute of Transportation Engineers, Trip Generation Handbook, 2001.

PTI, Prometno tehnični inštitut FGG, Ljubljana, Tehnični normativi za projektiranje in opremo mestnih prometnih površin, 1991.

PTI, Prometno tehnični inštitut FGG, Ljubljana, Urbanistični normativi za urejanje mirujočega prometa, naročnik MO Ljubljana, 2003.



# PREGLED RAZŠIRITEV STANDARDA IFC NA PODROČJE STATIČNE ANALIZE KONSTRUKCIJ

## IFC EXTENSIONS FOR THE STRUCTURAL ANALYSIS

**Tomaž Pazlar, univ. dipl. inž. grad.,**

tomaz.pazlar@fgg.uni-lj.si, Univerza v Ljubljani, FGG,  
IKPIR – Katedra za gradbeno informatiko, Jamova 2, Ljubljana

**Znanstveni članek**

UDK 624.04:519.68:006.77

IFC standard

**Povzetek** | Kompleksnost sodobnih gradbenih objektov zahteva sodelovanje strokovnjakov različnih profilov. Čeprav vsi obravnavajo isti objekt, ima vsak izmed njih svoj pogled nanj, svojo specializirano programsko opremo in običajno tudi svoj (digitalni) model zgradbe. Pri prenosu podatkov med njimi je potrebno precej ročnega dela, ki je zamudno, pogosto pa se pojavljajo tudi napake pri prenosu in neskladnost med posameznimi modeli. Temu se izognemo z uvajanjem celovitega informacijskega modela zgradbe, ki naj bi si ga delili vsi, ki informacije o zgradbi potrebujejo in ustvarjajo. Mednarodni standard IFC (Industry Foundation Classes) standardizira strukturo takega informacijskega modela. Njegov razvoj je bil na začetku usmerjen predvsem v geometrijsko in arhitekturno modeliranje. V prispevku je predstavljena razširitev standarda (ST-4) na področje statične analize konstrukcij. Ugotavljamo, da je mogoče enostavne klasične računske modele, ki jih pri vsakdanjem delu uporabljajo gradbeniki konstruktorji, že zapisati z modelom zgradb IFC, čeprav bi bilo potrebno za popoln opis statičnih in dinamičnih modelov manjkajoča področja (dinamična analiza, MKE, prednapenjanje) še obdelati ter vključiti v standard.

**Summary** | The complexity of the modern AEC structures requires the collaboration of different profile experts through the building lifecycle. Everyone involved has its own view of a building, its own specialized software and, commonly, its own (digital) building model. The data exchange between different models requires a lot of time consuming work and it is frequently the main cause of the errors and consequently induces the model incompatibility. This could be avoided with a unified centralized building model, which would be the source of information for everyone involved. The IFC (Industry Foundation Classes) standardize the structure of the described building model. Today, the IFC model has outgrown the limits of the geometric and architecture model. This paper presents the IFCs structural analysis extension. The ST-4 extension analysis has shown satisfying description possibilities for simple everyday structural analysis, although the complete coverage of the structural analysis model requires the introduction of new classes (finite elements, prestressing) and incorporation in the IFC.

### 1 • UVOD

V življenjski cikel zgradbe so vpleteni številni strokovnjaki različnih strok. Njihovo število in področje dela pogojuje vrsta obravnavane zgradbe, to je vsakega izdelka industrije, ki

oblikuje grajeno okolje (ang. AEC – Architecture, Engineering, Construction), sodelovanje pa poteka na podlagi medsebojne komunikacije oz. izmenjave informacij. Vsaka

izmed vpletenih strok zgradbo opisuje z lastnim modelom (geometrijski, statični, dinamični, ...), ki poleg nekaterih skupnih podatkov (npr. geometrija) vsebuje veliko podatkov, vezanih zgolj na posamezno stroko. Modeli so glede načina zapisa običajno nekompatibilni, kar povzroča preglavice pri pretvarjanju modelov iz ene oblike v drugo oz. posledično



izdelavo velikega števila pretvornikov (Turk, 1992), (Cerovšek 2003). Zaradi opisanih pomanjkljivosti so se raziskave na področjih informacijskih modelov zgradb usmerile v enotni informacijski model. Na področju AEC sektorja so se najbolj uveljavili temeljni razredi za industrijo (IFC – Industry Foundation Classes), ki jih od leta 1994 izdaja neodvisno Industrijsko združenje za interoperabilnost (IAI – Industrial Alliance for Interoperability). V združenje IAI je danes vključenih preko 650 članov iz 17 držav. Interoperabilnost v kontekstu IFC-jev predstavlja dinamično izmenjavo informacij med aplikacijami in platformami, in sicer za vse

sodelujoče skozi celotni življenjski cikel zgradbe, pri čemer termin zgradba označuje poljuben produkt AEC industrije. Klasična, v industriji še vedno pretežno uporabljena CAD programska oprema, temelji na dvodimenzionalni načrtovalski paradigmi (Pazlar, 2004), (AECweb, 2004). Delna interoperabilnost je sicer mogoča tudi z uporabo 2D gradnikov (običajno črt), vendar pa iz takšnega zapisa težko razberemo njihov pravi pomen. Ker elementi niso natančno specificirani, so onemogočene nadaljnje analize, avtomatizacije, ... Delna interoperabilnost zato v praksi velikokrat povzroča podvajanja, napake, zamude, slabo kakovost ter posledično dodatne stroške. Nizka produktivnost je pri opisanem načinu dela še posebej očitna pri udeležencih, ki pri svojem delu prioritarno ne uporabljajo CAD programske opreme, vendar pa njihovo delo sloni na podatkih iz omejenih aplikacij (npr. popisi del, upravljanje zgradb, ...) (Graphisoft, 2004). V nasprotju s klasičnim pristopom so vsi realni elementi (npr. stene) v IFC-jih predstavljeni kot tri dimenzionalni, smiselno poimenovani objekti (npr. IfcWall) s pripadajočimi lastnostmi (dimenzije stene, lega v prostoru, material, ...). Standard IFC tako določa zapis podatkov o realnih oz. abstraktnih elementih, njihovih lastnostih, umestitvi ter o medsebojnih relacijah.

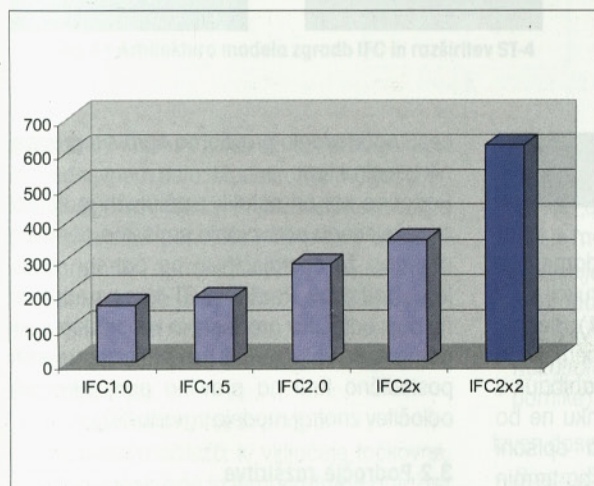
Standard IFC tako določa zapis podatkov o realnih oz. abstraktnih elementih, njihovih lastnostih, umestitvi ter o medsebojnih relacijah.

## 2 • RAZVOJ IFC

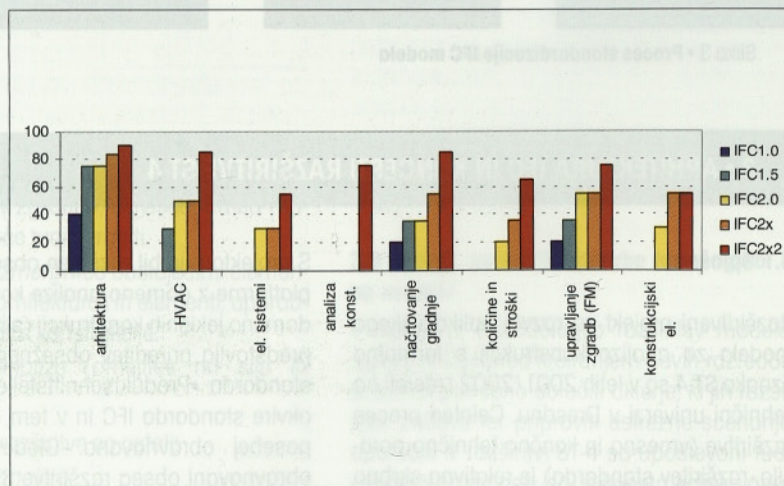
Standardizacija informacijskega modela zgradb je obsežen in kompleksen proces, ki ga ni mogoče izvršiti v enem koraku. Takšno strategijo je mogoče zaslediti pri razvoju modela zgradb IFC, ki smiselno sledi življenjskemu ciklu gradbenih objektov. Prva različica IFC 1.0 (november 1996) je bila omejena le na arhitekturo oz. geometrijo zgradbe, ostala področja pa se z razširitvenimi projekti vključujejo postopoma. Zadnja različica standarda ima oznako IFC2x2 Addendum 1 (maj 2003) (slika 1 in preglednica 1). V bližnji prihodnosti lahko pričakujemo nove različice, saj je v teku deset novih razširitvenih in deset »recikliranih« projektov (izboljšava že obstoječih razširitev), v pripravi pa so tudi predlogi za nove razširitve modela zgradb, IFC s katerimi bi opisali še nepokrita področja (slika 2).

geometrija	elementi zgradb (vrata, okna, stopnice, ...)
geometrija – napeljave oz. vodi	elektro elementi (stikala, vtičnice, motorji, ...)
HVAC (ventilatorji, grelci, toplotne črpalke, ...)	požarna zaščita (hidranti, škropilci, ...)
sanitarni elementi (kopalniška oprema, ...)	relacije med posameznimi elementi (odprline, cone, ...)
pohišstvo	cone (požarne, jaški, ...)
prostorska struktura (gradbišče, zgradba, etaže, ...)	osvetlitev
razni sistemi (cegovodi, kabli, ...)	konstrukcijski elementi (profilirani, stiki, ...)
analiza konstrukcije (statična)	mreže (vezava elementov na mrežo – 2D ali 3D)
nadzorni sistemi	upravljanje zgradb
sistem označevanja (tip črt, šrafure, ...)	splošno (garancija, navodila za uporabo, ...)
vplivi na okolje	temeljenje (temelji, izolacija vibracij, ...)
časovni potek dogodkov	stroški
akterji procesov (posamezniki, organizacije, ...)	naročila (dela, materiala, ...)
načrti dela ter terminski plani	klasifikacije
eksterni podatki	

Preglednica 1 • Pomembnejša področja informacijskega modela zgradb, ki so že pokrita v IFC (različica IFC2x2) (UK poglavje, 2004)



Slika 1 • Število razredov v posamezni različici IFC (IAI, nemško govoreče poglavje, 2004)



Slika 2 • Pokritost posameznih področij v modelu zgradb IFC (IAI, nemško govoreče poglavje, 2004)



Po identifikaciji potrebe ter po odobritvi projekta razširitve delo poteka po natančno predpisani metodologiji (IAI – UK poglavje, 2004):

- **Scenariji uporabe** predstavljajo opis procesov, ki jih uporabniki izvajajo (npr. kako upravljavec vzdržuje posamezne elemente zgradbe – npr. dvigala). Scenariji uporabe zajamejo vse odločitve in informacije, ki jih potrebujemo v vsaki stopnji procesa.
- **Procesni diagrami** omogočajo vizualno predstavitev procesa, ki ga definiramo. Gre torej za grafično predstavitev uporabniškega scenarija.
- **Določijo se razredi**, ki predstavljajo objektno orientirane programske komponente pri definiranju objektov. V razredu so lahko predstavljeni fizični objekti (npr. vrata) ali pa bolj abstraktni objekti oz. procesi (npr. cena vrat ali postopek za montažo vrat).
- Definirajo se **atributi**, ki detajlno opisujejo AEC/FM objekte. Atribut omenjenih vrat je lahko smer odpiranja, material, ...
- Opiše se **razmerja (relacije)** med razredi, ki določajo vzajemno delovanje objektov. Z relacijami tako na primer določimo, da v določeno odprtino v določeni steni sodijo natančno določena vrata.
- Ustvari se **IFC model**. Le-ta predstavlja razrede, njihove attribute in razmerja. Za grafično ponazoritev je praviloma uporabljen jezik EXPRESS – G.
- V zadnji fazi se izdelajo **testni primeri**. Razvijalcem programske opreme omogočajo testiranje njihovih aplikacij.

Celotno razširitev modela zgradb IFC označuje termin »dvostopenjski proces standardizacije modela IFC« (slika 3). Poleg že opisane prve faze (razvoj aplikacijskega modela in implementacija z uporabo trenutno veljavne platforme) termin vključuje tudi integracijo v prihodnjo platformo (v roku 2–3 let). Pogoji za izvedbo druge faze je raba aplikacijskega modela v praksi ter zahteva po vključitvi vsaj treh razvijalcev programske opreme.

Model zgradb IFC je že od različice IFC 2.0 preobsežen za implementacijo v celoti (Bazjanac, 2002). Zato je bilo potrebno med razvijalci programske opreme in stroko doseči dogovor o vrsti informacij, ki jih bo moči izmenjevati in posledično določiti model, ki bo implementiran v individualno programsko opremo. Opisani dogovor označuje termin »pogled na model« ali »implementacijski pogled« (»view of the model«, »implementation view«), njegova natančna karakterizacija pa se ujema z zaporedjem pri načrtovanju gradbenih objektov: »CAD«, »arhitektura in popis del ter stroškovna analiza«, »arhitektura in toplotni odziv zgradbe ter HVAC«, ... Pričakujemo lahko, da bo število »pogledov na model« naraščalo skupaj s evolucijo modela zgradb IFC.

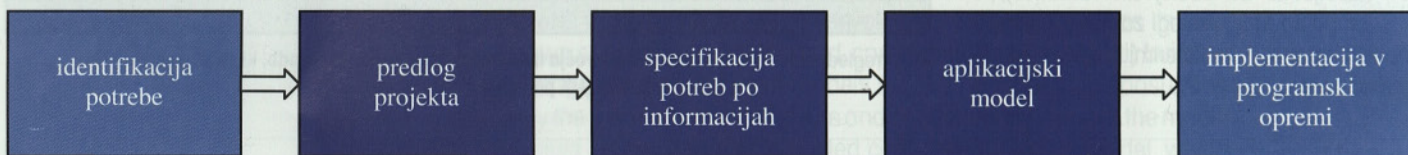
Poleg obvladljivosti modela (glede velikosti fizične datoteke) je pomemben dejavnik tudi kompatibilnost. Od različice IFC2x dalje moramo razlikovati med izdajo standarda (npr. IFC2x Edition 2 Final) ter platformo (npr.

IFC2x Edition 2 Platform). Izdaja standarda namreč vsebuje vse sheme trenutne različice, platforma pa zaradi zagotavljanja kompatibilnosti vnaprej vsebuje le sheme, ki bodo kljub morebitnim novim različicam IFC2x ostale nespremenjene. Platforma IFC2x Edition 2 Platform tako popolnoma temelji na IFC2x Platform, kar pomeni:

- Da vsebuje vse entitete, attribute in relacije ter tipe, ki so bili definirani že v IFC2x platformi.
- Nekatero entitete iz platforme 2x sicer ni priporočeno uporabljati.
- Vsebuje dodatne entitete, attribute in razmerja (le-ta pripadajo novim entitetam).
- Obstoječe entitete so nespremenjene – enaki atributi v enakem zaporedju. Imena obstoječih entitet atributov in tipov ostanejo nespremenjena.

Posledično lahko vse .ifc datoteke (gre za tekstovni zapis, ki temelji na STEP fizični datoteki), ustvarjene s platformo IFC2x, beremo z IFC2x Edition 2 kompatibilno programsko opremo.

Ena izmed pomembnejših prednosti standarda IFC je dostopnost. Standard in razširitve so relativno skrbno dokumentirane in prosto dostopne na spletni strani organizacije IAI (IAI, 2004), nekatere podrobnosti (predvsem glede razširitvenih projektov) pa je mogoče najti na spletnih straneh posameznih poglavij, ki sestavljajo organizacijo IAI.



Slika 3 • Proces standardizacije IFC modela

### 3 • ARHITEKTURA IFC IN KONCEPTI RAZŠIRITVE ST-4

#### 3.1 Splošno

Razširitveni projekt za razvoj aplikacijskega modela za analizo konstrukcij s formalno oznako ST-4 so v letih 2001/2002 izdelali na Tehnični univerzi v Dresdnu. Celoten proces razširitve (vmesna in končno tehnično poročilo, razširitev standarda) je relativno skrbno dokumentiran in prosto dostopen na spletu (Projekt ST-4, 2004).

S projektom je bil razširjen obseg domenske platforme z domeno analize konstrukcij ter z domeno jeklenih konstrukcij (slika 4). Slednja predstavlja prireditev obsežnega nemškega standarda »Produktschnittstelle Stahlbau« v okviru standarda IFC in v tem članku ne bo posebej obravnavana. Glede na opisani obravnavani obseg razširitve ST-4 bo termin analiza konstrukcije v nadaljevanju predstavljal statično analizo konstrukcije, ki jo v pro-

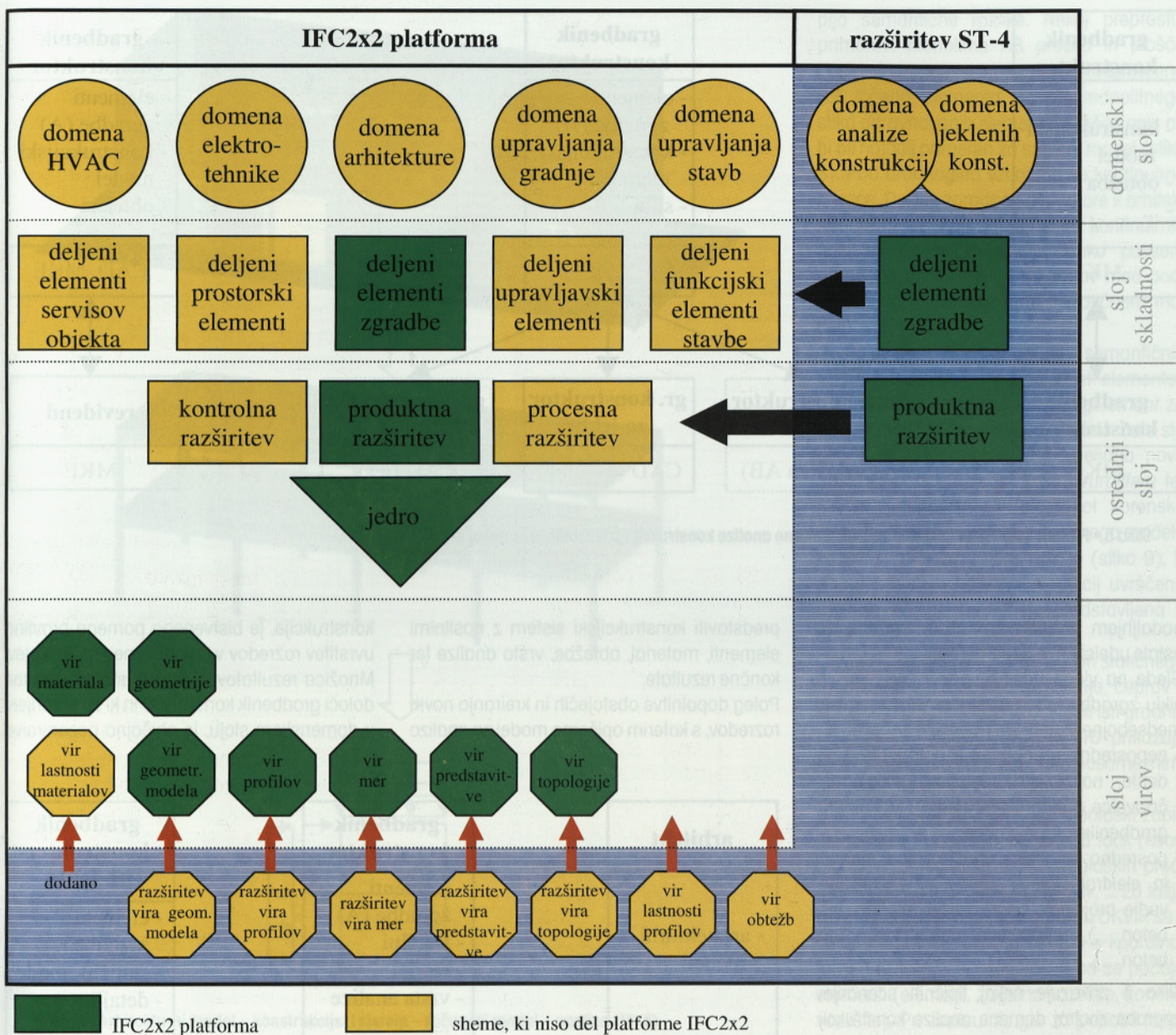
cesu načrtovanja praviloma opravlja gradbenik konstruktor.

Podobno kot pri ostalih razširitvah je zaradi nezaželenega podvajanja smiselna ponovna uporaba že obstoječih in po potrebi razširjenih podatkov. Razširitev ST-4 se osredotoča na opis odločitev gradbenika konstruktorja, ki pomembno vplivajo tudi na ostale domene (in posledično tudi na pravilno postavitve teh odločitev znotraj modela zgradb IFC).

#### 3.2 Področje razširitve

Z uporabo novih razredov in entitet razširitve ST-4 (še) ni mogoče modelirati vsega, kar bi





Slika 4 • Arhitektura modela zgradb IFC in razširitev ST-4

si gradbeni inženirji želeli oz. kar srečujejo pri vsakodnevnem delu. Modelirati je mogoče:

- Definicijo ravninske in prostorske analize konstrukcij, s pomočjo katere se v ustrezni programski opremi lahko tvori računski model. Le-tega je potrebno ustrezno dopolniti/prilagoditi s podatki o:
  - točkovnih, linijskih in ravninskih elementih,
  - podpiranju,
  - povezavi elementov in podpor.

- Specifikacijo obtežb, ki vključuje točkovne, linijske, ploskovne in temperaturne obtežbe z možnostjo povezovanja v obtežne skupine in kombinacije.

- Specifikacijo različnih »podmodelov« zgradbe, ki so potrebni za prikaz različnih aspektov oz. delov zgradbe. Odvisnost med modeli je mogoče tudi shraniti.
- Definicijo razmerij med obstoječimi elementi zgradbe (arhitektura) in elementi, uporabljenimi v analizi konstrukcije.
- Rezultate analize (omejitve na sile in pomike).

Izven dosega razširitve so ostali:

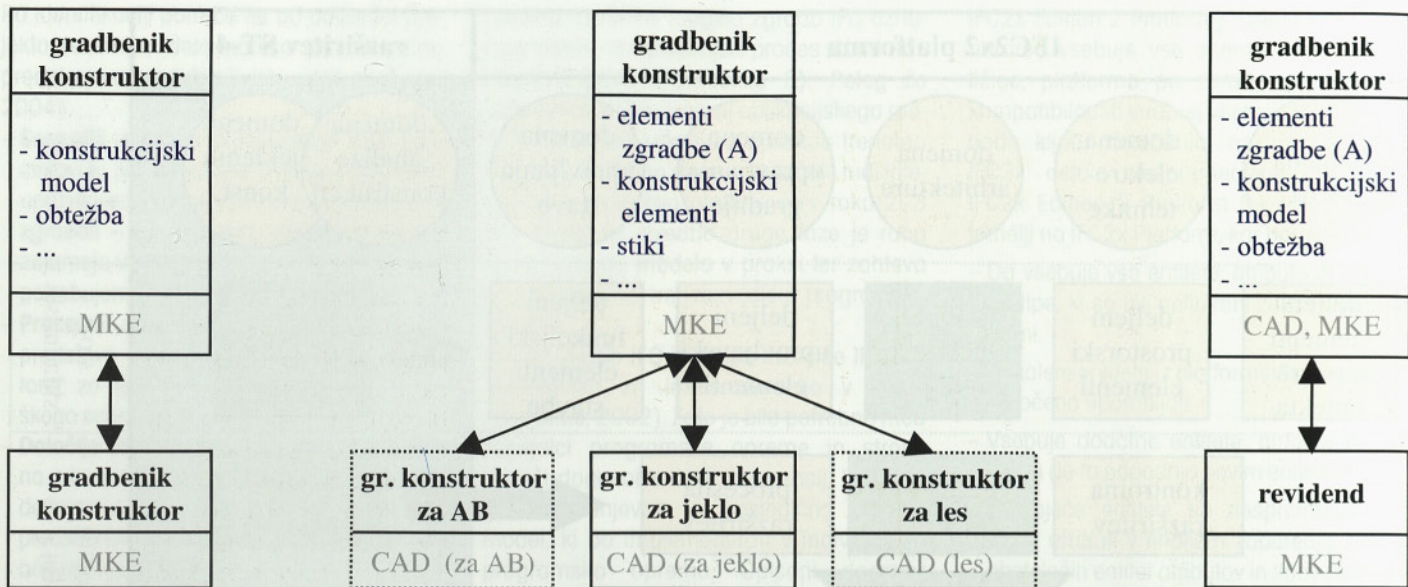
- Dinamična analiza;
- Obtežba s prednapenjanjem;
- Topologija končnih elementov;

- Detajlni prikaz rezultatov analize po metodi končnih elementov (deformacije, napetosti).

### 3.3 Akterji, scenariji uporabe ter »pogledi na model«

V skladu z metodologijo razširitev modela zgradb IFC je pred kreiranjem novih razredov in entitet potrebno določiti akterje, ki jih razširitev zadeva ter pripraviti ustrezne scenarije uporabe. V razširitvi ST-4 so upoštevani tudi »pogledi na model«, saj je konstrukcijska analiza eden izmed tipičnih primerov vnosa velike količine podatkov v model zgradbe, ki so v





Slika 5 • Primeri scenarijev uporabe znotraj domene analize konstrukcij (prikazanih je le nekaj primerov)

nadaljnem življenjskem ciklu zgradbe za ostale udeležence nepomembni.

Glede na vloge udeležencev v življenjskem ciklu zgradbe lahko razširitev ST-4 v smislu medsebojne izmenjave podatkov zadeva:

- neposredno: gradbenike konstruktorje, revidentne, načrtovalce detajlov (jeklo), načrtovalce prefabrikatov (jeklo), kalkulante, gradbenike organizatorje, ...
- posredno: arhitekta, načrtovalce strojnih in elektroinštalacij, upravljavce zgradbe, vodje projektov, načrtovalce detajlov (les, beton, ...), načrtovalce prefabrikatov (les, beton, ...), ...

Slika 5 prikazuje nekaj tipičnih scenarijev uporabe znotraj domene analize konstrukcij. Akterji (dva ali več) pri svojem delu uporabljajo različno programsko opremo, medsebojno sodelovanje pa temelji na izmenjavi informacij o zgradbi (navedene so le nekatere skupine informacij, ki jih je možno izmenjevati).

Podobne scenarije lahko predvidimo tudi za primer interoperabilnosti z ostalimi domenami (slika 6). Prvi izmed predstavljenih primerov predstavlja klasični postopek pri načrtovanju inženirskih objektov in bo uporabljen tudi pri prikazu konceptov razširitve.

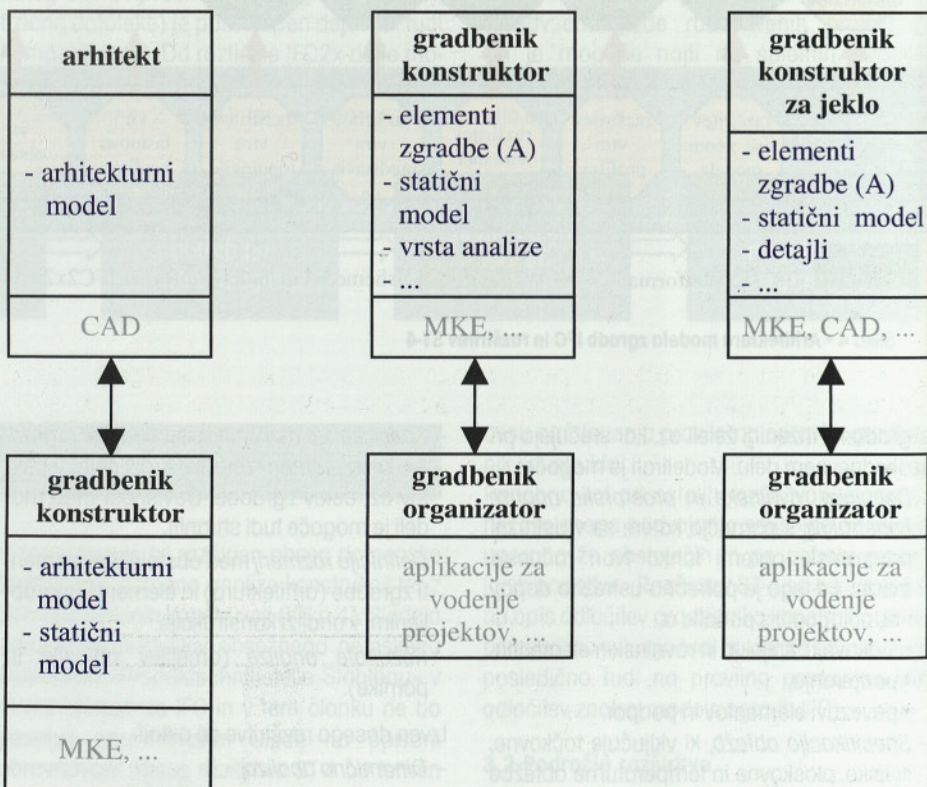
### 3.4 Osnovni koncepti modeliranja

Analiza konstrukcije, ki jo običajno opravlja gradbenik konstruktor in ki jo želimo zapisati z modelom IFC, posega v vse sloje modela zgradb IFC (slika 4). Tudi za najenostavnejšo analizo je potrebno v fizični STEP datoteki

predstaviti konstrukcijski sistem z nosilnimi elementi, material, obtežbe, vrsto analize ter končne rezultate.

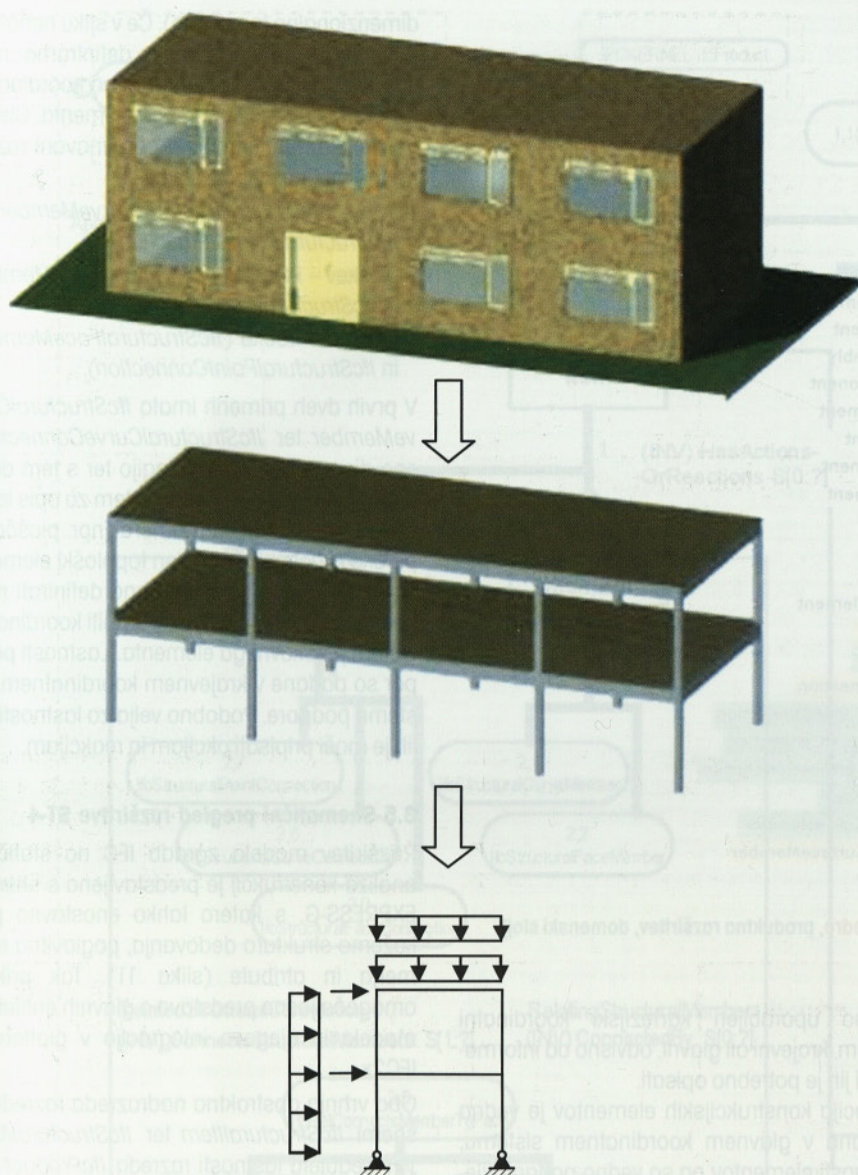
Poleg dopolnitve obstoječih in kreiranja novih razredov, s katerim opišemo model za analizo

konstrukcije, je bistvenega pomena pravilna uvrstitve razredov v enega izmed štirih slojev. Množica rezultatov, ki jih pri analizi zgradbe določi gradbenik konstruktor in ki so shranjeni v domenskem sloju, je običajno nezanimiva



Slika 6 • Scenariji uporabe – interoperabilnost z ostalimi domenami (prikazanih je le nekaj primerov)



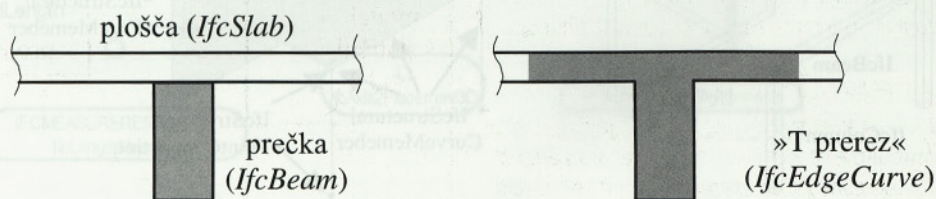


Slika 7 • Arhitekturni model – konstrukcijski sistem – računski model – analiza (MKE)

za vse ostale stroke, ki sodelujejo pri procesu načrtovanja. Zanimivi so le rezultati, ki neposredno zadevajo ostale discipline. Le-ti so ločeni od specifičnih domenskih informacij in so zapisani v sloju skladnosti oz. nižje ležečih slojih, kar zagotavlja interoperabilnost modela IFC.

V projektu ST-4 predlagani scenarij uporabe se navezuje na klasični proces pri načrtovanju zgradb. Gradbenik konstruktor iz arhitekturne zasnove (geometrijski model) potrdi/izbere konstrukcijski sistem in nosilne elemente za prenos vertikalne in horizontalne obtežbe ter ustvari računski model konstrukcije (slika 7). Osnovni elementi geometrijskega oz. arhitekturnega modela (ki ga opišemo z ab-

straktnim razredom *IfcBuildingElement* oz. njegovimi podrazredi in entitetami – *IfcBeam*, *IfcColumn*, ...) ne bi bili (vedno) primerni za opis statičnega računskega modela. Med obravnavanima modeloma velikokrat nasto-



Slika 8 • Semantične razlike med geometrijskim in statičnim računskim modelom

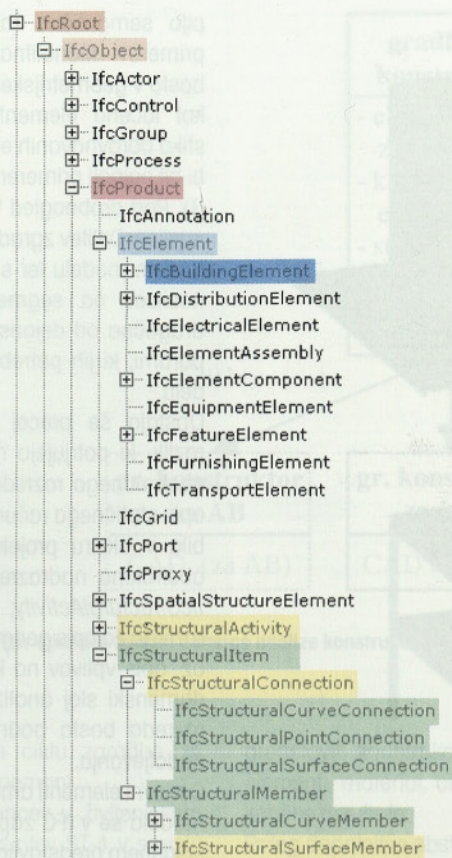
pijo semantične razlike. Nekaj preprostih primerov: Monolitna AB prečka in plošča bosta v geometrijskem modelu predstavljena kot ločena elementa. Zaradi monolitnega slika obravnavanih elementov takšen opis ne bi bil najbolj primeren za statični model (slika 8). Pod drobnogled vzemimo še kontinuirne nosilce. Delitev zgradbe na prostore v arhitekturnem modelu ter s tem delitev kontinuirnih nosilcev na segmente je lahko povsem drugačna od dejanskih razponov med podporami, ki jih potrebujemo v statičnem modelu.

Obstaja še precej podobnih semantičnih razlik, ki potrjujejo neprimernost elementov abstraktnega razreda *IfcBuildingElement* za opis statičnega računskega modela. Zato sta bila v okviru projekta ST-4 vpeljana nova abstraktna nadrazreda *IfcStructuralItem* ter *IfcStructuralActivity*, in sicer kot korenska razreda za opis geometrije statičnega modela oz. opis vplivov na konstrukcijo (slika 9). V domenski sloj analize konstrukcij uvrščena razreda bosta podrobneje predstavljena v nadaljevanju.

Osnovni elementi arhitekturnega in statičnega modela se v IFC zapisu razlikujejo, čeprav v splošnem predstavljajo v realnosti isti gradnik (npr. stena, plošča, ...). Slika 10 prikazuje razliko med modeloma oz. med posameznimi elementi obravnavanih modelov.

V razširitvi ST-4 je uporabljen topološki zapis elementov. To pomeni, da je lega točk (koordinat) v zapisu ločena od »topoloških predmetov«, tj. od točk, krivulj, ploskev, ... Za lažje razumevanje termina: V programu OKVIR se v vhodni datoteki vozlišča podajo s koordinatami (vozlišče, x, y), topološko pa se podajo elementi (element, začetno vozlišče, končno vozlišče). Pri zapisu .ifc gre za popolni topološki zapis, saj so tudi vozlišča podana topološko. S tem je definirana struktura, do njenih elementov pa dostopamo preko referenc (referenco enostavno zapišemo s številko vrstice, na katero se sklicujemo). Takšen način opisa konstrukcije se izkaže za primernejšega tako pri opisu geometrije kot





Slika 9 • Izsek iz hierarhičnega drevesa standarda IFC (jedro, produktna razširitev, domenski sloj)

dimenzionalno topologijo). Če v stiku nimamo takšnega elementa, lahko definiramo nov koordinatni sistem ali uporabimo koordinatni sistem dvodimenzionalnega elementa. Glede na definirane elemente v obravnavani razširitvi so možne tri vrste stikov:

- črta – točka (*IfcStructuralCurveMember* in *IfcStructuralPointConnection*),
- ploskev – krivulja (*IfcStructuralFaceMember* in *IfcStructuralCurveConnection*),
- ploskev – točka (*IfcStructuralFaceMember* in *IfcStructuralPointConnection*).

V prvih dveh primerih imata *IfcStructuralCurveMember* ter *IfcStructuralCurveConnection* eno dimenzionalno topologijo ter s tem definirata krajevni koordinatni sistem za opis lastnosti stikov. V tretjem primeru (npr. plošča – prečka) enodimenzionalen topološki element ne obstaja in je zato potrebno definirati nov koordinatni sistem ali pa uporabiti koordinatni sistem ploskovnega elementa. Lastnosti podpor so podane v krajevnem koordinatnem sistemu podpore. Podobno velja za lastnosti, ki jih je moči pripisati akcijam in reakcijam.

### 3.5 Shematični pregled razširitve ST-4

Razširitev modela zgradb IFC na statično analizo konstrukcij je predstavljena s shemo EXPRESS-G, s katero lahko enostavno prikažemo strukturo dedovanja, poglavitna razmerja in attribute (slika 11). Tak prikaz omogoča jasno predstavo o glavnih entitetah modela in njegovo integracijo v platformo IFC2x.

Oba vrhna abstraktna nadrazreda razreda v shemi *IfcStructuralItem* ter *IfcStructuralActivity* dedujeta lastnosti razreda *IfcProduct* (ta se nahaja v jedru modela IFC). Posledično se vse splošne lastnosti oz. attribute (umestitev, oblika, ...) dodelijo vsem entitetam konstrukcijske analize. Uporaba attribute »Representation« je spremenjena tako, da je lega vseh topoloških objektov podana v glavnem namesto v krajevnem koordinatnem sistemu (sicer definiranim z attribute »ObjectPlacement«). Opisana sprememba je nujno potrebna za zagotavljanje deljenja podatkov ter s tem primerne definicije topologije konstrukcijskega sistema. Vsi ostali podedovani attribute ohranijo prvotni pomen, definiran v jedru modela IFC.

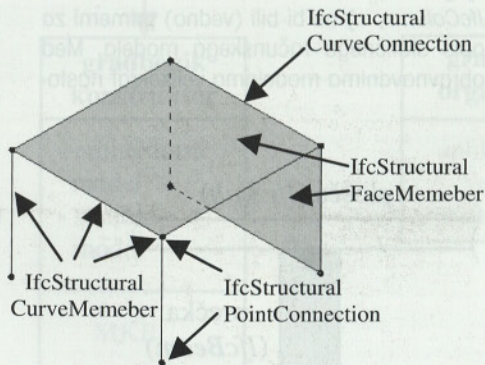
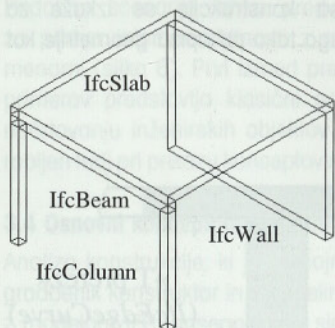
*IfcStructuralItem* predstavlja korenski razred vseh razredov, ki označujejo konstrukcijske objekte (structural objects). Podobno *IfcStructuralActivity* predstavlja korenski razred za objekte, ki predstavljajo zunanje vplive na objekte (npr. obtežbe).

tudi pri opisu zunanjih vplivov na konstrukcijo, saj je npr. geometrija konstrukcije povsem ločena od vozlišč in elementov konstrukcije in posledično niso potrebne transformacije zaradi različnih koordinatnih sistemov. Za enolično določitev elementov, stikov, podpor, akcij in reakcij ter za določitev dodatnih količin potrebnih pri analizi konstrukcije (npr. prečni prerez elementov) je potrebno definirati koordinatni sistem. V razširitvi ST-4 je

vedno uporabljen kartezijski koordinatni sistem, krajevni ali glavni, odvisno od informacij, ki jih je potrebno opisati.

Lokacija konstrukcijskih elementov je vedno podana v glavnem koordinatnem sistemu, lastnosti elementov pa so vedno podane glede na krajevni koordinatni sistem obravnavanega elementa.

Lastnosti stikov so podane v okviru krajevnega koordinatnega sistema elementa (z eno



Slika 10 • Geometrijski model – računski model







*IfcStructuralItem* je nadalje razdeljen na konstrukcijske elemente (*IfcStructuralMember*) ter stike (*IfcStructuralConnection*). Pri tem ne smemo prezreti njune medsebojne povezave (*IfcRelConnectsStructuralMember*). S tem je zagotovljena nedvoumna povezava med elementi in stiki, praktično pa to pomeni, da moramo ločeno definirati vozlišča, elemente ter povezave med vozlišči in elementi. Možno je definirati še eno povezavo (ni prikazano na sliki 11) in sicer med elementi geometrijskega modela in konstrukcijskimi elementi, in sicer z *IfcRelAssignsToStructuralMembers*.

Konstrukcijski elementi so nadalje razdeljeni na linijske (*IfcStructuralCurveMember*) in ravninske (*IfcStructuralFaceMembers*), stiki pa na točkovne (*IfcStructuralPointConnection*), linijske (*IfcStructuralCurveConnection*) ter ploskovne (*IfcStructuralFaceConnection*). Stikom lahko predpišemo ustrezno translacijsko oz. rotacijsko togost glede na dane robne pogoje.

*IfcStructuralActivity* vsebuje dva razreda, *IfcStructuralAction* in *IfcStructuralReaction*, ki omogočata razlikovanje med zunanjimi in notranjimi vplivi. Razmerje med konstrukcijskimi elementi in vplivi podaja razred *IfcRelConnectsStructuralActivity* (podrazred razreda *IfcRelConnects*). Opisano razmerje je potrebno definirati tudi zaradi možnosti podajanja ekscentrične obtežbe. Dodatno lahko »aktivnosti« grupiramo v *IfcStructuralLoadGroup* (za obtežbo) oziroma v *IfcStructuralResultGroup* (za reakcije), ustvarjene skupine pa lahko kasneje koristno uporabimo pri analizi konstrukcije. Zunanje vplive je možno podati kot točkovno, linijsko oz. ploskovno obtežbo. Možnost ponovne uporabe v ostalih domenah (npr. prefabricirani AB gradnji) je dosežena z definicijo obtežbe v specifični konstrukcijski shemi virov, podobno kot je ponovna uporaba rešena pri prečnih prerezih ter pri lastnostih materialov.

Vse entitete, opisane v tem poglavju, predstavljajo posamezne komponente, ki jih je potrebno združiti v konstrukcijski model. *IfcStructuralAnalysisModel* združuje konstrukcij-

ske elemente, stike, obtežbe ter izračunane rezultate, hkrati pa z njim specificiramo informacije, ki se navezujejo na konstrukcijsko analizo (2D ali 3D model, orientacija 2D podmodelov, ...).

### 3.6 Razširitve shem

Podobno kot vse ostale razširitve standarda IFC naj bi tudi obravnavana uporabljala in razširjala obstoječo platformo ter čim manj posegala v obstoječe sheme IFC, še posebej v nižje ležečih slojih. Pri razširitevem projektu se modifikacijam ni bilo moči izogniti, saj:

- Platforma modela IFC izhaja iz arhitekturne predstavitve zgradb. Pri njeni določitvi niso bili neposredno upoštevani in posledično ne vključeni aspekti konstrukcijske analize.
- Sloj virov (npr. vir mer, vir materialov, ...) je bilo potrebno dopolniti. S konceptom podrazredov obstoječih virov se je bilo v večji meri mogoče izogniti definiciji novih virov.

Opišimo najprej modificirane oz. novo definirane vire:

- **Vir mer:** Definicija novih veličin (npr. masni vztrajnostni moment, temperaturni gradient, toplotni ekspanzijski koeficient, elastična podajnost linearnelega elementa na dolžino enote, sprememba nagiba na enoto dolžine, sprememba mase na enoto dolžine, ...).
- **Vir profilov:** Razširitev predstavlja enajst novih razredov za parametrično predstavitve (jeklenih) profilov (asimetrični I profili, C profili, tirnice, kotniki, pravokotni profil z zaobljenimi robovi, T, U in Z profili).
- **Vir lastnosti profilov** predstavlja poleg vira lastnosti materialov in vira obtežb noviteto v sloju virov. Lastnosti profilov so najprej razdeljene glede na specifične potrebe (konstrukcijske, ...), ki hkrati predstavljajo osnovo za nadaljnjo delitev (glede na materialne lastnosti). Pri opisu lastnosti profilov je potrebno podati razmerje med virom lastnosti profilov (*IfcProfileDef*) ter virom profilov (*IfcProfileProperties*).
- V **viru lastnosti materialov** so le-te razdeljene na mehanske lastnosti (Youngov

modul, strižni modul, Poissonov koeficient, temperaturni koeficient), mehanske lastnosti jekla (utrjevanje, relaksacija, ...), splošne materialne lastnosti (specifična teža, poroznost, ...), razširjene materialne lastnosti, higroskopske lastnosti materiala, optične lastnosti ter toplotne lastnosti materiala.

- **Viri geometrije, topologije in predstavitve** Navedeni viri vsebujejo minimalne dopolnitve, s katerimi je omogočena predstavitev zapletenih geometrijskih oblik.
- **Vir obtežb.** S petnajstimi entitetami je v viru obtežb opisan celoten spekter zunanjih vplivov na konstrukcijo. Poleg posplošenih točkovnih, linijskih in ploskovnih sil lahko podamo tudi premike in temperaturno obtežbo. Možno je definirati tudi odpoved (nenosilnost) stika v nategu oz. tlaku. Vir obtežb zajema tudi opis robnih pogojev (translacijske oz. rotacijske togosti) elementov oz. stikov (*IfcBoundaryEdgeCondition*, *IfcBoundaryEdgeCondition*, *IfcBoundaryEdgeCondition*).

Razširitev ST-4 ne posega v jedro IFC2x, pač pa v produktno razširitev (del platforme 2x). *IfcConstructionalElement* predstavlja dodatne (pomožne) konstrukcijske elemente. Običajno jih pri opisu zgradbe posebej ne omenjamo, čeprav imajo lahko vitalno nosilno funkcijo. Takšni elementi so npr. pri jeklenih konstrukcijah vezna pločevina, vijaki, ... Ostali dve entiteti *IfcRelAdds* ter *IfcRelAssociatesProfileProperties* podajata posebne oblike razmerij med gradniki IFC modela.

Sloj skladnosti je bil minimalno modificiran, in sicer z entiteto *IfcStructuralBuildingElementsAssembly*, ki omogoča združevanje konstrukcijskih gradnikov. Geometrijsko gledano predstavlja obravnavano entiteto kar unija gradnikov, ki jih združujemo.

Pretežni del podatkov, ki neposredno zadevajo gradbenika konstruktorja, je zbran v novo definirani domeni analize konstrukcij. Navedeni so le nekateri pomembnejši gradniki domene: elementi, vozlišča, povezave med njimi, vplivi na konstrukcijo, definicija računskih modelov, ...

potrebno natančnost lahko izbira med ravninsko in/ali prostorsko analizo in pri tem obdrži svobodo pri prirejanju elementov geometrijskega modela statičnemu. Tako npr. sten ni nujno modelirati kot ploskovne elemente, ampak jih lahko modeliramo kot linijske. V obravnavanem primeru je določitev statičnega modela iz arhitekturnega trivialna.

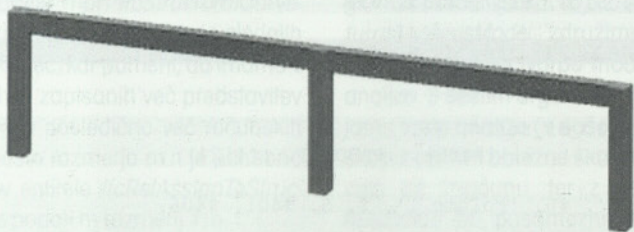
## 4 • PRAKTIČNI PRIMER RAZŠIRITVE ST-4

### 4.1 Izbira konstrukcije

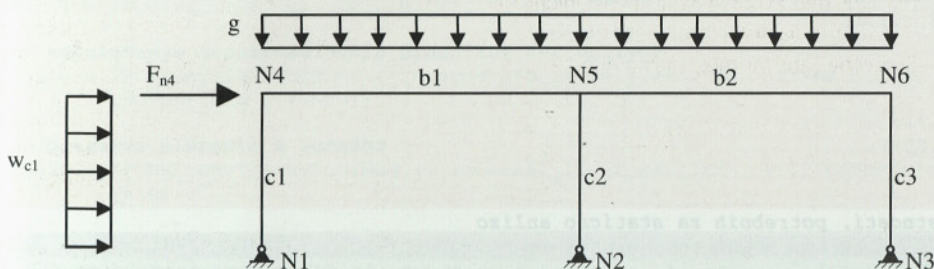
Prikažimo razširitev ST-4 še na praktičnem primeru, ki je delno povzet po (Weisse, 2003). Arhitekturni model konstrukcije prikazuje slika 12. Zaradi enostavnosti je iz-

bran ravninski okvir (slika 13), ki pa je v skladu z filozofijo IFC-jev predstavljen tridimenzionalno. To pa seveda še ne pomeni, da mora gradbenik konstruktor opraviti prostorsko analizo konstrukcije. Glede na





Slika 12 • Arhitektura ilustrativnega primera



Slika 13 • Statični model konstrukcije

Če arhitekturni model izrišemo v programu Archicad in ga shranimo v .ifc datoteki, potem zapis obsega kar 264 vrstic. Poleg osnovnih geometrijskih podatkov o modelu se v datoteko namreč zapiše tudi množica atributov, ki podrobno opisujejo arhitekturni model, za nas pa trenutno niso zanimivi.

Naprej si oglejmo, kako je v arhitekturnem modelu predstavljen stebel (slika 15, vrstica #124). Slednjega označuje entiteta abstraktnega razreda *IfcBuildingElement*, *IfcColumn*. Obravnavano entiteto opišemo z osmimi

atributi, od katerih je šest opcijskih (glej shemo dedovanja – slika 14). Oglejmo si le nekatere attribute: Prvi predstavlja oznako elementa, drugi zgodovino (kdo in kdaj je narisal element – podano preko sklica #6) ter tretji ime elementa. Pri posameznih entitetah morajo biti vedno podani vsi argumenti, opcijske pa lahko nadomestimo s simbolom »\$« oz. z »(«, kadar se pričakuje vnos niza atributov.

Osnovo topološkega opisa računskega modela predstavljajo vozlišča (*IfcStructuralPoint*

*Connection*) (N1 – N6). Z uporabo le-teh definiramo še linijske elemente (*IfcStructuralCurveMember*) (c1 – c2, b1 – b2). Materialne karakteristike so podane z entitetami *IfcMechanicalMaterialProperties* (ter dodatno z *IfcMaterial* in *IfcRelAssociatesMaterial*), karakteristike prereza z *IfcStructuralProfileProperties* (ter dodatno z *IfcRelAssociatesProfileProperties*), podpiranje vozlišč pa z *IfcBoundaryNodeCondition*. Pri opisu stebra velja posebej opozoriti na topološki opis, kjer so koordinate *IfcCartesianPoint* ločene od topoloških konstruktov (*IfcVertexPoint*, *IfcEdgeCurve*). Ker je prikazan le izsek .ifc datoteke, vseh prednosti topološkega zapisa žal ni mogoče prikazati. Očitna je le ponovna raba entitet v vrsticah #407, #409 in #412.

Vozlišči N1 (N4) ter začetna (končna) točka stebra sicer ležita v isti točki, vendar pa to še ne pomeni, da sta vozlišče in element povezana. Njuno povezavo je potrebno definirati, in sicer z entiteto *IfcRelConnectsMemberToPoint*.

Geometrijo statičnega modela (vključno z povezavami) smo definirali in lahko preidemo na zapis obtežbe. Za konkretni primer uporabimo entiteto *IfcStructuralPointAction* in *IfcStructuralLinearAction* (domenski sloj). V obeh primerih lahko ponovno opazimo prednosti topološkega zapisa. Obtežba se lahko podaja v krajevnem ali glavnem koordinatnem sistemu in dodatno lahko linijsko obtežbo podamo na dolžino elementa ali dolžino projekcije elementa. Sedmi argument podaja mesto delovanja obtežbe preko entitete *IfcProductRepresentation*. Smer delovanja in velikost podamo z entitetama *IfcStructuralLoadSingleForce* oz. *IfcStructuralLoadLinearForce* (iz sloja virov). V obeh primerih je obtežba podana z razmerjem *IfcConnectsStructuralActivity*, čeprav bi za enostavne primere (brez ekscentričnosti) obtežbe razmerje lahko določili kar iz topologije.

Zunanje vplive na konstrukcijo nato združujemo v obtežne primere (enaka obtežba – npr. lastna teža), obtežne skupine (različne obtežbe – veter, sneg –, ponderirane z istim koeficientom) ter obtežne kombinacije (različne obtežbe, ponderirane z različnimi koeficienti).

Da bi bil računski model popolnoma definiran, je potrebno določiti še povezavo med elementi zgradbe in njihovo predstavitevjo v računskem modelu (*IfcRelAssignToStructuralMembers*). Kardinalnost povezave opisujejo razmerja 1:1, 1:n ali m:n. V prvem primeru je en geometrijski element (npr.

```

ENTITY IfcColumn;
ENTITY IfcRoot;
  GlobalId : IfcGloballyUniqueId;
  OwnerHistory : IfcOwnerHistory;
  Name : OPTIONAL IfcLabel;
  Description : OPTIONAL IfcText;
ENTITY IfcObject;
  ObjectType : OPTIONAL IfcLabel;
ENTITY IfcProduct;
  ObjectPlacement : OPTIONAL IfcObjectPlacement;
  Representation : OPTIONAL IfcProductRepresentation;
ENTITY IfcElement;
  Tag : OPTIONAL IfcIdentifier;
ENTITY IfcBuildingElement;
ENTITY IfcColumn;
END_ENTITY;
    
```

Slika 14 • Shema dedovanja – *IfcColumn*



```

...
#124 = IFCCOLUMN ('3E0jDq$XH5HxNc4H9OtrTO', #6, $, $, $, #137, #135, $);
#138 = IFCMATERIAL ('reinforced concrete');
#139 = IFCRELASSOCIATESMATERIAL ('0vZC4S0914RPet9JnGG0PV', #6, $, $, (#124, #400), #138);
...
//razsiritev ST4
#399 = IFCRELASSIGNSTOSTRUCTURALMEMBERS ('internal_ID_of_rell1', #6,
'connection between column 1 and curve member 1', $, (#400), .PRODUCT., #124);
//steber 1
#400 = IFSTRUCTURALCURVEMEMBER ('internal_ID_of_S1', #6, 'column 1', $, $, #401, #406,
RIGID_JOINED_MEMBER.);
#401 = IFLOCALPLACEMENT ($, #402);
#402 = IFCAxis2PLACEMENT3D (#403, #404, #405);
#403 = IFCCARTESIANPOINT ((0., 0., 0.));
#404 = IFCDIRECTION ((1., 0., 0.));
#405 = IFCDIRECTION ((0., 0., 1.));
#406 = IFCPRODUCTREPRESENTATION ($, $, (#407));
#407 = IFCTOPOLOGYREPRESENTATION (#408, $, $, (#409));
#408 = IFCREPRESENTATIONCONTEXT ('Mechanical Structure', 'Design');
#409 = IFCEDGECURVE (#410, #411, #412, .T.);
#410 = IFCVERTICEPOINT (#413);
#411 = IFCVERTICEPOINT (#414);
#412 = IFCLINE (#413, #415);
#413 = IFCCARTESIANPOINT ((0., 0., 0.));
#414 = IFCCARTESIANPOINT ((0., 0., 2.85));
#415 = IFVECTOR (#416, 2.85);
#416 = IFCDIRECTION ((0., 0., 1.));
//definicija dodatnih materialnih lastnosti, potrebnih za statično analizo
#417 = IFCMECHANICALMATERIALPROPERTIES (#138, $, 30000., $, $, $);
#423 = IFSTRUCTURALPROFILEPROPERTIES ('profile type 1', $, $, $, $, $, 0.09, $, $, 67500., $, $, $, $, $);
#424 = IFCRELASSOCIATESPROFILEPROPERTIES ('internal_ID_of_rel2', #6,
'cross section properties for column 1', $, (#400), #423, $);
...
//vozlisce 1
#430 = IFSTRUCTURALPOINTCONNECTION('internal_ID_of_N1', #6, 'node 1', $, $, #401, #431, #433);
#431 = IFCPRODUCTREPRESENTATION ($, $, (#432));
#432 = IFCTOPOLOGYREPRESENTATION (#408, $, $, (#410));
#433 = IFCBOUNDARYNODECONDITION ('rigid support', $, $, $, $, $, $);
//vozlisce 4
#434 = IFSTRUCTURALPOINTCONNECTION('internal_ID_of_N4', #6, 'node 4', $, $, #401, #435, $);
#435 = IFCPRODUCTREPRESENTATION ($, $, (#436));
#436 = IFCTOPOLOGYREPRESENTATION (#408, $, $, (#411));
...
//povezava vozlisc in elementov
#800 = IFCRELCONNECTSMEMBERTOPOINT(#400,#430,$,$,$,$,$)
#801 = IFCRELCONNECTSMEMBERTOPOINT(#400,#434,$,$,$,$,$)
...
//obtežba - tockovna sila v vozliscu 4
#2000 = IFSTRUCTURALPOINTACTION ('internal_ID_of_L1xxxx', #6, 'point act. node 4', $, $,
#401, #435, #2001, .GLOBAL_COORDS., .F., .TRUE_LENGTH., $);
#2001 = IFSTRUCTURALLOADSINGLEFORCE ('wind', 2400., $, $, $, $, $);
#2002 = IFCRELCONNECTSSTRUCTURALACTIVITY ('internal_ID_of_rell1xx', #6, 'point act. node 4', $, #434, #2000);
...
//obtežba - veter na elementu 1
#2100 = IFSTRUCTURALLINEARACTION ('internal_ID_of_L2xxxx', #6, 'wind on c 4', $, $,
#401, #406, #2101, .GLOBAL_COORDS., .F., .TRUE_LENGTH., $);
#2101 = IFSTRUCTURALLOADLINEARFORCE ('wind', 2500., $, $, $, $, $);
#2102 = IFCRELCONNECTSSTRUCTURALACTIVITY ('internal_ID_of_rel2xx', #6, 'wind on node 4', $, #400, #2100);
...

```

OP.:

- Opis krajevnega koordinatnega sistema.
- Predstavitev elementov računskega modela.
- Materialne karakteristike.
- Lastnosti prereza.
- Povezava med elementi arhitekturnega modela (#124) in njihovo predstavitvijo v računskem modelu (#400) podaja razmerje (#439).

Slika 15 • Del STEP datoteke, ki prikazuje zapis stebra c1(#400), vozišč N1(#430) in N4(#434), obtežbe v vozišču N4 (#2000) ter obtežbe na stebri c1 (#2100)



*IfcColumn*) predstavljen z enim elementom v računskem modelu (npr. *IfcStructuralCurveMember*). V primeru razmerja 1:n je slednjih elementov lahko več, kar pomeni, da imamo v eni datoteki lahko zapisanih več predstavitev istih elementov in posledično več računskih modelov. Namesto razmerja m:n je potrebno zaradi omejitev entitete *IfcRelAssignToStructuralMembers* podati m razmerij 1:n.

V zadnjem koraku je potrebno le še konfigurirati model (slika 16). Z entiteto *IfcStructuralAnalysisModel* združimo vse informacije, potrebne za tvorbo modela za statično analizo. S šestim argumentom entitete podajamo vrsto analize (v našem primeru ravninska), z osmim obtežne skupine, ki se upoštevajo pri izračunu, ter z devetimi skupine rezultatov pri posamezni obtežbi. Entiteta

*IfcRelAssignToGroup* združuje vozlišča, elemente ter obtežne primere, njen zadnji argument pa kaže na pripadajoči model za statično analizo. Vsak statični model nato umestimo v informacijski model zgradbe. Dodatno je z uporabo razreda *IfcRelNests* možno vzpostaviti hierarhijo med posameznimi delnimi analizami oz. računskimi modeli.

```
// definicija ravninskega okvirja
#5500 = IFCSTRUCTURALANALYSISMODEL ('internal_ID_of_AM1xxxx', #6, 'frame 1', $, $, .IN_PLANE_LOADING_2D.,
#5501, (#2500, #2550, ...), (#3100, ...));
#5501 = IFCAXIS2PLACEMENT3D (#1502, #1503, #1504);
#5502 = IFCCARTESIANPOINT ((0., 0., 0.));
#5503 = IFCDIRECTION ((0., 1., 0.));
#5504 = IFCDIRECTION ((1., 0., 0.));
...
// združevanje konstrukcijskih gradnikov ter vplivov
#5510 = IFCRELASSIGNSTOGROUP ('internal_ID_of_rel22xx', #6, 'frame 1', $, (#400, ..., #430, #434, ... , #2000, ...),
.NOTDEFINED., #5500);
...
// povezava elementa z zgradbo
#5520 = IFCRELSERVICESBUILDINGS (('internal_ID_of_rel23xx', #6, 'connection of frame 1 with building', $, #5500,
(#30));
...
```

OP: V vrstici #30 je definirana entiteta *IfcBuilding*, osnovni element hierarhične strukture modela IFC.

Slika 16 • Konfiguracija analize

## 5 • OD ARHITEKTURNEGA K STATIČNEMU MODELU

Vrnimo se k scenariju uporabe, na katerem je zasnovana razširitev ST-4: Elementom arhitekturnega modela mora gradbenik konstruktor prirediti elemente statičnega računskega modela. Certifikati, ki jih organizacija IAI podeljuje za skladnost programske opreme, se nanaša na možnost branja/pisanja v fizično .ifc datoteko in ne na omenjeno nenehno prirejanje. Statični modeli se bodo namreč med seboj razlikovali glede na zahtevano natančnost računa.

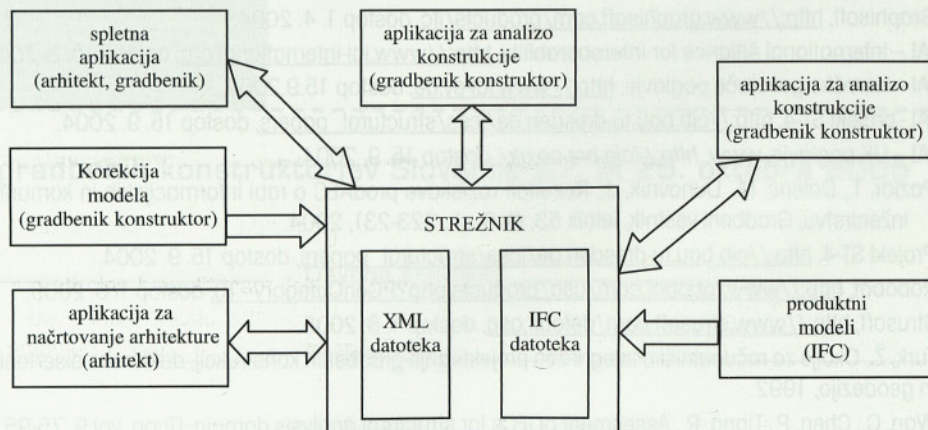
Ena izmed možnih rešitev za čim bolj avtomatiziran prehod med navedenima modeloma je predstavljen v (Wan, 2004). Raziskovalni projekt Univerze Nanyang ter Instituta proizvodnih tehnologij v Singapurju je precej širše zasnovan, saj se deloma nanaša tudi na oceno integracije interoperabilnosti, ki naj bi jo model zgradb IFC zagotavljal pri vsakdanjem delu arhitektov in gradbenikov konstruktorjev. Končni rezultat bo predstavljal prototip spletnega strežnika, namenjenega izmenjavi podatkov o modelu zgradbe med projektanti različnih strok.

Delo arhitekta se v obliki IFC datoteke zapiše na strežnik (slika 17). Program, ki se nahaja

na strežniku, iz dobljene .ifc datoteke prebere podatke o konstrukcijskih elementih (npr. o stebrih, prečkah, ...) in povezavah le-teh. Nato se generira .xml datoteka, rezultati pa se prikažejo v aplikaciji za vnos podatkov s strani gradbenika konstruktorja. Slednji lahko avtomatsko generirani model prilagodi glede na potrebe analize, ki jo namerava opraviti.

Korekcije se posredujejo strežniku, ki poskrbi za ažuriranje računskega modela v zapisu .ifc.

V projektu je kot aplikacija za analizo konstrukcij uporabljen program SAP2000, ki ga pri svojem delu uporabljajo tudi projektanti v Sloveniji. Program žal neposredno ne omogoča zapisa v formatu .ifc. Zato je bilo v okviru projekta potrebno izdelati orodje za transformacijo podatkov iz formata .ifc v format .s2k, to je v tekstovni zapis programa SAP2000.



Slika 17 • Zasnova raziskovalnega projekta



## 6 • SKLEP

Opisana razširitev je v programski opremi za analizo konstrukcij, ki jo pri vsakodnevnem delu uporabljajo gradbeniki-konstruktorji slabo implementirana. Ifc zapis arhitekturnega modela (različica 2.0) omogoča že kar nekaj aplikacij (Graphisoft ArchiCAD, Autodesk Architectural Desktop, Nemetschek Allplan, ...). Na področju statične analize konstrukcij je branje/pisanje .ifc datotek možno s programom ROBOT (dodatek ROBIN) (Robobat, 2005) ter deloma s programom IMPACT (Strusoff) (Strusoff, 2005). Eden izmed pomembnejših vzrokov za takšno stanje je zagotovo nepopolnost razširitve ST-4, saj zaenkrat v .ifc zapisu ni mogoče zapisati vseh veličin, ki se pojavljajo pri statični in dinamični analizi. Na tem mestu je smiselno navesti še ostale najpomembnejše ovire, ki so se pojavile pri implementaciji IFC-jev na ostalih področjih in se bodo najverjetneje pojavile tudi pri implementaciji razširitve za statično analizo konstrukcij (Bazjanac, 2002):

- Industrija v splošnem še ni pripravljena na interoperabilnost programske opreme, saj »povprečni« uporabniki (vključno z arhitekti) še vedno načrtujejo dvodimenzionalno. Poglavitno oviro za prehod na 3D načrtovanje predstavlja prezaposlenost pro-

jektantov ter vseh ostalih, vpletenih v življenjski cikel zgradbe. Opisani prehod bi najlažje dosegli že med izobraževanjem novih generacij strokovnjakov AEC sektorja, saj interoperabilnost zahteva ekipno in ne individualno delo.

- Nekompatibilnost podatkov. Problem izhaja iz nekompatibilnosti interoperabilnih aplikacij: podatki, ki jih definira ena aplikacija, se v določenih primerih ne ujemajo s pričakovani druge aplikacije. Pri implementaciji razširitve ST-4 bo pri prirejanju statičnega modela arhitekturnemu opisana prepreka zagotovo prišla do izraza.
- Velikost .ifc datoteke. Zapis celotnega informacijskega modela zgradbe je tudi za enostavne objekte zelo obsežen. Velikost datoteke lahko hitro preseže več deset MB, kar lahko predstavlja dolgotrajno obdelavo (uvoz) podatkov ter dolgotrajen prenos podatkov preko spleta. Rešitev problema predstavljajo že opisani »pogledi na model« oz. delna izmenjava podatkov.
- Po opravljeni implementaciji razširitve ST-4 bo potrebna skrbna izbira programske opreme. Na ostalih področjih, ki jih pokriva IFC-ji, se je pokazalo, da v razvojni fazi

lahko nastopi kar nekaj pomanjkljivosti in neažurnost njihove odprave povzročajo pri končnem uporabniku razočaranje in posledično nezanimanje nad implementacijo v vsakdanje delo.

Poleg IFC-jev obstajajo tudi drugi, v praksi uveljavljeni modeli zgradb (npr. CIMSteel), ki pa so običajno omejeni (CIMSteel na jeklene konstrukcije). Takšne modele je sicer res možno definirati v krajšem času ter tudi lažje implementirati, vendar pa je za zunanjo komunikacijo zopet potrebno izdelati pretvornike.

Z modelom zgradb IFC skušamo opisati poljuben produkt industrije, ki oblikuje grajeno okolje, in sicer v fazi načrtovanja, gradnje, upravljanja in odstranitve. S širjenjem standarda na celotni življenjski cikel zgradbe model postaja preobsežen za implementacijo v celoti. Vendar pa bi tudi v primeru delne implementacije (arhitekturni – statični model) lahko zmanjšali čas priprave projektne dokumentacije, odpravili podvajanja, napake, slabo kakovost ter znižali stroške. Če želimo doseči te cilje, bi bilo potrebno rezultate projekta ST-4 dopolniti z manjkajočimi področji (dinamična analiza, obtežba s prednapenjanjem, topologija končnih elementov, prikaz rezultatov analize po MKE, ...) ter poskrbeti za implementacijo v programsko opremo za statično in dinamično analizo konstrukcij.

## 6 • LITERATURA

AECweb, <http://www.aecweb.de>, dostop 15. 9. 2004.

Bazjanac, V., Early lessons from deployment of the IFC compatible software, Keynote paper, Proceedings of the fourth European conference on product and process modeling in the building and related industries, Portorož, 9.–11. september 2002, str. 9–16, Balkema, 2002.

Cerovšek, T., Distribuirana računalniško integrirana gradnja pri pogojih necelovitosti, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za Gradbeništvo in geodezijo, 2003.

Graphisoft, <http://www.graphisoft.com/products/ifc>, dostop 1. 4. 2004.

IAI – International Alliance for Interoperability, <http://www.iai-international.org>, dostop 15. 3. 2005.

IAI – nemško govoreče poglavje, <http://www.iai-ev.de>, dostop 15.9.2004.

IAI - projekt ST-4, [http://cib.bau.tu-dresden.de/icss/structural\\_papers](http://cib.bau.tu-dresden.de/icss/structural_papers), dostop 15. 9. 2004.

IAI – UK poglavje, [www. http://cig.bre.co.uk/](http://cig.bre.co.uk/), dostop 15. 9. 2004.

Pazlar, T., Dolenc, M., Duhovnik, J., Rezultati raziskave prodAEC o rabi informacijskih in komunikacijskih tehnologij v arhitekturi, gradbeništvu in inženirstvu, Gradbeni vestnik, letnik 53, št. 9, str. 223-231, 2004.

Projekt ST-4, [http://cib.bau.tu-dresden.de/icss/structural\\_papers](http://cib.bau.tu-dresden.de/icss/structural_papers), dostop 15. 9. 2004.

Robobat, <http://www.robobat.com/usa/products.php?PGenCategory=10>, dostop 1. 6. 2005.

Strusoff, <http://www.strusoff.com/default.asp>, dostop 1. 6. 2005.

Turk, Ž., Okolje za računalniško integrirano projektiranje gradbenih konstrukcij, doktorska disertacija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za Gradbeništvo in geodezijo, 1992.

Wan, C., Chen, P., Tiong, R., Assessment of IFCs for structural analysis domain, ITcon, vol 9, 75-95, 2004.



# uabilo na 27. zborovanje

gradbenih konstruktorjev  
Slovenije

Bled, hotel Golf  
27.-28. oktober 2005



Slovensko društvo  
gradbenih konstruktorjev

SDGK

Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev

## • Prijava

Svojo udeležbo na zborovanju prijavite s tem, da nam pošljete izpolnjeno prijavo, ki jo odrežete od tega vabila in nakažete kotizacijo na naslov:

**Slovensko društvo gradbenih konstruktorjev,  
Jamova 2, 1000 Ljubljana.**

Kotizacijo nakažite na TR Slovenskega društva gradbenih konstruktorjev **02085-0015319187** s pripisom za 27. zborovanje gradbenih konstruktorjev. Prijavi priložite potrdilo o plačani kotizaciji.

Za dodatne informacije lahko pokličete Franca Sajeta ali Jožeta Lopatiča po telefonu na št.: **01 476 8500** ali pošljete elektronsko pošto na naslov: [jlopatic@fgg.uni-lj.si](mailto:jlopatic@fgg.uni-lj.si).

## • Kotizacija

Kotizacija za udeležbo na zborovanju, v kateri so zajeti stroški organizacije in publikacije zborovanja, kakor tudi stroški družabnega srečanja, znaša **35.000 SIT** na osebo v primeru plačila do **27. septembra 2005**, oziroma **40.000 SIT** v primeru kasnejšega plačila. Za upokojene in študente znaša kotizacija **15.000 SIT**. Kotizacija je prenosljiva na drugo osebo, ne bomō pa je vračali. Avtorji prispevkov pri kotizaciji nimajo popusta.

## • Promocija dejavnosti

Na podlagi dogovora z organizatorjem bo na zborovanju mogoča tudi promocija vaših izdelkov in storitev.

### Prijava za 27. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije 27. in 28. oktobra 2005

Ime in priimek: \_\_\_\_\_

Davčna številka: \_\_\_\_\_

Podjetje oz. ustanova: \_\_\_\_\_

Podpis: \_\_\_\_\_

Naslov: \_\_\_\_\_

Kotizacija je bila nakazana na transakcijski račun Slovenskega društva gradbenih konstruktorjev, Jamova 2, Ljubljana, št. 02085-0015319187.

Telefon: \_\_\_\_\_

E-mail: \_\_\_\_\_

Potrdilo o plačani kotizaciji je priloženo.



# KOLEDAR PRIREDITEV

**26.10. - 28.10.2005**

**EVACES - Experimental Vibration Analysis**

for Civil Engineering Structures  
Bordeaux, Francija  
bourgain@mail.enpc.fr

**27.10. - 28.10.2005**

**27. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije**

Bled, Slovenija  
jlopatic@fgg.uni-lj.si

**27.10. - 28.10.2005**

**The 2004 Forum on Hydropower  
Supply, Security and Sustainability**

Gatineau, Kanada  
collug@videotron.ca

**5.11. - 10.11.2005**

**12th World Congress on ITS**

San Francisco, ZDA  
www.itsworldcongress.org  
ntpsales@ntpshow.com

**15.11. - 16.11.2005**

**Bridge Engineering**

Rotterdam, Nizozemska  
www.bridgeneering.com  
info@briskevents.nl

**22.11. - 25.11.2005**

**12th World Water Congress**

New Delhi, Indija  
www.cbip.org  
cbip@cbip.prg

**30.11. - 2.12.2005**

**10. kolokvij o asfaltih in bitumnih**

Hotel Kompas, Kranjska gora, Slovenija  
www.zdruzenje-zas.si  
info@zdruzenje-zas.si

**6.12. - 7.12.2005**

**Road Expo London**

London, Anglija  
www.road-expo.com  
roadexpo@fav-house.com

**11.12. - 14.12.2005**

**International Conference on Science  
and Technology of Composite**

Buenos Aires, Argentina  
www.comat.fi.mdp.edu.ar  
comat@fi.mdp.edu.ar

**12.12. - 15.12.2005**

**Gulf Traffic**

Dubaj, Združeni Arabski Emirati  
www.gulfttraffic.com  
davyd.farrell@irme.com

**8.3. - 9.3.2006**

**Road Expo Ireland**

Dublin, Irska  
www.road-exo.com  
roadexpo@fav-huse.com

**12.3. - 15.3.2006**

**Roadex 2006**

Abu Dhabi, Združeni Arabski Emirati  
www.roadex-uae.ae  
roadex@gec.ae

**22.3. - 25.3.2006**

**Holz-Handwerk 2004**

Nürnberg, Nemčija  
www.nuernbergmesse.de

**2.4 - 6.4.2006**

**4th International Conference on Unsaturated Soils**

Carefree, Arizona, ZDA  
www.asce.org/conferences/unsat06/

**18.5 - 21.5.2006**

**2006 Structures Congress**

St. Louis, Missouri, ZDA  
www.asce.org/conferences/structures2006/17/

**21.5. - 24.5.2006**

**International conference on BRIDGES**

Dubrovnik, Hrvaška  
secon@grad.hr

**4.7. - 7.7.2006**

**Infrastructure Facilities Asia 2006**

Singapur  
www.infrastructure-asia.com  
enquiry@hqinterfama.com

**4.7 - 7.7.2006**

**Intertraffic Amsterdam 2006**

Amsterdam, Nizozemska  
www.amsterdam.intertraffic.com  
intertraffic@rai.nl

**6.8. - 10.8.2006**

**WCTE 2006**

**World Conference on Timber**

Portland, Oregon, ZDA  
www.alexschreyer.de/eng/w\_conf.htm  
jamie.legoe@oregonstate.edu

**29.8. - 1.9.2006**

**12th European Conference on Composite Materials**

Biarritz, Francija  
www.paginas.fe.up.pt/ECCM12/  
eccm12@lcts.u-bordeaux1.fr

**13.9. - 15.9.2006**

**IABSE Symposium on**

**Responding to Tomorrow's Challenges in Structural Engineering**

Budimpešta, Madžarska  
www.iabse.hu  
iabse@asszisztencia.hu

Rubriko ureja • **Jan Kristijan Juteršek**, ki sprejema predloge  
za objavo na e-naslov: **msg@izs.si**