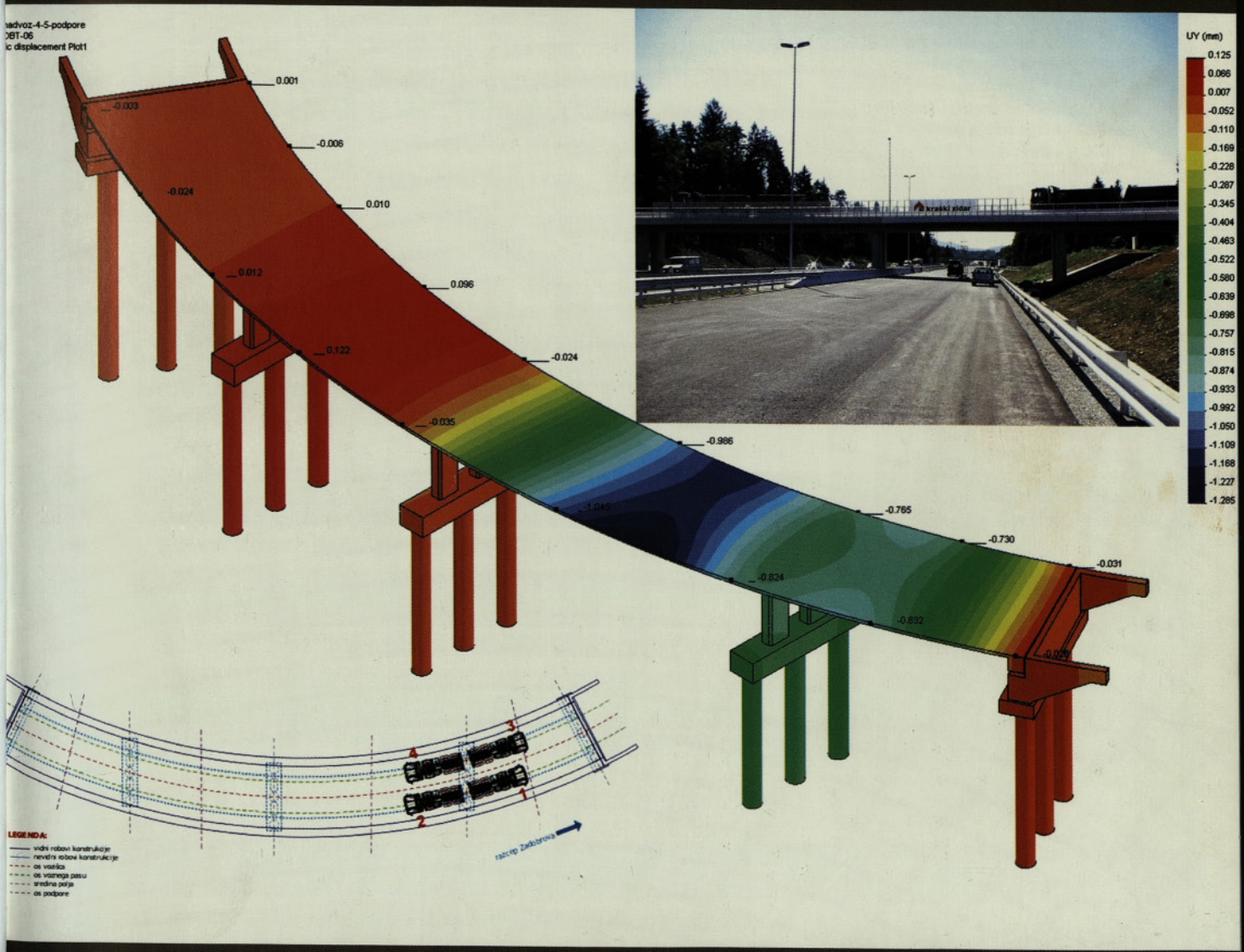
GRADBENI VESTNIK

januar 2007



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

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana

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

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774

Ljubljana, januar 2007, letnik 56, str. 1-28

Izdajatelj:
Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9e, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 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 številk. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 22,95 EUR; za študente in upokojence 9,18 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 169,79 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je vštet DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

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 dvojnim presledkom 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

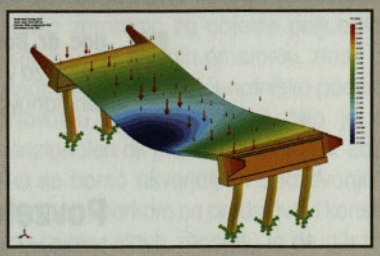
Članki • Papers

stran **2**

doc. dr. Boris Lutar, univ. dipl. inž. grad.

UPORABA 3D MODELIRNIKOV

USE OF 3D MODELERS

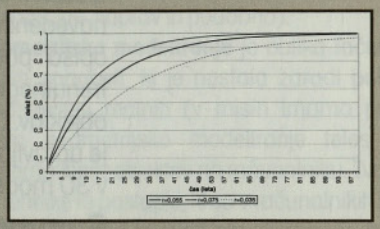


stran **15**

doc. dr. Igor Pšunder, univ. dipl. inž. grad.

OCENJEVANJE ZMANJŠANJA VREDNOSTI NEPREMIČNINSKIH PRAVIC ZARADI PRAVICE STVARNE SLUŽNOSTI, KI JE USTANOVLJENA ZA DOLOČEN ČAS

APPRAISAL OF REAL ESTATE DIMINISHED VALUE DUE TO LIMITED PERIOD REAL EASMENT



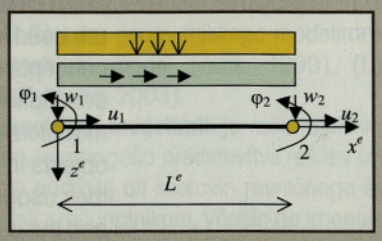
stran **19**

Uroš Bohinc, dipl. inž. fiz.

izr. prof. dr. Boštjan Brank, univ. dipl. inž. grad.

KAKO GOSTA NAJ BO MREŽA KONČNIH ELEMENTOV PRI STATIČNI ANALIZI LINIJSKIH KONSTRUKCIJ?

HOW FINE SHOULD BE A FINITE ELEMENT MESH FOR STATIC ANALYSIS OF FRAME STRUCTURES



Poročila s prireditev

MIŠIČEV VODARSKI DAN 2006 V MARIBORU

Razpis

NAGRADA ZA JEKLENO KONSTRUKCIJO 2007

Vabili

VABILO FGG UL V KLUB DIPLOMANTOV

PRVO EVROPSKO SREČANJE ŠTUDENTOV GRADBENIŠTVA

Bled, 16.–20. april 2007

Seminarji

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2007

Novi diplomanti

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

Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: 3D model avtocestnega nadvoza 4–5 na AC Karavanke–Obrežje, odsek Šentvid–Koseze, avtor Boris Lutar

UPORABA 3D MODELIRNIKOV
USE OF 3D MODELERS

doc. dr. Boris Lutar, univ. dipl. inž. grad.
Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo,
Smetanova 17, 2000 Maribor

Znanstveni članek
UDK 624.048 : 519.68

Povzetek | 3D modelirniki, geometrijski modeli in geometrijsko modeliranje izdelkov se uporabljajo na različnih strokovnih področjih. V članku so podani opisi navedenih pojmov in prikazan je razvoj 3D modelirnikov. V obliki diskusije, zgledov in opisa postavljene hipoteze je prikazan smisel uporabe 3D modelirnikov in oris trenutnega stanja v našem gradbeništvu na področju geometrijskega modeliranja objektov. Opisani so 3D tiskalniki in možnost njihove uporabe v gradbeništvu. Prikazano je upravljanje podatkovnih baz projektov in uporabnost ustreznih modulov za ta namen v 3D modelirnikih.

Summary | 3D Modelers, geometric models and geometric modelling of products are used in various technical fields. The paper presents a description of the mentioned concepts and the evolution of 3D modelers. In a form of discussion, examples and the description of the defined hypothesis we become aware of the reason for the use of 3D modelers and get a view of the momentary situation in sphere of geometric modelling of objects in our civil engineering. The paper describes 3D printers and the possibilities of their usage in civil engineering. It also shows the management of data bases of projects and the use of suitable modules for this purpose in 3D modelers.

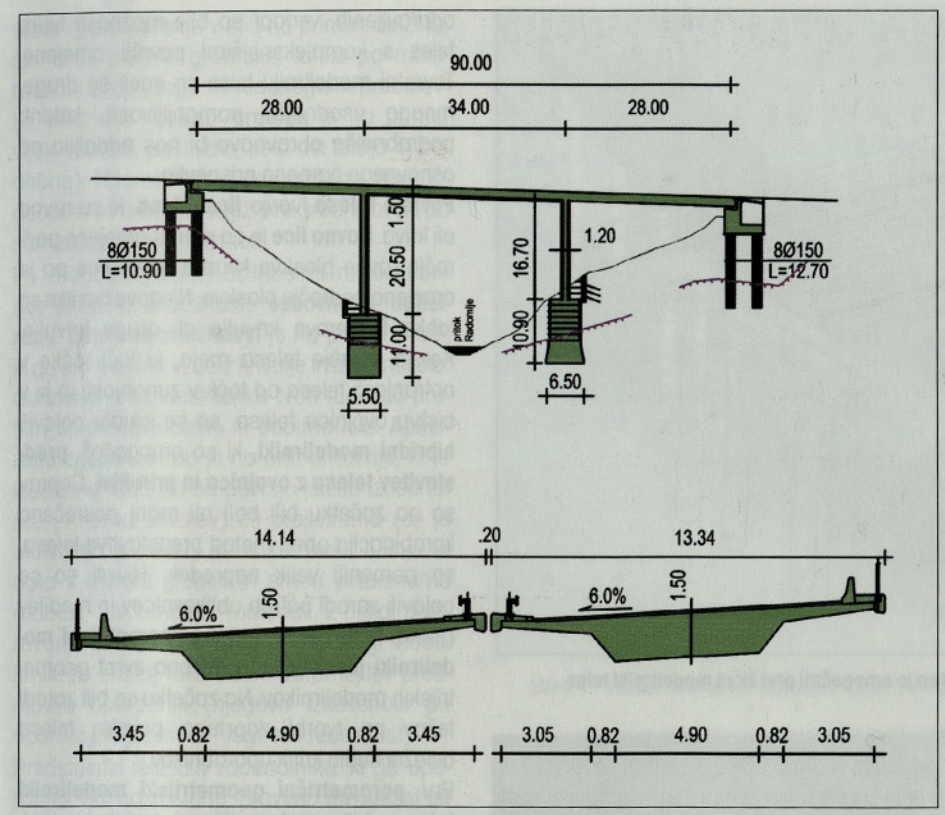
1 • UVOD

1.1 Splošno

Slika, skica in risba so grafične predstavitve ali slikovne informacije geometrije, ki podaja oblike in prostorske odnose med objekti (med stavbami, različnimi konstrukcijami in drugimi izdelki). Pri posredovanju informacij med ljudmi s slikami in skicami ni omejitev kot pri jezikih in pisavah. Cilj človeka je, da idejo o objektu opredmeti. S tem postane načrtovalec, ki svojo idejo opiše, kar ni enostavno opravilo. Pogosto naleti na težavo, kako ustrezno opisati potrebne aktivnosti za izdelavo objekta. Znano je, da se informacija o obliki naprave ali njenega dela razlikuje od opisov materialov za izdelavo naprave (ali njenih delov), od kalkulacije ali cene izdelka, od terminskih planov izdelave in podobnega. Opis oblike načrtovane izdelave objekta je množica povezanih informacij, ki morajo biti nedvoumne. Določa ga topologija in geometrija objekta. Prva (topologija) podaja uporabljene komponente in njihovo povezanost pri objektu (oglišča, robovi, lica), druga (geometrija) pa prostorske relacije med deli objekta in med objekti. Njeni gradniki so točke, premice, daljice, krivulje, prebodišča, presečnice in podobno.

Proces določanja lastnosti objekta imenujemo **načrtovanje**. V njem je opis oblike novega objekta zahtevno delo. Iz navedenih razlogov je razumljiva težnja človeka, da kar v največji možni meri množico potrebnih informacij upravlja na znosen način. To so mu omogočili prvi računalniški programi, ki so se pojavili skupaj s cenejšo, dostopnejšo in zmogljivejšo računalniško opremo kmalu po letu 1970. Na začetku so programi za računalniško grafiko omogočali le skromne dvodimenzionalne predstavitve (risanje) objektov. Hiter razvoj je prinašal in še prinaša vse zmogljivejšo programsko (programe) in strojno opremo.

Risbe ali načrti (slika 1) so dvodimenzionalne predstavitve bodočih objektov. V njih je množica opisov in simbolov, ki tvorijo dodatno razlago oblik (dimenzije, dovoljena odstopanja ali tolerance, navodila za izdelavo in podobno) in običajno ustrezajo veljavnim standardom. Objekt je na risbah predstavljen v pogledih (v tlorisu, v narisu, v stranskem risu). Podrobnosti so prikazane v detajlih in včasih je objekt na risbah prikazan v izometričnem ali dimetričnem pogledu. Manj pogosto v perspektivi, ker je to zahtevna risba, če je izdelana pravilno ob uporabi bežišč. Risbe (pravimo jim tudi načrti) so sestavni del tehniške dokumentacije, ki je potrebna za izdelavo objekta. Njihova slabost je, da ne omogočajo preveriti pravilnosti konstruiranih objektov na mnogih področjih (gradbeništvo, strojništvo, medicinska oprema, protetični izdelki in podobno). V njih ni mogoče vgraditi mehanizmov za kontrolo gibljivosti sestavnih delov objekta (stroja, proteze ...) ali za simulacijo obratovanja naprave. Nastale so iz predstav načrtovalca objekta v standarnih pogledih (tloris, naris, stranski ris, prerez), zato so pogosto nepopolne ali celo napačne. Pri predstavitvah objektov izključno z risbami, ki razen medsebojne povezave niso povezane z drugačnimi načini ali oblikami predstavitev bodočega izdelka, nadomešča računalniška in programska oprema uporabo risalne



Slika 1 • **Risba vzdolžnega in prečnega prereza viadukta Vranke na AC Koper–Lendava na odseku Vransko–Blagovica in pododseku Trojane–Blagovica**

deske, papirja, ravnil, peres in ostalega risarskega pribora. Pri tem delu je že na začetku velika ovira: neustrezna predstavitev bodočega resničnega objekta v računalniku in posledično tudi na risbah (Guid, 1988).

1.2 Vrste modelov in opis

Resnični objekt je tridimenzionalen, zvezen, ima fizikalne lastnosti, namembnost, prenaša obremenitve, podvržen je uporabi, izrabi in podobno. Nasprotja med resničnim svetom in njegovo predstavitvijo v računalnikih so bila vzrok nastanka in uporabe različnih modelov za digitalne predstavitve resničnega sveta v računalnikih. Danes jih uporabljamo veliko in med njimi so tudi podatkovni, procesni, računski, produktni in geometrijski model.

Večini, ki se ukvarjajo z računanjem konstrukcij, je med naštetimi modeli znan računski model objekta (na primer okvirja, stene, plošče), zato ga ne bomo opisali.

Podatkovni model je v računalniški znanosti rezultat podatkovnega modeliranja, v katerem se uporablja matematična teorija neformalnega ali formalnega matematičnega modela. Podatki se strukturirajo ob upoštevanju postavljenih pogojev in omejitev. Strukturirani podatki se uporabijo pri upravljanju baz podatkov z ustreznimi računalniškimi programskimi paketi (Abelson, 1996). Upravljanje velike množice strukturiranih in nestrukturiranih podatkov (besedila, elektronska sporočila oziroma pošta, slike, video in podobno) je osnovna naloga informacijskega sistema.

Procesni model je pojem, ki je poznan v procesnem inženirstvu in se uporablja v različnih povezavah. Morda ga najenostavneje opisuje C. Rolland v članku (Rollland, 1998), kjer pravi: 'Možna uporaba procesnega modela je, da predpišemo, kako stvari morajo/naj bi/ali bodo izdelane v primerjavi z resničnim procesom. Njegov dejanski potek bo določen z njegovo realizacijo.'

Produktni model je sestavina gradnikov in delov, skupaj z relacijami med njimi. Opiše vse logične poti in podatkovne strukture, ki so potrebne za izdelavo, za uporabo, za vzdrževanje in uničenje izdelka. Obsega torej ves življenjski cikel objekta in vsebuje: geometrijski model objekta, podatke o uporabljenih materialih in njihovi razporeditvi po sestavinah geometrijskega modela, časovne načrte izgradnje objekta, načrte in opise izrabe, vzdrževanja ter odstranitve objekta. Tako popoln produktni model je preobsežen in težko obvladljiv, zato je bolje, da je razdeljen na obvladljive dele (Turk, 1991), (Tibaut, 2003).

Geometrijski model podaja obliko fizičnega ali matematičnega objekta ob uporabi geometrijskih konceptov (geometrije in topologije). Uporablja se na mnogih področjih, ker ga lahko zgradimo za objekte poljubnih dimenzij in geometričnih prostorov, zlasti pa v računalniški grafiki, v računalniško podprtem načrtovanju in proizvodnji. Lahko je dvodimenzionalen ali tridimenzionalen. Z zadnjo obliko se bomo ukvarjali v nadaljevanju prispevka s poudarkom na predstavitvi konstrukcij (na primer stavb, mostov) in drugih izdelkov (strojev, naprav in podobno).

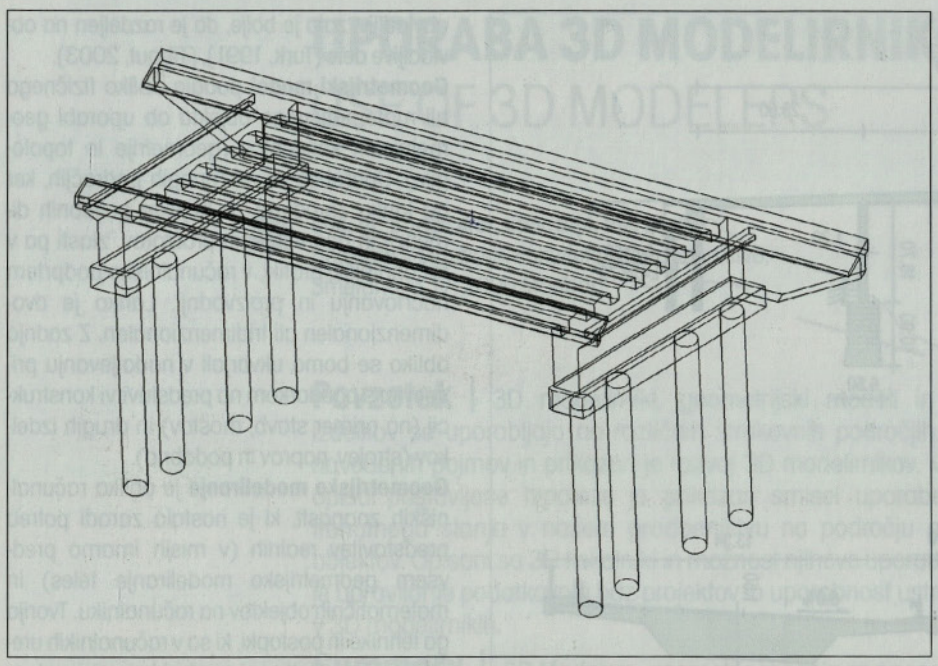
Geometrijsko modeliranje je oblika računalniških znanosti, ki je nastala zaradi potreb predstavitev realnih (v misih imamo predvsem geometrijsko modeliranje teles) in matematičnih objektov na računalniku. Tvorijo ga tehnike in postopki, ki so v računalnikih uresničeni s podatkovnimi strukturami in algoritmi. Rezultat geometrijskega modeliranja je geometrijski model (Žalik, 1999), (Lutar, 2002), (Lutar, 2003).

Geometrijski modelirnik je računalniški program, ki omogoča predstavitve rešitev iz različnih področij ali sestavin resničnega sveta (teles) z računalnikom. Včasih ga imenujemo kar modelirnik in pri tem mislimo na računalniški program, ki omogoča geometrijsko modeliranje teles. V besedilu uporabljamo zaradi jasnosti in razumljivosti ime **geometrijski modelirnik objektov (teles)** oziroma krajše: **3D modelirnik**.

1.3 Geometrijski modelirniki teles, razvoj in opis osnovnih pojmov

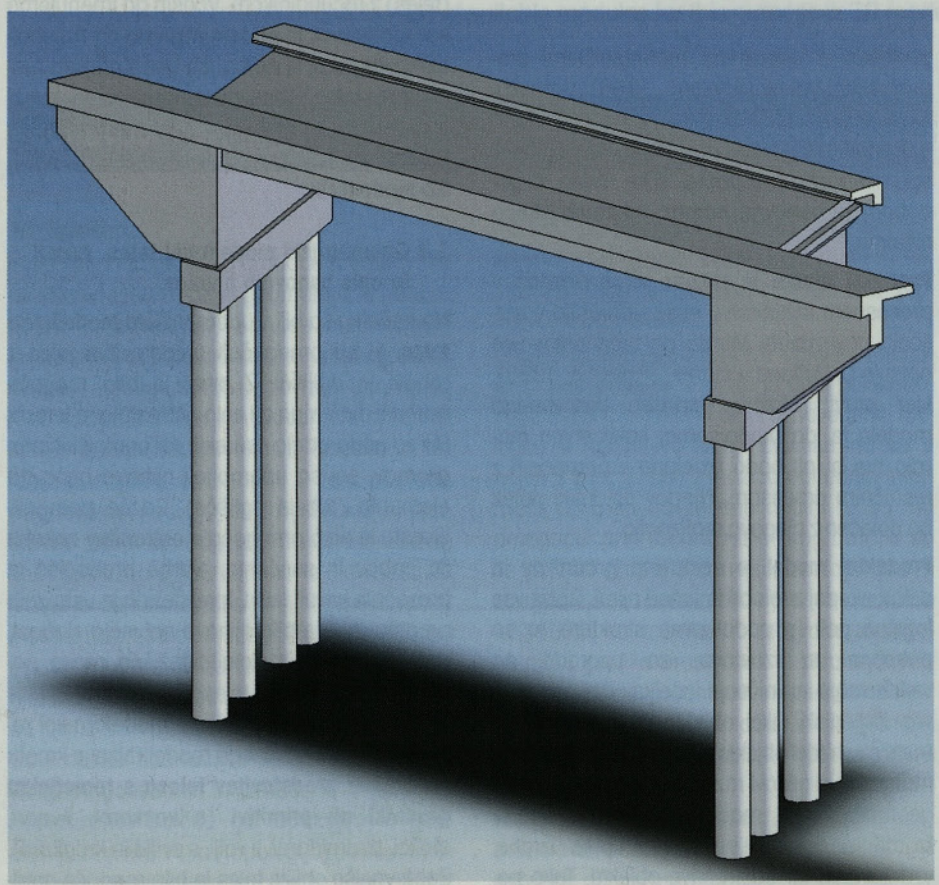
Na začetku so bili v uporabi **žični modelirniki teles**, ki so omogočali predstavitve teles z robovi in ogljišči. Z njimi je bilo mogoče narediti dvoumna ali celo neobstoječa telesa. Bili so nadgradnja risarskih računalniških programov, saj so uporabljali njihova osnovna elementa (rob in oglišče). Razen pomankljivosti, ki niso omogočale ostranitev zakritih lic, robov in senčenja, tvorbe prebodišč in presečnih krivulj teles, torej dobrih in ustreznih predstavitev, je bila njihova največja slabost, da ni bilo mogoče določiti težišča, mase, površine in prostornine telesa.

Predstavitev telesa z žičnim modelom kot rezultata uporabe žičnega modelirnika je kmalu zamenjala **predstavitev telesa s temeljnimi gradniki ali primitivi** (s kockami, kvadri, stožci, piramidami, z valji, s svitki in kroglami). Zahtevnejše oblike teles je bilo mogoče predstaviti z uporabo Boolovih operacij nad njimi



Slika 2 • **Žični model mosta. Prikazan je v obliki, kot so jo omogočali prvi žični modelirniki teles**

(z unijo, z razliko med unijami in podobnim). Različne oblike teles je bilo mogoče ustvariti z uporabo različnega vrstnega reda Boolovih operacij (Lutar, 2000), (Lutar, 2003). Kar nekaj navedenih bistvenih pomanjkljivosti predstavitev teles z žičnimi modeli je bilo tako odpravljenih, vendar so bile možnosti tvorb teles s kompleksnejšimi površji omejene. Tovrstni modelirniki teles so imeli še druge, mnogo usodnejše pomanjljivosti, katerih podrobnejša obravnava bi nas oddaljila od osnovnega namena prispevka.



Slika 3 • **Virtualen model mosta čez Kokro (Cundrov most)**

Površje telesa tvorijo **lica telesa**, ki so ravna ali kriva. **Ravno lice** je na primer omejeno področje ravne ploskve kvadra, **krivo lice** pa je omejeno področje ploskve. Njegove tvorilke so lahko Bezierove krivulje ali druge krivulje. Ker je površje telesa meja, ki loči točke v notranjosti telesa od točk v zunanjosti in je v bistvu ovojnica telesa, so se kmalu pojavili **hibridni modelirniki**, ki so omogočali **predstavitev telesa z ovojnico in primitivi**. Čeprav so na začetku bili bolj ali manj posrečena kombinacija obeh metod predstavitve telesa, so pomenili velik napredek. Hkrati so se pojavili zaradi potreb oblikovalcev in medijev (filma, televizije in drugih) **geometrijski modelirniki ploskev** kot posebna zvrst geometrijskih modelirnikov. Na začetku so bili zaradi težav pri tvorbi zaprtega površja telesa deležni hudih kritik uporabnikov.

Prvi **parametrični geometrijski modelirniki teles** so bili v matematičnem smislu izpopolnjena oblika hibridnih modelirnikov. Pokazalo se je, da navedeni modelirniki ne morejo omogočiti dobre povezave med načrtovanjem in izdelavo telesa. Nepremostljive ovire hitrejšega, dobrega in skladnejšega razvoja so bile:

- potreba, da uporabnik pred pričetkom razgradi načrtovano predstavitev izdelka na računalniku na sestavine, kar se imenuje **načrtovanje od zgoraj navzdol** ali tudi **dekompozicijski proces načrtovanja**,
- omejena množica temeljnih gradnikov ali primitivov,
- otežena ali celo preprečena možnost operacij na izbranem območju konstruiranega telesa,
- omejenost možnosti Boolovih operatorjev,
- nizek nivo abstrakcij in opisov.

Današnji geometrijski modelirniki teles, za katere večina uporabnikov meni, da so dobri in so se uveljavili v praksi, so modelirniki, ki omogočajo **modeliranje teles z geometrijskimi značilnostmi** (Lutar, 2006). Takemu načinu dela pravimo tudi **modeliranje z značilnostmi**. V nekaterih modelirnikih je mogoče videti, da še omogočajo uporabo primitivov, ki je povsem parametrizirana. Vsi omogočajo uporabo Boolovih operatorjev, ker so ti potrebni. Brez njih bi bilo delo oteženo v mnogih primerih. Večinoma so opremljeni s knjižnicami že izdelanih **parametričnih grad-**

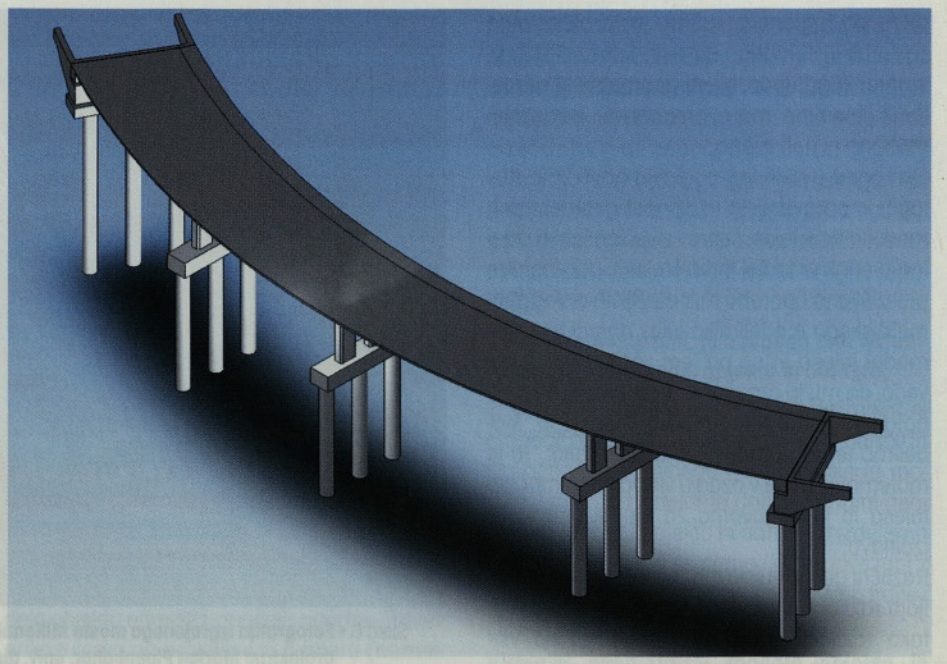
nikov (**parameter** je v njih na primer: dolžina, širina ali premer gradnika, lahko pa matematični izraz vsega navedenega in predstavlja vrednost novega; **gradnik** je na primer vijak, matica, podložka, celo del stroja in podobno). Uporabniku je omogočeno, da kupi dodatne že izdelane knjižnice gradnikov ali pa sam izdela svoje knjižnice.

Pri modeliranju z značilnostmi razlikujemo dve skupine značilnosti: **osnovne** in **aplicirane**. **Osnovna značilnost** je na primer profil, ki ga povlečemo vzdolž krivulje in dobimo telo. Osnovno značilnost lahko tvori tudi več profilov, ki jih obvlečemo in dobimo telo. **Aplicirana značilnost** pa je na primer luknja, ki jo izdelamo tako, da na površje telesa izrišemo (če je ravna ploskev) ali projiciramo (če je ukrivljena ploskev) obris ali profil luknje in nato v izbrani globini in smeri virtualnemu modelu odvzamemo 'material'. Z nekaj pretiravanja lahko rečemo, da so današnji modelirniki že skoraj tako dobri, da omejitev predstavlja uporabnik (njegova izkušenost pri uporabi programa in njegova kreativnost).

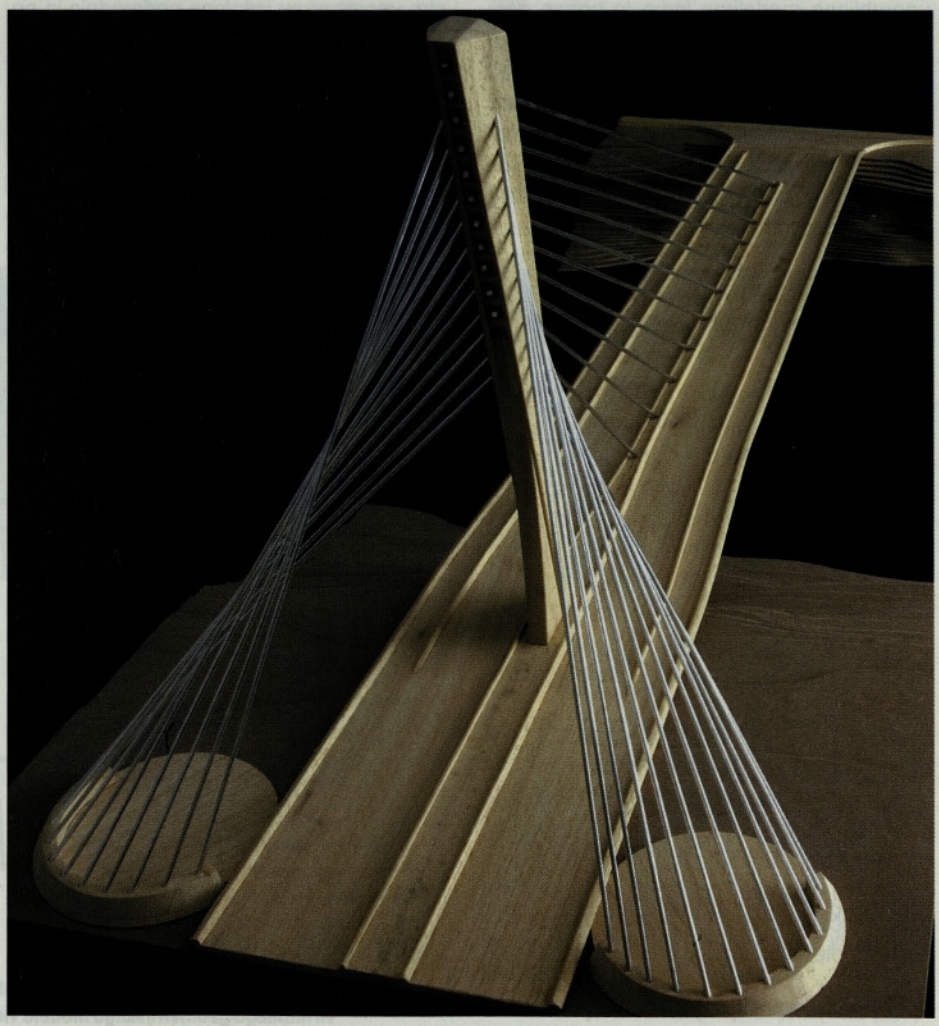
Predstavitvi telesa v računalniku, ki ga uporabnik vidi na zaslonu, pravimo **navidezni ali virtualni model telesa** (sliki 3 in 4). Ne moremo ga otipati ali prijeti (zato uporabljamo izraz 'navidezni' ali 'virtualni' model telesa), lahko pa mu izračunamo površino, prostornino, lego težišča, maso in masne vztrajnostne momente (če mu pripišemo specifično težo materiala). Lahko ga prerežemo in si ogledamo njegovo notranjost, če gre za votlo telo.

Večina današnjih geometrijskih modelirnikov teles omogoča izdelavo dobrih upodobitev, kjer s pripisom izbranih **tekstur** (zadovoljivih videzov resničnih površin materialov) površju telesa in s senčenjem dobimo fotorealistične slike na zaslonu, ki jih lahko shranimo ali natisnemo. Zato uspešno nadomeščajo običajne makete (sliki 5 in 6). Omogočajo tvorbo **gibljivih slik ali animacij**, kar je pomebna oblika predstavitve za nekatera področja (na primer strojništvo).

Pomembno pomagalo načrtovalca je grafična predstavitev zgodovine nastanka virtualnega modela, kjer so v obliki drevesa prikazane uporabljene operacije in ukazi ob upoštevanju postavljene hierarhije v programu. Preprosto povedano: dovoljeno zaporedje je v zaporedju prednik – naslednik ali tudi starši – otroci. V nekaterih primerih in v nekaterih modelirnikih je mogoče to zaporedje, ki večinoma ni ovira, če uporabnik premišljeno izdela virtualni model telesa, zamenjati in tako nastane nova oblika virtualnega modela. To je mogoče, če pri tem ne



Slika 4 • **Virtualen model nadvoza 4–5, za deviacijo Koseze 3, AC odsek 0013 Šentvid–Koseze**



Slika 5 • **Slika makete (ročno izdelanega modela) mosta Millennium v Podgorici, Črna Gora, pred pričetkom izgradnje objekta**

pride do logične porušitve dela ali celotne zgradbe virtualnega modela telesa. Torej do stanja, ki ga uporabljeni geometrijski modelirnik teles ne more predstaviti, ker matematično ni definirano.

Ob koncu uvodnega poglavja navedimo razloge, ki opravičujejo različnost geometrijskih modelirnikov teles, čeprav z večino lahko izdelamo enak virtualni model telesa. Uporabnik s premišljeno uporabo razpoložljivih orodij geometrijskega modelirnika teles naredi virtualni model telesa in se pri tem večinoma ne zaveda, da mu to omogoča 'srce modelirnika' ali natančneje **modelirno jedro** programa. Modelirno jedro bi preprosto opisali tako: 'To je matematika, ki je v ozadju virtualnega modela telesa in je odgovorna za njegovo pravilno izdelavo.'.

Različni geometrijski modelirniki teles uporabljajo različna modelirna jedra in so zato tudi tako različni, čeprav postajajo razlike vse manjše. Noben geometrijski modelirnik teles v celoti ne izkorišča možnosti, ki jih nudi uporabljeno modelirno jedro in noben geometrijski modelirnik ni brez napak. Za napake ni krivo uporabljeno modelirno jedro (na primer ACIS ali PARASOLID) ampak programer (oziroma programerji) in razvijalci programskega orodja. Dobri razvijalci geometrijskih modelirnikov teles tekoče pošiljajo registriranim uporabnikov izdelane nadgradnje in popravke. Pri tem so jim v veliko pomoč prav uporabniki, ki jim sporočajo odkrite napake in težave pri uporabi programa.

V nekatere geometrijske modelirnike teles so vključeni moduli (računalniški programi), ki omogočajo preračune virtualnih modelov konstrukcij pri različnih obtežbah po metodi končnih elementov. Tovrstne računalniške programe imenujemo **integrirani programski paketi**. Združujejo možnosti, ki jih nudijo geometrijski modelirniki teles in računalniški programi za preračune ali analizo konstrukcij (Lutar, 1996), (Lutar, 1977).

Slika 6 • **Fotografija izgrajenega mosta Millennium preko reke Morače v Podgorici, Črna Gora; projektant Marjan Pipenbaher, univ. dipl. inž. grad., PONTING Inženirski biro d.o.o.**

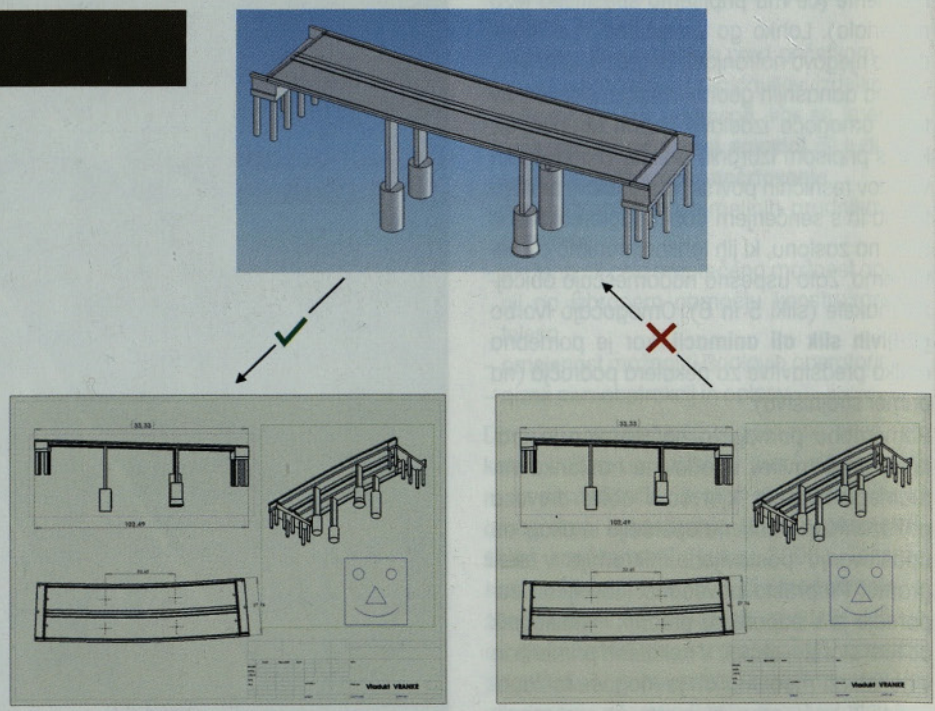
2 • POSTAVITEV HIPOTEZE

Nihče med nami ne vidi ničesar dvodimenzionalno. Vse, kar vidimo, vidimo v prostoru. Res je, da je slika prostora na mrežnici očesa dvodimenzionalna. Ne smemo pa spregledati, da ima zdrav človek dve očesi in da na mrežnici vsakega nastane dvodimenzionalna slika prostora. Ti sliki nista enaki, ker sta očesi razmaknjeni in tako človek vidi tretjo dimenzijo (oddaljenost, globino). To spoznanje je človek uporabil v kartografiji – pri fotogrametriji.

Vsi izdelki (orodja, stavbe, konstrukcije in podobno) so telesa. Izdelane risbe z risarskim priborom ali z risarskimi računalniškimi programi so rezultat prenosa dvodimenzionalne predstavitve bodočega objekta (telesa) v možganih človeka na papir oziroma na zaslon računalnika.

Naša hipoteza, prikazana na sliki 7, je:

Pravilna in naravna pot je, da izvirajo načrti iz virtualnega geometrijskega modela objekta in ne obratno.



Slika 7 • **Slikovna ponazoritev postavljene hipoteze. Spodnja leva risba na sliki izvira iz prikazanega virtualnega geometrijskega modela viadukta na zgornji sliki in ustreza postavljeni hipotezi. Spodnja desna risba pa kaže obratno pot, ki ustreza trenutnim razmeram v praksi in je v nasprotju s postavljeno hipotezo**

3 • OPIS RAZMER PRI NAS IN RAZLAGA POSTAVLJENE HIPOTEZE

Večina načrtov (risb) v našem okolju je danes narisana na računalnikih ob uporabi risarskih računalniških programov. Torej na podoben način, kot so bili izdelani pred uporabo računalnikov. Razlika je v tem, da je risarski pribor nadomeščen z računalnikom in zunanjo strojno opremo – risalniki. Risar v bistvu svojo predstavo bodočega realnega objekta v standardnem pogledu (tlorisu, narisu, prerezu) namesto z risanjem na papir prenese na zaslon računalnika.

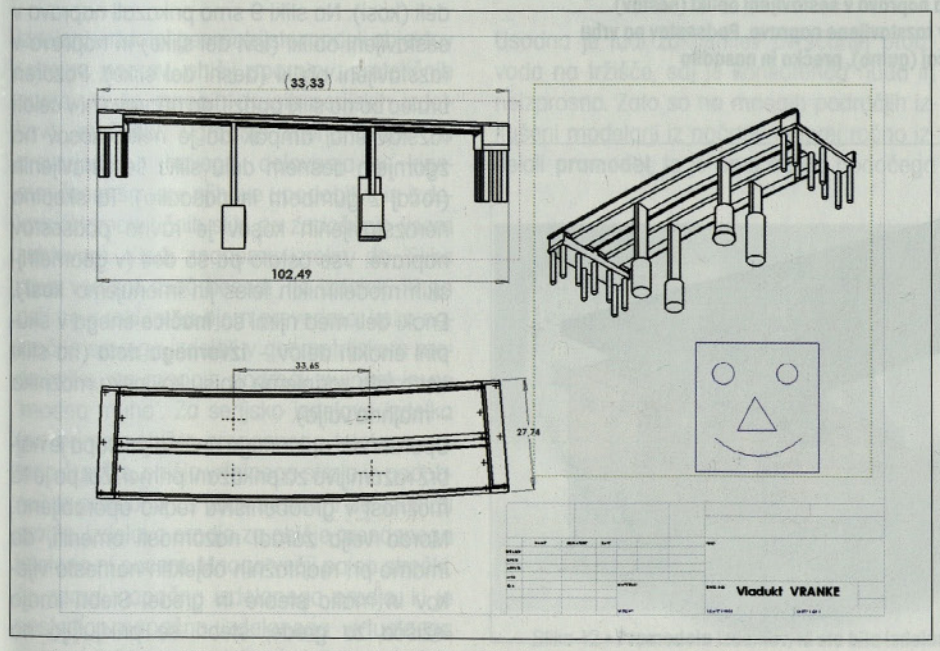
Ustvarjene risbe niso direktno povezane z navideznim ali virtualnim geometrijskim modelom objekta, ki ga risar lahko naredi z ustreznim računalniškim programom za geometrijsko modeliranje teles. Pri tem pogosto pride do napačne predstavitve, kaj je spredaj in mora biti na risbi vidno ter kaj je zadaj in mora biti na risbi prikazano kot nevidno.

Nepovezanost virtualnega modela bodočega objekta in risb ima še usodnejše hibe. Risar opremi risbo z napisi, raznimi simboli in kotami. Kote (dimenzije) so izključno povezane z risbo. Za vrednosti kot lahko vpiše poljubna števila namerno ali pomotoma. Pri svojem delu praktično nima kontrole. Skrbni pregledi prikazanih kot na risbah pogosto pokažejo, da so kote napačne. Avtor prispevka je svoje študente o teh težavah nazorno prepričal tako, da so morali pri vajah s programom SolidWorks izdelati iz treh različnih načrtov mostov virtualne geometrijske modele mostov. Vse skupine so imele na začetku težave zaradi napačnih kot in risarskih napak. Vsi objekti so bili zgrajeni, sklepamo pa lahko, da so izvajalci imeli nepotrebne težave zaradi napak v načrtih.

V risbah, ki izvirajo iz virtualnega modela objekta (v geometrijskih modelirnikih objektov jih drugače ne moremo narediti), mora risar namerno prekiniti povezanost kote in virtualnega geometrijskega modela objekta, da lahko vpiše za vrednost kote svoje število.

Zgornja trditev, ki pojasnuje postavljeno hipotezo, pomeni, da **nenamerno ni mogoče** iz pravilnega virtualnega geometrijskega modela objekta narediti napačnih načrtov. Trditev prikazujemo na praktičnem primeru (namerno skromne in pomanjkljive) oblike načrta za viadukt Vranke (slika 8).

Na načrtu sta prikazani dve koti dolžine viadukta v narisu, od katerih je vrednost dolžine na zgornji koti med oklepajema in se razlikuje od vrednosti dolžine na spodnji koti. Spodnja kota je pravilna in izvira iz izdelanega virtualnega geometrijskega modela viadukta. Ker je z njim povezana, jo imenujemo **vodilno koto**. Zgornja kota je narisana in ni povezana ne z risbo in ne z modelom. Če bi bila povezana samo z risbo, ne pa z modelom, bi jo imenovali **vodena kota**. Razlika med njima je zelo pomembna in jo podajamo v nadaljevanju. Na sliki načrta vidimo, da smo na njem izrisali skico, ki nima povezave z virtualnim geometrijskim modelom viadukta. Z njo smo želeli ovreči razširjeno napačno trditev, da v načrte, ki izvirajo iz virtualnega geometrijskega modela objekta, ni mogoče ničesar vrisati ali dodati. Zaradi preglednosti slike načrta nismo opremili z napisi, komentarji in drugimi simboli, ki so pomembne informacije za izvajalca.



Slika 8 • **Slika načrta viadukta Vranke, ki je bil narejena iz virtualnega geometrijskega modela viadukta v programu SolidWorks**

Če so načrti napačni, je napačen tudi virtualni geometrijski model objekta in obratno.

Z uporabo geometrijskega modelirnika ni mogoče nenamerno narediti dobrih načrtov in napačnega virtualnega geometrijskega modela. Lahko pa izdelamo dober virtualni geometrijski model objekta in namerno izdelamo napačne načrte, ki so samo delno povezani z njim (glede kot oziroma dimenzij). Velja trditev kot sledi.

Virtualni geometrijski modela objekta in načrti (risbe) so med seboj dvosmerno povezani.

V prikazani sliki načrta viadukta (slika 8) je kota, ki ima vrednost dolžine med oklepajema, izrisana. Vnesli smo poljubno vrednost. To smo naredili tako, da smo najprej izrisali koto, ki je bila povezana z virtualnim geometrijskim modelom – torej vodilno koto. Vrednost kote je bila ista, kot je prikazana vrednost spodnje kote dolžine narisa viadukta na sliki. Za tem smo v programu prekinili povezavo med izrisano koto in modelom in ji spremenili vrednost. Če vrednosti ne bi spremenili, bi dobili vodeno koto.

Vodena kota se spremeni, če se spremeni risba na delu, ki mu kota pripada. Njena sprememba nima nobenega vpliva na model. Vodilna kota ali dimenzija pa izvira iz virtualnega modela in je z njim dvosmerno povezana (zato smo postavili trditev, da so načrti in virtualni geometrijski model dvosmerno povezani). Če ob izrisanih načrtih spremenimo konstruirani model, se spremenijo vse kote v vseh načrtih, ki so povezane s spremembo modela. Če ob tem nimamo odprte datoteke, ki vsebuje izrisani načrt, se ta sprememba izvrši ob prvem odprtju datoteke načrta. Kadar pa v načrtu, ki je povezan z modelom, spremenimo vrednosti kot, se ustrezno spremeni konstruirani virtualni model objekta. Pri tem se spremenijo tudi kote in oblike v ostalih načrtih, ki so z virtualnim geometrijskim modelom povezani.

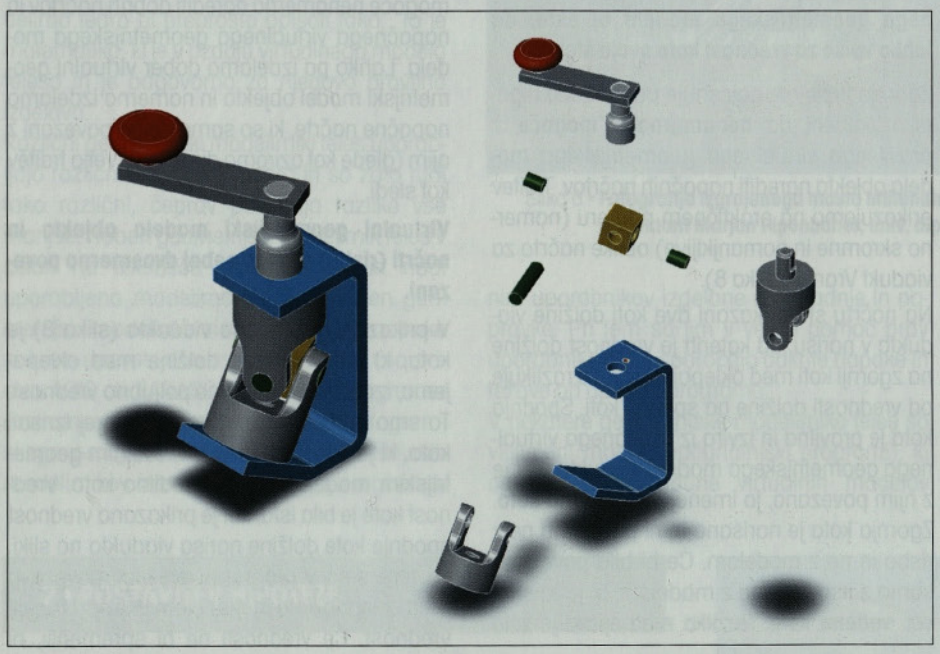
Fizikalnih lastnosti bodočih objektov ne moremo nedvoumno določiti, če za njihovo določitev uporabljamo načrte (risbe).

Pogosto je potrebno za bodoče objekte izračunati prostornino, površino, maso, masne vztrajnostne momente in podobno. Kadar imajo objekti kompliciranе oblike, je to iz risb, ki večinoma ne vsebujejo zadostne količine potrebnih informacij, skoraj nemogoče narediti ali pa so težave tako velike, da se moramo iz praktičnih razlogov zadovoljiti s približki.

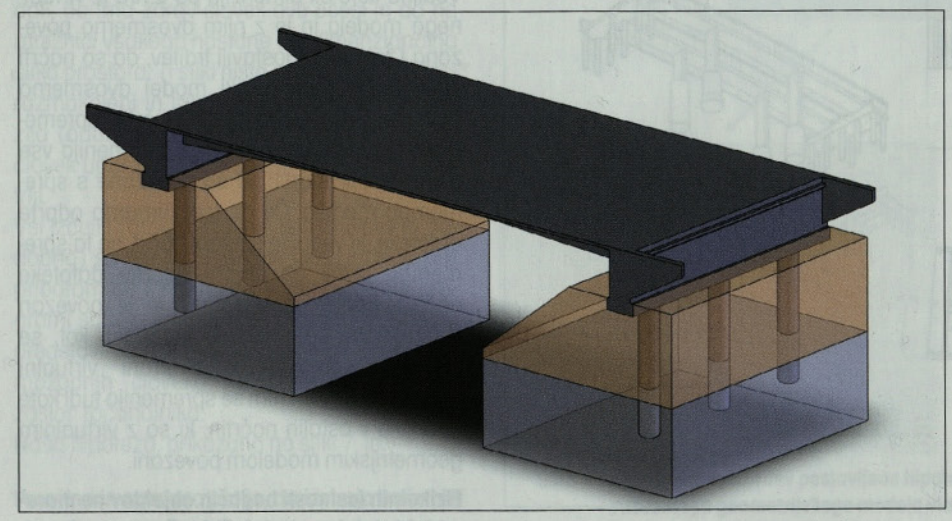
Risanje načrtov na računalnikih ob uporabi risarskih računalniških programov iz navedenih razlogov in opisanih težav ne moremo imenovati 'tehnološki napredek'. Tak način dela, ki je na področju gradbeništva še v pretežni rabi, je posledica dejstva, da je bilo potrebno veliko časa za prehod iz 'ročnega risanja', na risanje načrtov z uporabo računalnikov in risarskih računalniških programov.

Razmere, ki so ob tehnološkem napredku zaskrbljujoče, je mogoče izboljšati s permanentnim izobraževanjem strokovnjakov iz prakse in z ustreznimi, premišljenimi, a dovolj hitrimi spremembami izobraževalnega procesa.

4 • SESTAVI IN UPORABNOST V GRADBENIŠTVU



Slika 9 • **Na levem delu slike je prikazana preprosta naprava v sestavljeni obliki (sestav). Na desnem delu slike pa deli in podsestav razstavljene naprave. Podsestav na vrhu desnega dela slike sestavljajo okrogel ročaj (gumb), prečka in nasadilo**



Slika 10 • **Preprost primer sestava mosta. Kosi sestava so: kosi zemljine z različnimi elastičnimi lastnostmi in most s podporno konstrukcijo**

Stroji in naprave v strojništvu so sestavljeni iz veliko delov (kosov). Veliko delov v nekem stroju je enakih (na primer: istovrstnih vijakov, matic in podložk). Zato lahko v naboru enakih delov enega vzamemo kot izvorni del ali izvorni objekt (izvorni kos), ostali pa so kopije ali inačice izvornega dela (inačice izvornega kosa). V geometrijskem modelirniku objektov bomo za skupino enakih delov izdelali samo izvorni del, ker so preostali njegove inačice.

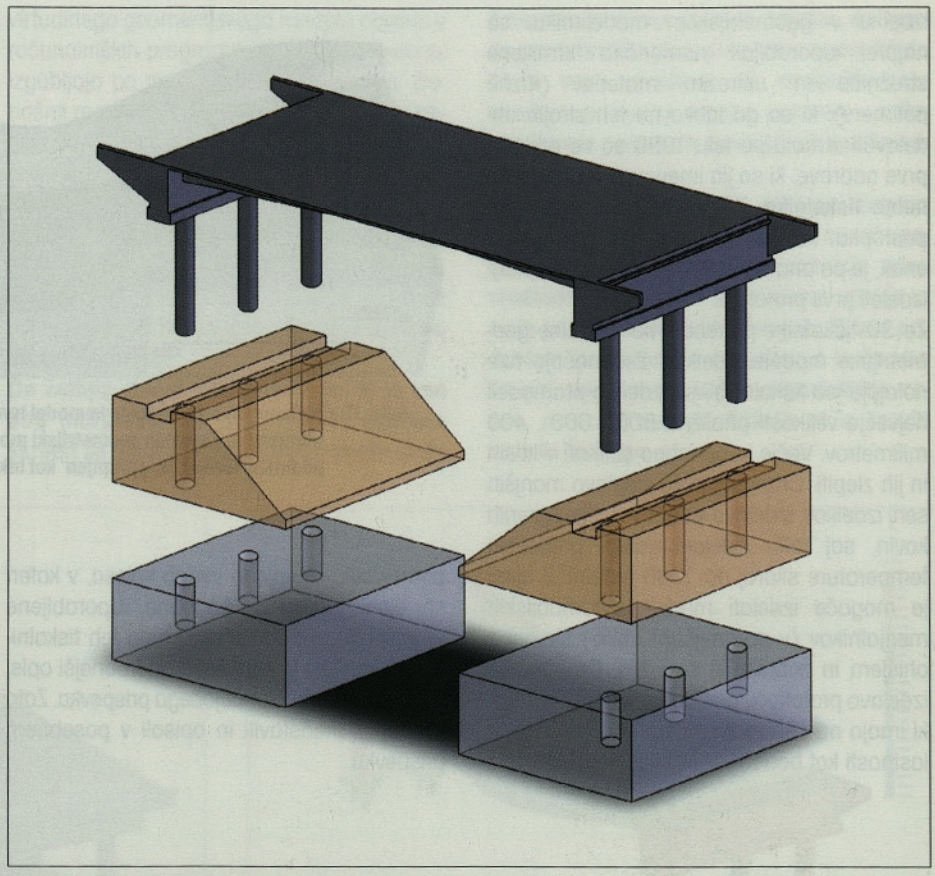
V stroju imamo podskupine delov, ki so sestavljeni iz delov in predstavljajo funkcionalno enoto (na primer: vplinjač ali zaganjač bencinskega motorja). Tako lahko na primeru stroja (na primer: bencinskega motorja) razložimo pomen uporabe **sestavov** v strojništvu. Beseda 'sestav' pove, da je nekaj sestavljeno. Vplinjač in zaganjač bencinskega motorja sta v bistvu sestava. Toda ker to velja tudi za cel bencinski motor, ki mu omenjeni funkcionalni enoti pripadata (oziroma ga tvorita – sestavljata), imamo takoj besedno in pomensko zmedo. Zato imenujemo funkcionalne enote, ki tvorijo večjo funkcionalno enoto, **podsestav**. Tudi podsestav sestavljajo deli (kosi). Na sliki 9 smo prikazali napravo v sestavljeni obliki (levi del slike) in napravo v razstavljeni obliki (desni del slike). Pozoren bralec bo na sliki opazil, da naprava ni v celoti razstavljena, ampak da je nekaj kosov na zgornjem desnem delu slike še setavljenih (ročaj z gumbom in nasadilo). Ta skupina nerazstavljenih kosov je ravno podsestav naprave. Vse ostalo pa so deli (v geometrijskih modelirnikih teles jih imenujemo **kosi**). Enaki deli med njimi so **inačice** enega v skupini enakih delov – **izvornega dela** (na sliki ustrezata zadnjemu opisu kovinska moznika – majhna valja).

Uporabnost opisanega načina pristopa je najbrž razumljiva za prikazani primer. Žal pa je ta možnost v gradbeništvu redko uporabljena. Morda velja zaradi nazornosti omeniti, da imamo pri montažnih objektih namesto vijakov in matic stebre in grede. Stebri imajo ležišča za grede, stebri se priključijo na točkovne temelje in podobno. V gradbeništvu imamo pogosto opravka s kompliciranimi

oblikami konstrukcij. V uporabljenem geometrijskem modelirniku lahko kompliciranе oblike naredimo tako, da jih razrežemo na podsestave (na primer: gredna konstrukcija mosta, kompliciranе oblike glav stebrov, ležišča kablov in podobno). Tako lahko hkrati dela na projektu več ljudi, s čimer skrajšamo čas izdelave virtualnega geometrijskega modela objekta.

Za potrditev navedb smo prikazali primer iz gradbeništva. Na sliki 10 je prikazan sestav, ki ga tvorijo kosi zemljine (njihova oblika je določena za potrebe izračuna, v katerem bo upoštevano sodelovanje zemljine in podporne konstrukcije mosta (blazin pilotov in pilotov)). Pri tvorbi računskega modela je potrebno mrežiti vsak kos zemljine z elementi, ki imajo pripadajoče elastične lastnosti. Enako velja tudi za most in njegovo podporno konstrukcijo. Slika 11 pa prikazuje kose sestava oziroma virtualni geometrijski model prikazane konstrukcije v razstavljeni obliki.

Geometrijski modelirniki objektov omogočajo, da tudi v gradbeništvu za zahtevne objekte izrabimo njihove možnosti za tvorbo sestavov, ki omogočajo boljšo izrabo delovnega časa, večjo natančnost konstruiranja virtualnih geometrijskih modelov in lažje upoštevanje posebnosti v preračunih.

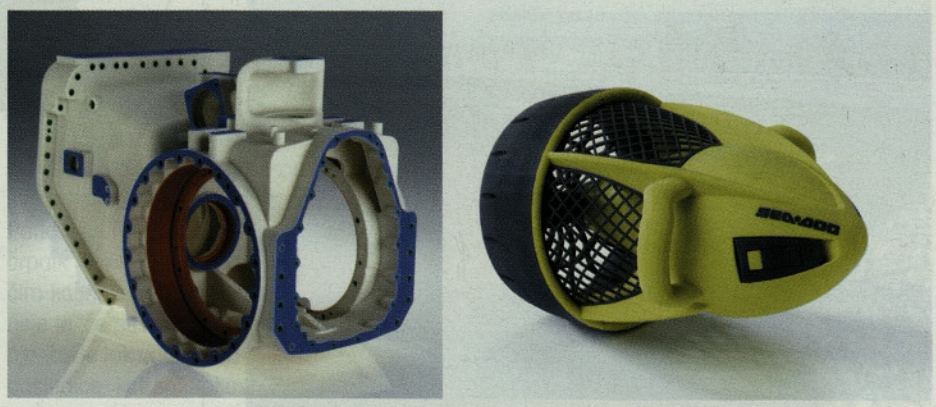


Slika 11 • **Slika razmaknjenih kosov sestava**

5 • 3D TISKALNIKI IN IZDELAVA MAKET

Izdelani virtualni geometrijski modeli objektov (strojev, naprav, ohišij aparatov, protetičnih naprav in še mnogih drugih serijskih izdelkov), možnosti vgradnje mehanizmov za preverjanje njihovega delovanja v kinematičnem smislu, njihove upodobitve in izdelave fotorealističnih slik, ne zadoščajo vsem zahtevam. Kljub znanemu izreku, da 'Slika pove več kot tisoč besed!', je izdelek, ki ga držimo v roki in na njem preverimo, kako natančno smo ga izdelali v geometrijskem modelirniku, na mnogih področij nujnost in ne 'modna muha'. Za serijsko izdelavo izdelka (na primer: ohišja prenosnega telefona, rotorja črpalke, ohišja vrtalnega stroja in podobno) je potrebno za vsak sestavni del izdelati orodje. Izdelava orodja za ohišje prenosnega telefona ni poceni. Mnogo večji pa so stroški, če zaradi napačno izdelanega orodja, ki je posledica napačno izdelanega virtualnega geometrijskega modela izdelka, mirujejo montažni trakovi in so delavci brez dela.

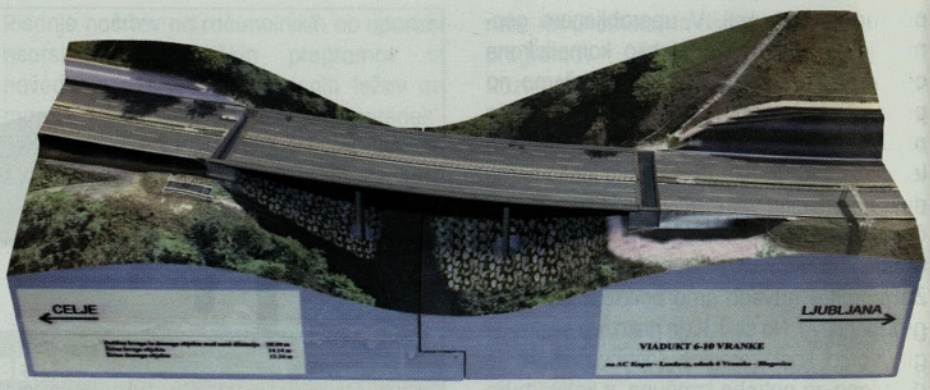
Usodna je tudi zakasnitev uvrščanja proizvoda na tržišče, saj je konkurenca huda in neizprosna. Zato so na mnogih področjih izkušeni modelarji iz načrtov najprej ročno izdelali **pramodel**, to je prvo obliko bodočega izdelka. Na njem so konstruktorji lahko ugotovili morebitne napake in jih pred izdelavo orodij (matric in patric bodočih izdelkov) odstranili. Natančno izdelan pramodel zahteva veliko časa in ker ga izdela modelar (človek), ki je zmotljiv, ni zagotovila, da je izdelan tako, kot je v načrtih. Da bi skrajšali potrebni čas izdelave pramodela in ga izdelali v obliki in kvaliteti, ki ustreza virtualnemu



Slika 12 • **Pramodela izdelkov, ki sta bila izdelana na 3D tiskalniku. Desni pramodel je tudi prototip. Narejen je iz delov, ki so izdelani v enaki barvi, enake oblike in debeline ter enako sestavljeni kot proizvodni izdelek**

izdelku v geometrijskem modelirniku, so najprej uporabljali numerično krmiljene stružnice in ustrezen material (razne polimere), ki so ga lahko na teh strojih obdelovali. Kmalu po letu 1990 so se pojavile prve naprave, ki so jih imenovali **tridimenzionalne tiskalnike**. Z njimi so po podobnem postopku, kot se uporablja pri tiskanju (ni enak, je pa analogen tiskarskemu postopku), izdelali prve prototipe.

Za 3D tiskalnike potrebujemo virtualne geometrijske modele izdelkov. Z današnjo tehnologijo teh tiskalnikov se izdelajo pramodeli največje velikosti približno 500 . 600 . 400 milimetrov. Večje je potrebno izdelati v kosih in jih zlepiti. Omogočajo že izdelavo manjših serij izdelkov, izdelavo kalupov za litje barvnih kovin, saj tako izdelani kalupi prenesejo temperature skoraj do 1000 stopinj. Z njimi je mogoče izdelati modele avtomobilskih menjalnikov (v pomanjšani obliki) skupaj z ohišjem in zobniki, ki se vrtijo. Omogočajo izdelavo prototipov podplatov športne obutve, ki imajo na otip in zvijanje podoben videz in lastnosti kot bodoči izdelki. Izdelajo lahko na primer celo sklenjeno verigo kolesa, v kateri so členi gibljivi in podobno. Uporabljene tehnologije in principi delovanja teh tiskalnikov so različni in zahtevajo podrobnejši opis, ki presega namen pričujočega prispevka. Zato jih bomo predstavili in opisali v posebnem prispevku.



Slika 13 • **Maketa modela viadukta in model terena, izdelana na 3D tiskalniku. Na model terena, ki je narejen kot virtualen geometrijski model v programu SolidWorks na osnovi kartografskih podatkov terena, je 'prilepljen' kot tekstura letalski posnetek terena**

V gradbeništvu in arhitekturi lahko tak tiskalnik uporabimo za izdelavo makete. Avtorju je ob sodelovanju kolegov uspelo na enem med tiskalniki, ki jih imajo firme v Sloveniji, izdelati maketo viadukta Vranke skupaj z modelom terena, ki je prikazana na sliki 13.

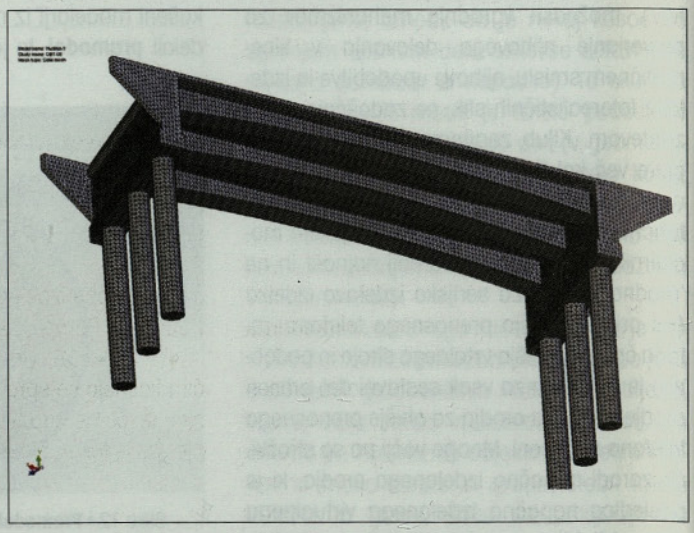
6 • RAČUNANJE, DIMENZIONIRANJE IN ARMATURNI NAČRTI

Virtualni geometrijski model objekta lahko uporabimo v programskih paketih za preračune po metodi končnih elementov. Večina modelirnikov omogoča zapis narejenega virtualnega modela objekta v različnih grafičnih formatih, ki jih lahko v takih programih prebe-remo, če to omogočajo. Enako velja za programe, ki omogočajo konstrukcijo in risanje armaturnih načrtov. Omenili smo, da je mogoče nekaterim geometrijskim modelirnikom objektov priključiti module za preračune modelov na različne obremenitve.

Težave, s katerimi se uporabniki večkrat srečajo, so težave zaradi različnih verzij takih zapisov. Običajno ni mogoče z njimi direktno preračunati prednapetih konstrukcij in izrisati armaturnih načrtov.

Uporabniki pričakujejo, da bodo ob nakupu 3D geometrijskih modelirnikov dobili univerzalno programsko orodje, s katerim bodo rešili vse probleme. Dejstvo je, da na primer pri izdelavi projekta za most uporabijo več

Slika 14 • **Most čez Hudinjo v Celju**



Slika 15 • **Slika modela mosta čez Hudinjo v Celju po mreženju v programu CosmosWorks**

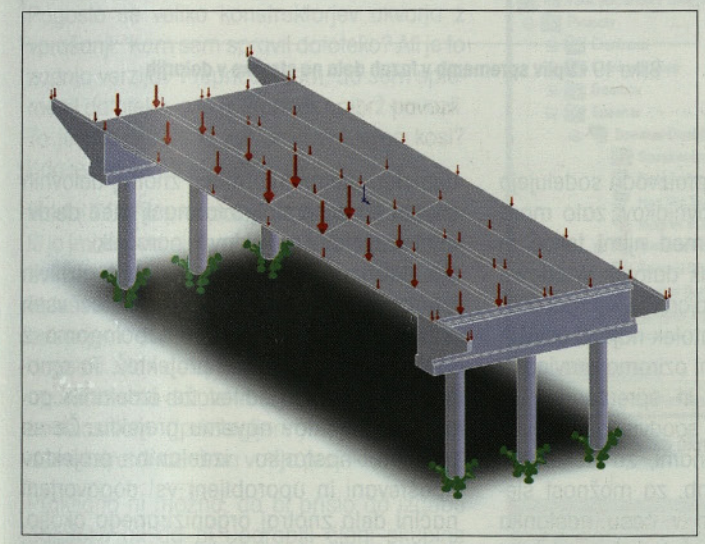
različnih računalniških programov. In žal bo tako še kar nekaj časa, saj resnično dobrih univerzalnih računalniških programov za posamezno vrsto gradbenih konstrukcij še ni. Na slikah 14 do 17 smo prikazali: zgrajen most čez Hudinjo v Celju, sliko mreže elementov modela tega mostu, sliko obtežbe in podpor modela za kontrolni preračun obremenilne preizkušnje in grafično predstavitev rezultatov preračunanih pomikov s prikazom zelo povečane deformirane oblike mosta.

Velja omeniti, da zaradi uporabe risarskih programov v praksi konstruktorji s ponovnim vnašanjem podatkov oziroma s konstrukcijo virtualnega geometrijskega modela objekta v računalniških programih, kjer je to potrebno, izgubljajo po nepotrebnem veliko časa. Današnji modelirniki 'so pisani na kožo uporabnikom'. V večini dobrih 3D geometrijskih modelirnikov je na razpolago delo v obliki, ki jim znatno olajša prehod iz trenutno najbolj razširjene oblike uporabe programa AutoCAD, kot risarskega računalniškega orodja, na uporabo 3D geometrijskega modelirnika. **Brez primernega vložka za izobraževanje to ne bo mogoče narediti.**

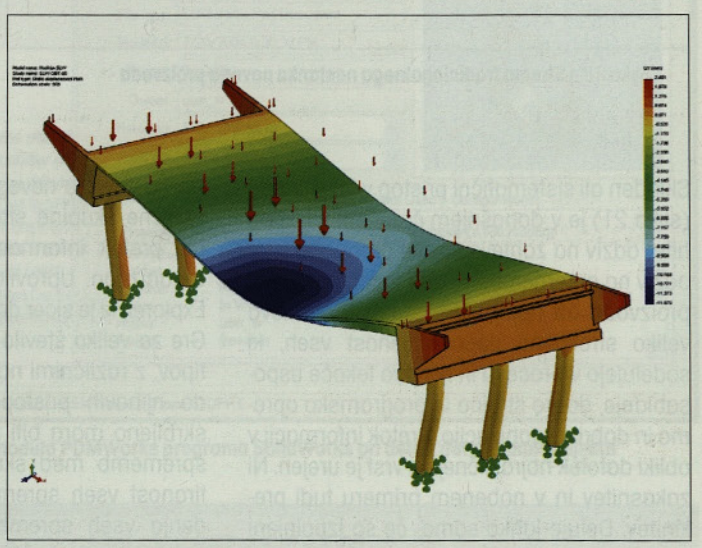
Če želimo slediti zahtevam trga, ki je vse bolj neizprosen in grob, potem moramo skrbeti za tekoče izobraževanje svojih ljudi.

Zavestno moramo sprejeti dejstvo, da morda predstavlja nakup programa samo 10 do 15 % vseh stroškov ob neupoštevanju stroškov primerne strojne opreme – računalnikov in potrebnih zunanjih ali perifernih enot.

Bistven strošek je človek oziroma njegovo izobraževanje. Ko je na tečajih, ko se uči uporabe novega programa, ne ustvarja nove vrednosti. To bo storil neprimerno hitreje in bolje po končanem izobraževanju. S tem pridobimo konkurenčno sposobnost in če vse skupaj povežemo v dobro organizirano celoto, smo cilj dosegli. Bližnjic ni in razviti vedo to že dolgo.



Slika 16 • **Podpore in obtežba modela mosta čez Hudinjo v Celju pri obremenilnem preizkusu**



Slika 17 • **Slika izračunanih pomikov, deformirane oblike mosta, obtežbe in podpor mosta čez Hudinjo v Celju s programom CosmosWorks**

7 • OBLIKE DELA IN UPORABA PROGRAMSKIH ORODIJ V PRAKSI

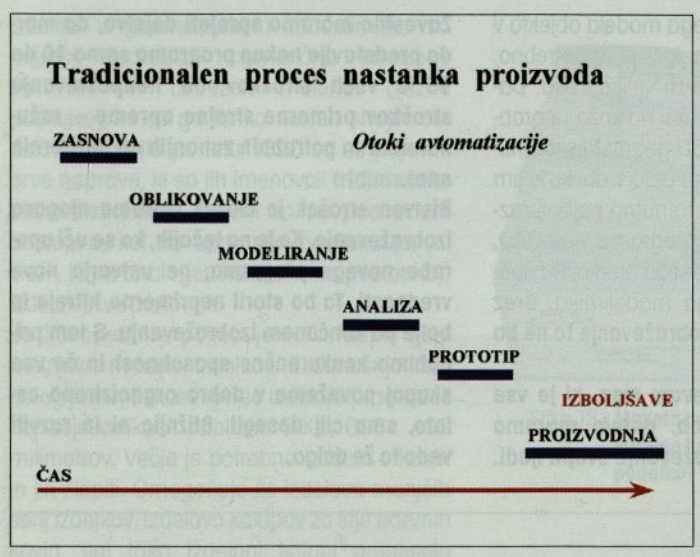
Da bi lahko razumeli slabosti in pasti trenutnega stanja uporabe programskih orodij in oblik nastajanja novih proizvodov, si oglejmo zgodovinski razvoj oblik procesa izdelave novih proizvodov v zadnjem času, oziroma natančneje povedano, v obdobju zadnjih dvajset let. Torej v času, ko so postali računalniki in programska oprema običajna orodja in s tem izgubili pridih mističnosti (SRAC, 1996).

V začetku je prevladoval tradicionalen proces nastanka novih proizvodov (slika 18). Bistvene faze tega, kot so: zasnova, oblikovanje, modeliranje, analiza in tako naprej, so bili praktično ločeni procesi. Programska orodja ali programi za te namene niso nudili in omogočali omembne vrednih povezav. Avtomatizacija je bila omejena znotraj faz dela, zato pravimo takemu stanju tudi **otoki avtomatizacije**.

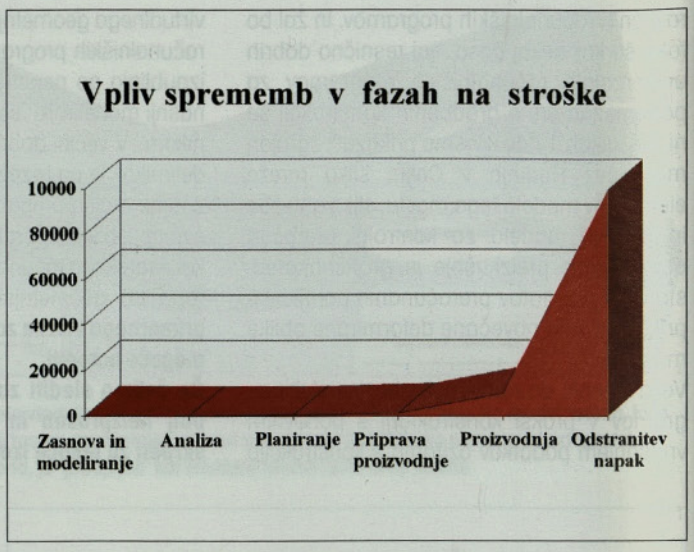
Slabost tradiconalnega nastanka novega proizvoda je velika poraba časa. Zaradi nepovezanosti faz dela je vpliv sprememb na stroške zelo velik. Iz grafikona, ki ga je za svoje potrebe izdelala znana ameriška firma Patterson Pump (SRAC, 1996) za izdelavo črpalk (slika 19) vidimo, da je vpliv tem večji, čim kasneje se sprememba pojavi. Najusodneje je, če se napaka odkrije v fazi proizvodnje. Žal je tak način dela pri nas še prisoten in posledice, kot so: zakasneli nastop na trgu, počasnost prilagajanja spremembam in zahtevam trga ter majhna konkurenčna sposobnost, so njegova značilnost.

Zaporedni ali serijski pristop v inženiringu (slika 20) je bil nujna posodobitev tradicionalnega nastanka proizvodov. Njegova značilnost je zaporedna povezanost faz dela. To je veliko bolje od prvotnega, tradicionalnega načina nastanka proizvoda.

Toda proces je še zmeraj tog in vsaka sprememba ima zaradi zaporedne povezanosti faz dela velik vpliv na soodvisne faze dela. To pomeni znatne zakasnitve, počasen nastop na trgu in manjšo konkurenčno sposobnost. Najdemo ga tudi v naših uspešnejših gradbenih firmah. Med dobre plati tega načina spada večja avtomatizacija v fazah dela in boljša povezanost med zaporednimi fazami dela. Omeniti velja, da srečamo v dobro organiziranih okoljih že zametke skladnega pristopa v inženiringu, ki zaradi velike togosti uporabljanega zaporednega pristopa ne morejo dati vidnejših učinkov.



Slika 18 • **Shema tradicionalnega nastanka novega proizvoda**

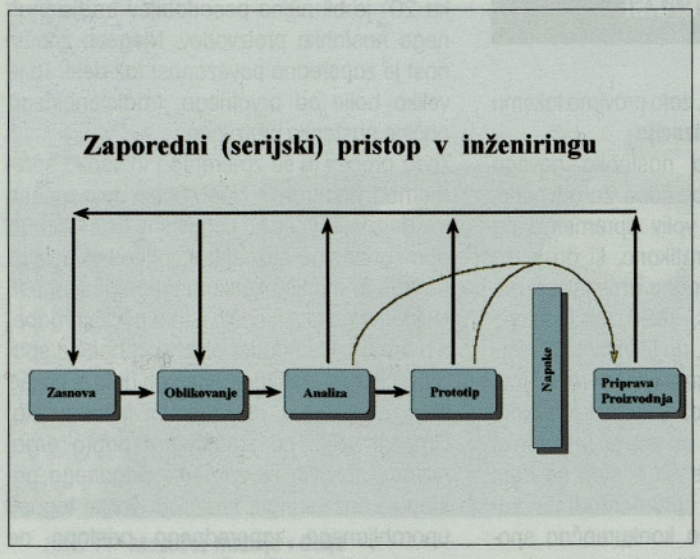


Slika 19 • **Vpliv sprememb v fazah dela na stroške v dolarjih**

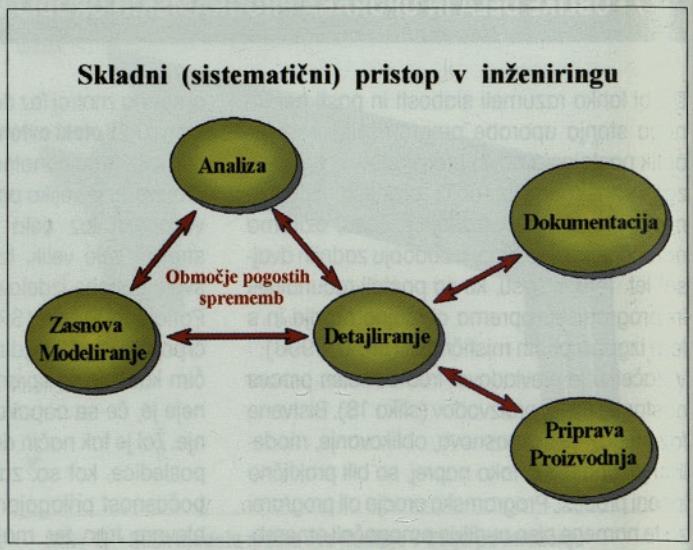
Skladen ali sistematični pristop v inženiringu (slika 21) je v današnjem času oblika, ki da hiter odziv na zahteve trga in omogoča hiter odziv na spremembe v vseh fazah nastanka proizvoda ob najmanjših stroških. Zahteva veliko strokovno usposobljenost vseh, ki sodelujejo v procesu in njihovo tekoče usposabljanje, dobro strojno in programsko opremo in dobro organizacijo. Pretok informacij v obliki datotek najrazličnejših vrst je urejen. Ni zakasnitev in v nobenem primeru tudi prekinitev. Deluje lahko samo, če so izpolnjeni vsi našteti bistveni pogoji. Na sliki 21 smo prikazali shemo tega sistema. Napis na njej 'Območje pogostih sprememb' je ključnega pomena za njegovo delovanje.

Ob nastajanju novega proizvoda sodelujejo različne skupine strokovnjakov, zato mora biti pretok informacij med njimi tekoč in organiziran. Upravljalnik datotek Windows Explorer, ki je sicer dobro orodje, ne zadošča. Gre za veliko število datotek najrazličnejših tipov, z različnimi načini oziroma pravicami do njihovih pristopov in sprememb. Poskrbljeno mora biti za soodvisnost vplivov sprememb med skupinami, za dokumentiranost vseh sprememb, za možnost sledenja vseh sprememb v času nastanka proizvoda, za zaščito pred možnimi izbrisi in nepooblaščenimi spremembami datotek. Skratka, za kopico stvari, ki omogočajo nemoteno delo in hiter, organiziran ter nemoten pretok informacij znotraj delovnih skupin ter za pretok informacij med delovnimi skupinami projektov in naročniki.

Ob dobri organizaciji, ob dobrih arhivih izdelanih projektov, ob dobri izdelavi vseh njihovih sestavnih delov, razpolagomo z urejeno bazo izdelanih projektov. To omogoča hitro prilagoditev že izdelanih podobnih projektov novemu projektu. Če so bili pri nastanku izdelanih projektov upoštevani in uporabljeni vsi dogovorjeni načini dela znotraj organiziranega okolja, če to okolje tvorijo dobro usposobljeni posamezniki, potem je njihov odziv hiter in zagotavlja, da se na trgu pojavimo prvi ali med prvimi.



Slika 20 • **Shema zaporednega ali serijskega pristopa v inženiringu**



Slika 21 • **Shema skladnega ali sistematičnega pristopa v inženiringu**

8 • POMEN IN KORIST UPRAVLJANJA BAZ PROJEKTOV

Dobra programska orodja ali programi, kot so na primer Catia ali SolidWorks (oba omogočata tridimenzionalno geometrijsko modeliranje objektov in njihove preračune – sodita v skupino integriranih računalniških programov), imajo orodja za upravljanje baze datotek projektov, ki jih imenujejo Product Data Management ali s kratico PDM. Na slikah 22 in 23 smo prikazali dva primera iz področja strojništva. Oba se nanašata na program SolidWorks oziroma na njegov modul PDMWorks.

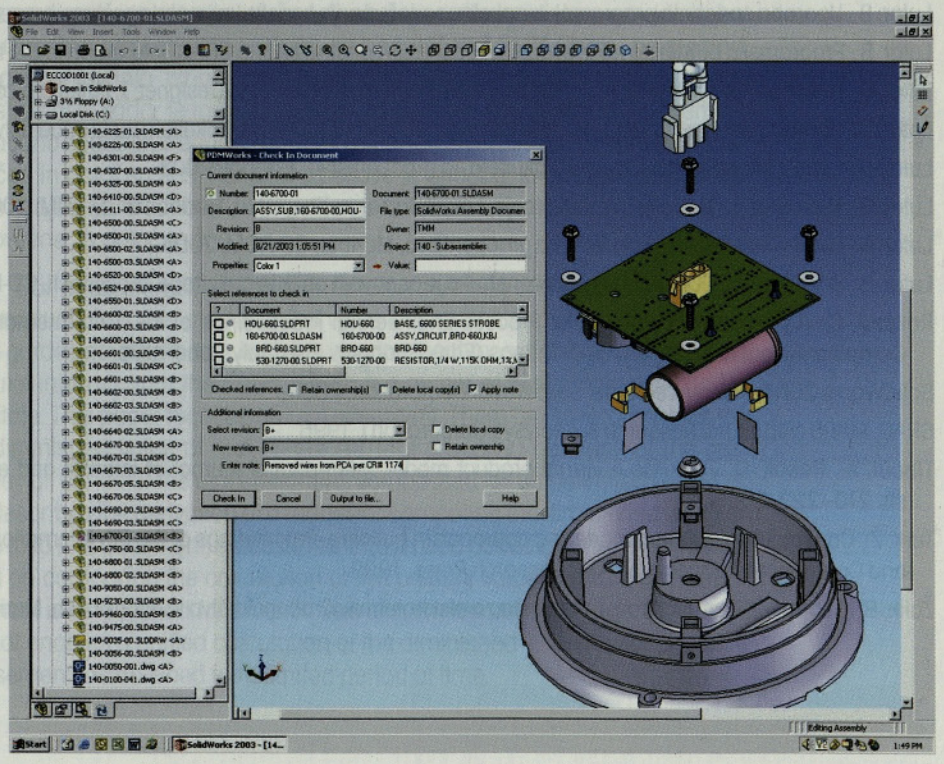
Pogosto se veliko konstruktorjev ukvarja z vprašanji: 'Kam sem spravil datoteko? Ali je to zadnja verzija? Prepričan sem, da sem spremenil datoteko, a jo je Francelj najbrž povozil. To je bilo narejeno kot sestav. Kje so kosi? Kdo je delal z mojo datoteko? ...' .

Modul PDMWorks poleg standardne zaščite, ki jo imamo na sistemu, omogoča še dodatno zaščito vseh datotek projekta pred nepooblaščenimi posegi oziroma spreminjanjem, brisanjem datotek in podobnimi neljubimi dogodki. Član delovne skupine projekta lahko uporabi samo datoteke, ki ustrezajo njegovim pooblastilom ('privilegijem'). Ta mu dodeli administrator oziroma vodja projekta.

Praktično ni možno, da bi prišlo do izgube datoteke ali da bi uporabili člani skupine datoteke, ki ne ustrezajo sprejetim spremembam, torej zastarelih. Med tipi datotek, za katere nam modul PDM posreduje vse potrebne informacije, so vse datoteke programa SolidWorks, vse standarne in izdelane knjižnice gradnikov programa SolidWorks, vsi dokumenti specifikacij in lastnosti, potrebnih za izdelavo projekta, vse datoteke računskih analiz s programom COSMOS, vse datoteke skupine programov Microsoft Office, datoteke DWG, DXF in IGES, poslane naročniku ali prejete od njega, vse datoteke grafičnih predstavitev, animacij in PDF dokumentov.

Moduli PDM (različni 3D modelirniki imajo različne PDM module) se sicer nanašajo na segmente firme in ne na celoto. Vendar so poleg urejenosti vseh preostalih segmentov nuja, če želimo ali nameravamo uvesti v svojem delovnem okolju skladen ali sistematični pristop pri izdelavi novih produktov. Ta omogoča, da se na zahteve trga hitro odzovemo in da se na njem pojavimo vsaj med prvimi, če že ne prvi.

Slika 22 • **Slika okna modula PDMWorks programa SolidWorks pri delu z datotekami projekta**



Slika 23 • **Slika okna modula PDMWorks programa SolidWorks pri delu z datotekami projekta. Razen datotek programa SolidWorks sta v drevesu modula PDMWorks vidni datoteki programa AutoCAD**

9 • SKLEP

Geometrijsko modeliranje objektov in uporaba 3D modelirnikov, ki omogočajo izdelavo virtualnih geometrijskih modelov vseh vrst konstrukcij na področju gradbeništva, zahtevajo drugačen pristop in razmišljanje kot pri uporabi računalniških risarskih programov. V ospredje je postavljen virtualen geometrijski model objekta kot začetek naravne poti njegove realizacije (gradnje). Načrtovalec se ukvarja z opisom oblike, s funkcionalnimi rešitvami, s konstrukcijskimi rešitvami in drugimi potrebnimi aktivnostmi in ni obremenjen s prenosom dvodimenzionalnih predstavitev objekta v svojih možganih na zaslon računalnika. Načrti, risbe in skice kot potrebna sestavina tehniške dokumentacije so končni rezultat sprejetih odločitev. Z diskusijo in zgledi smo opisali in prikazali pomen ter smisel postavljene hipoteze. Prikazali in opozorili smo na velik razkorak med možnostmi, ki jih ponujajo tehnološke rešitve na področju načrtovanja konstrukcij, in stanjem na področju gradbeništva v našem okolju. Iz članka je moči razbrati priporočilo, da je potrebno v kar največji meri uporabljati in izrabljati možnosti 3D modelirnikov in njihovih nadgradenj – inegriranih programskih paketov za modeliranje in računanje konstrukcij.

10 • ZAHVALA

Avtor se zahvaljuje predstavnikom podjetij ib-CADdy in ib-PROCADD iz Ljubljane, podjetju PONTING Inženirski biro iz Maribora, podjetju GRADIS Biro za projektiranje Maribor, d.o.o. ter kolegu doc. dr. Andreju Štruklju, univ. dipl. inž. grad. s Fakultete za gradbeništvo Univerze v Mariboru za posredovano gradivo in informacije, ki jih je uporabil z njihovim dovoljenjem v članku.

11 • LITERATURA

Abelson, H., Sussman, J., Structure and Interpretation of Computer Programs, The MIT Press, 1996.

Guid, N., Računalniška grafika, Tehniška fakulteta, VTO elektrotehnika, računalništvo in informatika, Maribor, 1988.

Lutar, B., Uporaba sodobnih programskih paketov za računanje konstrukcij v pedagoškem procesu, Gradbeni vestnik, št. 13, 1996.

Lutar, B., Programska orodja za načrtovanje in računanje konstrukcij firm SRAC, Intergraph in BSI ter trendi razvoja, Gradbeni vsetnik, št. 9/10, 1997.

Lutar, B., Načrtovanje in računanje konstrukcij s programom COSMOS/M Designer 1, Fakulteta za gradbeništvo, Maribor, 2000.

Lutar, B., Uporaba geometrijskega modeliranja v gradbeništvu, CD-ROM, Fakulteta za gradbeništvo, Maribor, 2002.

Lutar, B., Uvod v MicroStation Modeler, Fakulteta za gradbeništvo, Maribor, 2003.

Lutar, B., MicroStation Modeler in modeliranje, Fakulteta za gradbeništvo, Maribor, 3 CD-ROM, 2004.

Lutar, B., Uvod v SolidWorks, Fakulteta za gradbeništvo, Maribor, CD-ROM, 2006.

Lutar, B., SolidWorks 2006, Zahtevnejše konstrukcije osnovnih oblik in aplicirane značilnosti, CD-ROM, Fakulteta za gradbeništvo, Maribor, 2006.

Rolland, C., A Comprehensive View of Process Engineering. Proceedings of the 10th International Conference CAiSE'98, B. Lecture Notes in Computer Science 1413, Pernici, C. Thanos (Eds), Springer,. Pisa, Italy, June 1998.

SolidWorks 2004, Reference Guide, SolidWorks Corporation, 2004.

SRAC, MAPS (Structural Research & Analysys Corporation), 1996.

Tibaut, A., Rebolj, D., Towards a virtual product model. International journal of internet and enterprise management, (Print ed.), vol. 1, št. 2, str. 210–222, 2003.

Turk, Ž., Constraints of product modelling approach in building. Proceedings of the 8th International conference on Durability of Building Materials and Components. Vancouver: NRC Research Press, 1999.

Žalik, B., Geometrijsko modeliranje, Fakulteta za elektrotehniko, računalništvo in informatiko, Maribor, 1999.

OCENJEVANJE ZMANJŠANJA VREDNOSTI NEPREMIČNISKIH PRAVIC ZARADI PRAVICE STVARNE SLUŽNOSTI, KI JE USTANOVLJENA ZA DOLOČEN ČAS

APPRAISAL OF REAL ESTATE DIMINISHED VALUE DUE TO LIMITED PERIOD REAL EASMENT

doc.dr. Igor Pšunder, univ. dipl. inž. grad.
Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo,
Smetanova 17, 2000 Maribor

Znanstveni članek
UDK (332.6 + 347.235) : 51- 7

Povzetek | Dojemanje vrednosti nepremičnin se v zadnjih desetletjih izrazito spreminja, tako da se gradbena vrednost, s čimer imamo v mislih nabavno vrednost gradbenega objekta (povečano za vrednost zemljišča in ureditev okolja), čedalje bolj umika drugim oblikam vrednosti. Te temeljijo tudi na upoštevanju pravic, ki jih pridobi lastnik nepremičnine, med katerimi se v pričujočem prispevku osredotočamo na pravico stvarne služnosti. Za izračun zmanjšanja vrednosti nepremičnin (oziroma nepremičninskih pravic) zaradi pravice stvarne služnosti obstoja vrsta modelov, vendar le za primere, ko je služnostna pravica ustanovljena za nedoločen čas. V članku opisujemo izpeljavo modela ocenjevanja zmanjšanja vrednosti nepremičninskih pravic zaradi pravice stvarne služnosti, kadar je ta ustanovljena za določen čas. Metoda dela temelji na primerjavi izračuna sedanjih vrednosti bodočih plačil pri stvarnih služnostih, ustanovljenih za nedoločen in določen čas. Rezultat izpeljave je enačba, ki omogoča enolično izračunavanje zmanjšanja vrednosti nepremičninskih pravic zaradi pravice stvarne služnosti, ustanovljene za določen čas.

Summary | Our understanding of the real estate value has changed over the last decades. The construction value, meaning the value of construction (increased by the value of land and garden development), is giving way to other types of values. These types of values also take into account the rights which the owner of real estate obtains by acquiring real estate. This paper focuses on real easement. There are several models for computing the diminished value of real estate (or real property) because of the real easement, but they all consider the real easement, established for an unlimited period of time. The paper describes the derivation of a model for computing the diminished value of real property due to to real easement, established for a limited period of time. The method of work is based on comparing the calculation of the present value of future payments when real easement is established for an unlimited or a limited period of time. The result is an equation that enables a unified calculation of the diminished value of real property owing to real easement, established for a limited period of time.

1 • UVOD

Gradbeni objekti postajajo z vidika ocenjevanja vrednosti v zadnjih desetletjih vse bolj predmet meddisciplinarnega obravnavanja. Tako imenovana gradbena vrednost, s čimer imamo v mislih nabavno vrednost gradbenega objekta pri izgradnji (povečano za vrednost zemljišča in ureditev okolja), se čedalje bolj umika drugim oblikam vrednosti, s katerimi je mogoče bolj verodostojno oceniti tržno ali drugo[1] vrednost gradbenega objekta. Tako se gradbena stroka vse bolj prepleta z elementi finančne matematike, pa tudi z elementi prava. Mednarodni standardi ocenjevanja vrednosti (MSOV, 2005), ki pri nas formalno veljajo od leta 2004 (tedaj še v šesti izdaji) izrecno poudarjajo pojem nepremičninske pravice, torej pravice do nepremičnine kot fizičnega sredstva. Tudi Gračanićeva (Gračanić, 2006) ugotavlja, da je za potrebe ocenjevanja vrednosti smiselno ločevati med nepremičninami kot fizičnim sredstvom (stvarjo) in med nepremičninskimi oziroma stvarnimi pravicami kot predmetom stvarnega prava in pravnih poslov. Seveda omejitev katere izmed pravic, ki jih navaja (Stvarnopravni zakonik, 2002) – to so lastninska pravica, zastavna pravica, zemljiški dolg, pravica stvarnega bremena, stavbna pravica in služnostna pravica – pomeni tudi vpliv na vrednost nepremičninskih pravic (kot predmeta ocenjevanja vrednosti).

Najpogosteje je predmet ocenjevanja, ki vpliva na zmanjšanje vrednosti nepremičninskih pravic, pravica stvarne služnosti. Stvarna služnost[2] je pravica lastnika gospodujoče nepremičnine izvrševati za njene potrebe določena dejanja na tuji, služeči nepremičnini (pozitivna služnost) oziroma zahtevati od lastnika služeče nepremičnine, da opušča določena dejanja (negativna služnost), ki bi jih sicer imel pravico izvrševati na svoji nepremičnini. Stvarna služnost se lahko ustanovi tudi za določen čas ali celo za določen letni čas.

2 • OCENJEVANJE ZMANJŠANJA VREDNOSTI SLUŽEČE NEPREMIČNINE ZARADI PRAVICE STVARNE SLUŽNOSTI

Pravica stvarne služnosti se praviloma podeljuje trenutnemu in vsem bodočim lastnikom, se pravi trajno. V tem primeru obstaja več znanih vzorcev ocenjevanja zmanjšanja vrednosti služeče parcele zaradi pravice stvarne služnosti, kar hkrati predstavlja tudi višino odškodnine za ustanovitev služnosti. Najbolj pogosto se v praksi še vedno uporablja zakoreninjen model zmanjšanja vrednosti za 30 odstotkov vrednosti vplivne površine (ne cele parcele). Čeprav je omenjeni model metodološko vprašljiv, pa je v praksi tako zakoreninjen, da so ga udeleženci nepremičninskega trga vzeli »za tržnega«. Seveda obstajajo tudi sodobnejši modeli – enega denimo opisuje (Pavličič, 2005) – vendar se vsi omejujejo na služnost, ki je ustanovljena za nedoločen čas. Omenjeni model sicer teoretično nakazuje rešitev problema ustanovitve trajanja služnosti za določen čas, saj predvideva, da se lahko zaradi vpliva trajanja stvarne služnosti obseg zmanjšanja vrednosti nepremičninskih pravic reducira s faktorjem, ki znaša med 0,01 in 1,00, za trajanje med 1 in 99 let, pri čemer »faktor ni linearno sorazmeren dolžini obdobja; upoštevati je potrebno sedanjo vrednost bodočih donosov«, ne podaja pa eksaktnega modela za enolično določitev faktorja.

3 • METODA

V pričujočem članku opisujemo izpeljavo modela ocenjevanja vrednosti stvarne služnosti, ki je ustanovljena za določen čas. Metoda dela temelji na primerjavi izračuna sedanjih vrednosti bodočih plačil med stvarnimi služnostmi, ustanovljenimi za nedoločen oziroma določen čas, na podlagi katere smo dobili enačbo, ki omogoča enolično izračunavanje zmanjšanja vrednosti nepremičninskih pravic zaradi pravice stvarne služnosti, ustanovljene za določen čas, če poznamo zmanjšanje vrednosti zaradi pravice stvarne služnosti, ustanovljene za nedoločen čas[3].

4 • IZRAČUNAVANJE ZMANJŠANJA VREDNOSTI NEPREMIČNINSKIH PRAVIC ZARADI PRAVICE STVARNE SLUŽNOSTI, USTANOVLJENE ZA DOLOČEN ČAS

Pri nedoločenem (neomejenem) času trajanja služnosti lahko teoretično povezavo med vrednostjo in prihodnjimi stanovitnimi plačili ugotovimo s pomočjo vsote neskončne geometrijske vrste, kar povzamemo in prilagodimo po (Baum, 1997):

$$V_{per} = YP_{per} \cdot PMT = \frac{1}{r} \cdot PMT\,, \qquad (1)$$

kjer V_{per} pomeni višino zmanjšanja vrednosti zaradi ustanovitve stvarne služnosti, ustanovljene za nedoločen čas, YP_{per} množitelj trajnih letnih donosov, PMT stanovitno plačilo in r zahtevano donosnost.

[1] Mednarodni standardi ocenjevanja vrednosti (2005) poleg tržne vrednosti navajajo tudi več oblik vrednosti, ki niso tržne, kot na primer vrednost za naložbenika, zavarovana vrednost, ocenjena, odmerjena ali obdavčljiva vrednost, hipotekarna posojilna vrednost in druge.

[2] Poleg stvarne služnosti poznamo tudi osebno služnost, ki je pravica imetnika, da uporablja ali izkorišča tujo nepremičnino. Za razliko od stvarne služnosti je neprenosljiva (je vezana na osebo) in preneha najkasneje z imetnikovo smrtjo.

[3] Stvarna služnost je v tem primeru ustanovljena do (morebitnega) izbrisa na podlagi pravnega posla med lastnikoma gospodujoče in služeče nepremičnine, na podlagi odločbe ali na podlagi prenehanja po zakonu.

Plačilo v danem primeru štejemo kot kakršnokoli obliko udenarjene ali nedenarne koristi. O neomejenem trajanju plačil lahko v praksi (ne pa tudi teoretično), ne glede na višino zahtevane donosnosti, govorimo, kadar lahko domnevamo, da bo pravica stvarne služnosti trajala 50 let ali več, saj je razobrestovana (diskontirana) vrednost vseh kasnejših plačil zanemarljivo majhna.

Za odnos med vrednostjo in prihodnjimi stanovitnimi plačili pri določenem času trajanja stvarne služnosti velja enačba, ki temelji na vsoti končne geometrijske vrste:

$$V_n = YP_n \cdot PMT = \frac{(1+r)^n - 1}{(1+r)^n \cdot r} \cdot PMT\,, \qquad (2)$$

kjer je V_n obseg zmanjšanja vrednosti zaradi n let trajajoče stvarne služnosti in YP_n množitelj stanovitnih letnih plačil, ki trajajo n let. Ostale spremenljivke imajo enak pomen kakor v prejšnji enačbi. Tudi v tem primeru velja, da stanovitno letno plačilo predstavlja kakršnokoli obliko udenarjene ali nedenarne koristi.

Če (1) preoblikujemo tako, da izpostavimo stanovitno letno plačilo *PMT*, dobimo enačbo:

$$PMT = V_{per} \cdot r\,, \qquad (3)$$

ki jo lahko vstavimo v (2) in dobimo:

$$V_n = \frac{(1+r)^n - 1}{(1+r)^n \cdot r} \cdot V_{per} \cdot r =$$

$$= \frac{(1+r)^n - 1}{(1+r)^n} \cdot V_{per}\,, \qquad (4)$$

To je enačba za izračun zmanjšanja vrednosti nepremičninskih pravic zaradi pravice stvarne služnosti, ustanovljene za določen čas, če poznamo zmanjšanje vrednosti nepremičninskih pravic zaradi pravice stvarne služnosti, ustanovljene za nedoločen čas.

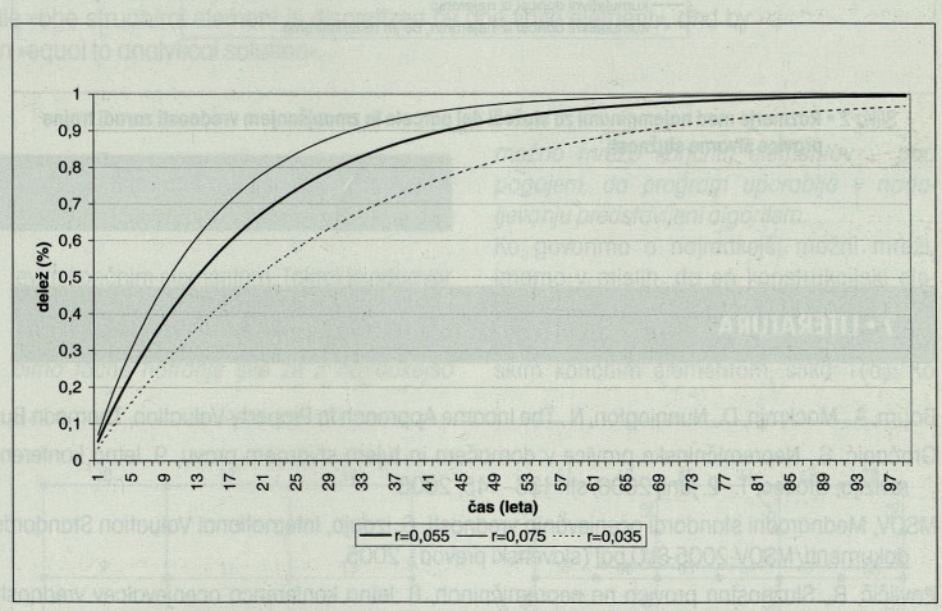
5 • PREIZKUS ENAČBE NA PRIMERIH STVARNE SLUŽNOSTI, USTANOVLJANIH ZA RAZLIČNA OBDOBJA

Če izhajamo iz povprečne najemninske donosnosti velikih nepremičninskih naložb 6,6 %[4] in odštejemo (zaokroženo) vrednost premije za ohranitev glavnice pri amortizirajočih se nepremičninah 1,1 %[5], dobimo zahtevano donosnost zemljišč r = 5,5 %. Pri tej zahtevani donosnosti bi eno leto trajajoča stvarna služnost v primerjavi s trajno stvarno služnostjo pomenila naslednje zmanjšanje vrednosti:

$$V_1 = \frac{(1+0{,}055)^1 - 1}{(1+0{,}055)^1} \cdot V_{per} = 0{,}0521 \cdot V_{per}$$

oziroma 5,21 % zmanjšanja vrednosti nepremičninskih pravic zaradi trajne stvarne služnosti. Ugotovimo lahko, da se z večanjem števila let povečuje tudi zmanjšanje vrednosti nepremičninskih pravic zaradi pravice stvarne služnosti, ustanovljene za določen čas, ter da se asimptotično približuje zmanjšanju vrednosti nepremičninskih pravic zaradi trajne pravice stvarne služnosti, kar prikazujemo na sliki 1.

Debelejša polna črta na sliki temelji na izračunu razmerja ob zahtevani donosnosti 5,5 %. Pri spremenjeni zahtevani donosnosti se seveda ukrivljenost krivulje spremeni. Z večanjem zahtevane donosnosti se izboči, kar pomeni, da se hitreje približuje zmanjšanju vrednosti nepremičninskih pravic zaradi trajne pravice stvarne služnosti (tanjša polna črta na grafu predstavlja zahtevano donosnost 7,5 %); z nižanjem zahtevane donosnosti se krivulja ravna, kar pomeni, da se zmanjšanju vrednosti nepremičninskih pravic zaradi trajne pravice stvarne služnosti približujemo počasneje (tanjša prekinjena črta na grafu temelji na zahtevani donosnosti 3,5 %).

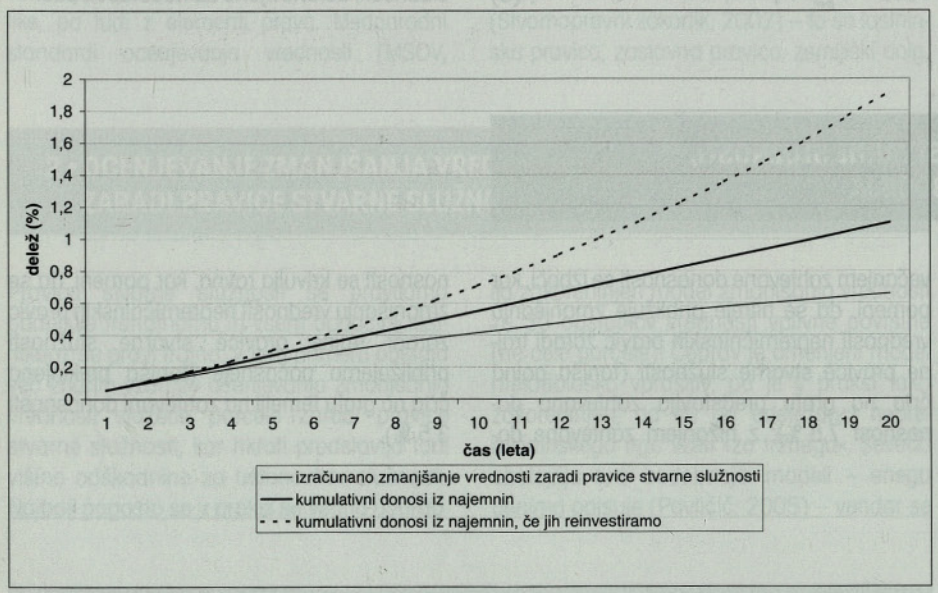


Slika 1 • **Razmerje med zmanjšanjem vrednosti nepremičninskih pravic zaradi pravice stvarne služnosti, ustanovljene za določen čas (leta), in zmanjšanjem vrednosti zaradi trajne pravice stvarne služnosti**

[4] Povzeto po (Pšunder, 2004a).
[5] Povzeto po (Pšunder, 2004b).

6 • RAZPRAVA IN SKLEP

Zaradi podelitve pravice stvarne služnosti ne moremo sami neomejeno uporabljati služečega dela parcele, za kar izračunamo zmanjšanje vrednosti nepremičninskih pravic. Kadar imamo opraviti z omejenim trajanjem stvarne služnosti, ne moremo upoštevati celotnega zmanjšanja vrednosti nepremičninskih pravic zaradi trajne pravice stvarne služnosti. Zaradi tega se je v praksi pojavila rešitev problema s pomočjo izračuna najemnin, ki bi jih lastnik lahko bil deležen za služeči del. Ta rešitev je vprašljiva že iz teoretičnega vidika, saj gospodujoča parcela vendarle ne uživa vseh ekonomskih koristi, ki bi jih lahko užival najemnik. Poleg tega pa izračun pokaže, da bi z omenjeno metodo izjemno hitro presegli obseg zmanjšanja vrednosti zaradi trajne stvarne služnosti, sčasoma pa celo vrednost nepremičninskih pravic na služečem delu parcele, kar prikazujemo na sliki 2.



Slika 2 • **Razmerje med najemninami za služeči del parcele in zmanjšanjem vrednosti zaradi trajne pravice stvarne služnosti**

Iz grafa je razvidno, da bi ob predpostavki 5,5 % letne donosnosti iz najemnin (debelejša neprekinjena črta), s temi že v 19 letih presegli zmanjšanje vrednosti nepremičninskih pravic zaradi trajne pravice stvarne služnosti, če pa bi upoštevali še reinvestiranje prejetih najemnin po donosnosti, ki je enaka zahtevani, bi zmanjšanje vrednosti nepremičninskih pravic zaradi trajne pravice stvarne služnosti presegli že v 13 letih (debelejša prekinjena črta). Za primerjavo je na grafu tudi krivulja (tanjša neprekinjena črta), ki jo določa prej izpeljana enačba za izračun zmanjšanja vrednosti nepremičninskih pravic zaradi pravice stvarne služnosti, ustanovljene za določen čas.

Ugotovimo lahko, da izračunavanje zmanjšanja vrednosti nepremičninskih pravic zaradi pravice stvarne služnosti za določen čas na podlagi najemnin s teoretičnega vidika ni primerno, v praksi pa se pomanjkljivosti izrazijo, kadar imamo opraviti s stvarnimi služnostmi, ki so ustanovljene za omejen, vendar kljub vsemu daljši čas (več kakor 5 let).

V članku predstavljena enačba predstavlja orodje za enolično določanje »razmerja« med stvarnimi služnostmi, ustanovljenimi za nedoločen oziroma določen čas. Upoštevaje dejstvo, da za izračun stvarne služnosti, ustanovljene za nedoločen čas, obstaja več ustaljenih in v praksi preizkušenih modelov, tako omenjena enačba ponuja enolično rešitev izračuna zmanjšanja vrednosti nepremičninskih pravic zaradi stvarnih služnosti, ki so ustanovljene za določen čas.

7 • LITERATURA

Baum, A., Mackmin, D., Nunnington, N., The Income Approach to Property Valuation, Thomson Business Press, 1997.

Gračanić, S., Nepremičninske pravice v domačem in tujem stvarnem pravu, 9. letna konferenca ocenjevalcev vrednosti, Slovenski inštitut za revizijo, Otočec, 1.–2. junij 2006, str. 133–145, 2006.

MSOV, Mednarodni standardi ocenjevanja vrednosti, 6. izdaja, International Valuation Standards Comitee, http://www.si-revizija.si/ocenjevalci/dokumenti/MSOV-2005-SLO.pdf (slovenski prevod), 2005.

Pavličič, B., Služnostna pravica na nepremičninah, 8. letna konferenca ocenjevalcev vrednosti, Slovenski inštitut za revizijo, Otočec, 2.–3. 6., stran 57–81, 2005.

Pšunder I., Metoda dograjevanja in mera kapitalizacije: zakaj je potrebno pri določevanju donosnosti po metodi dograjevanja izhajati iz realnega dela netvegane donosnosti, Nepremičninski informator. Slovensko nepremičninsko združenje – FIABCI Slovenija et al., let. 2004, št. 30, str. 17–26, 2004a.

Pšunder I., Ferlan N., Sestava in izračun premije za ohranitev glavnice, Revizor. Slovenski inštitut za revizijo, let. XV (2004), št. 7–8, str. 56–64, 2004b.

Stvarnopravni zakonik, Uradni list Republike Slovenije, št. 87, 2002.

KAKO GOSTA NAJ BO MREŽA KONČNIH ELEMENTOV PRI STATIČNI ANALIZI LINIJSKIH KONSTRUKCIJ?

HOW FINE SHOULD BE A FINITE ELEMENT MESH FOR STATIC ANALYSIS OF FRAME STRUCTURES?

Uroš Bohinc, univ. dipl. inž. fiz.
Zavod za gradbeništvo Slovenije, Dimičeva 12, Ljubljana
izr. prof. dr. Boštjan Brank, univ. dipl. inž. grad.
Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, Ljubljana

Znanstveni članek
UDK 624.04 : 531.25

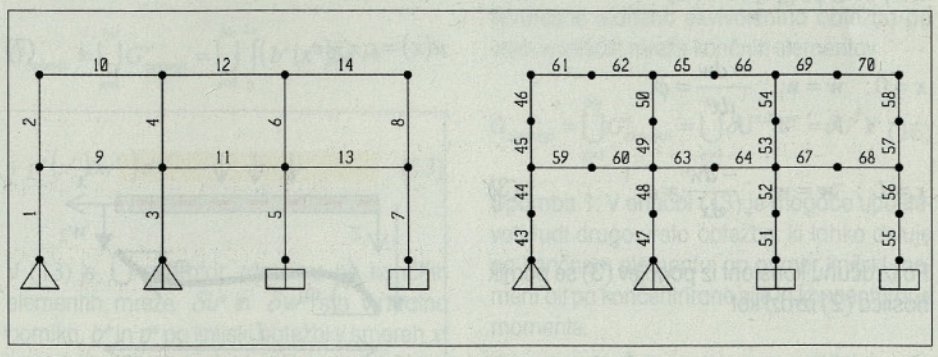
Povzetek | V članku pokažemo, da pri linearni statični analizi linijskih konstrukcij že z najredkejšo možno mrežo linijskih končnih elementov lahko izračunamo točne notranje sile. Z »najredkejšo možno mrežo« mislimo na to, da konstrukcijski element modeliramo (diskretiziramo) z enim končnim elementom; s »točnimi notranjimi silami« pa imamo v mislih to, da so enake tistim, ki bi jih dobili z analitičnimi postopki.

Summary | The paper shows that the coarsest possible finite element mesh of beam and/or bar finite elements can reproduce exact internal forces in the case of linear static analysis of frame structures. By »the coarsest possible mesh« we have in mind the discretization rule »one structural element is discretized by one finite element«, and by »exact« we mean »equal to analytical solution«.

1 • UVOD

V članku odgovarjamo na vprašanje: *Kako gosta naj bo mreža končnih elementov pri linearni statični analizi (gradbenih) linijskih konstrukcij?* To vprašanje si pogosto postavijo študentje, ko pri študiju pripravljajo računske modele »akademskih konstrukcij«, morda pa tudi projektanti, ko pripravljajo računske modele realnih konstrukcij. Pri odgovoru upoštevamo dejstvo, da praktično vsi komercialni računalniški programi, ki so specializirani za analizo gradbenih konstrukcij (npr. Sap2000 (Sap2000, 2006), SolidWorks2006 (Lutar, 2004)) ali Tower (Zrelec, 2004)), uporabljajo 2-vozliščni linijski Euler-Bernoullijev končni element (npr. (Lutar, 2004), (Reddy, 2006)). V nadaljevanju se omejimo na primere, ko mrežo končnih elementov za analizo linijskih konstrukcij pripravimo z dvovozliščnim Euler-Bernoullijevim končnim elementom. Takrat je odgovor na postavljeno vprašanje naslednji: *Pri linearni statični analizi linijskih konstrukcij dobimo točne notranje sile že z najredkejšo možno mrežo končnih elementov – pod pogojem, da program uporablja v nadaljevanju predstavljeni algoritem.*

Ko govorimo o najredkejši možni mreži, imamo v mislih, da en konstrukcijski element (npr. steber med etažama ali gredo med stebroma) modeliramo z enim linijskim končnim elementom, slika 1(a). Ko



Slika 1 • **(a) Najredkejša možna mreža končnih elementov za analizo dvoetažnega ravninskega okvirja, dobljena po pravilu: konstrukcijski element se modelira z enim končnim elementom. (b) Primer gostejše mreže**

govorimo o točnih notranjih silah, pa imamo v mislih, da so rezultati, ki jih dobimo z metodo končnih elementov, enaki tistim, ki jih dobimo po analitični poti z metodo pomikov ali metodo sil; npr. (Duhovnik, 1998), (Stanek, 2002). V nadaljevanju bomo opisali algoritem, s katerim dobimo točne notranje sile pri linearni statični analizi linijskih konstrukcij že z najredkejšo možno mrežo končnih elementov. Takšen algoritem pogosto uporabljajo programi za analizo linijskih konstrukcij po metodi končnih elementov.

Zaradi nazornosti se v nadaljevanju omejimo na ravninske okvirje; ob tem poudarjamo, da so podani principi enaki pri obravnavi vseh tipov ravninskih in prostorskih linijskih konstrukcij. Članek je organiziran na naslednji način: v drugem poglavju si pogledamo interpolacijo pomikov pri ravninskem Euler-Bernoulijevem končnem elementu, v tretjem opišemo že omenjeni algoritem, v četrtem prikažemo numerični primer, v petem pa podamo zaključke.

2 • INTERPOLACIJA POMIKOV PRI EULER-BERNOULLIJEVEM KONČNEM ELEMENTU

Najprej si poglejmo pomika ravninskega nosilca in palice, ki sledita iz integracije pripadajočih diferencialnih enačb. Primerjajmo ju z interpolacijskimi funkcijami dvovozliščnega Euler-Bernoullijevega končnega elementa.

2.1 Integracija enačbe, ki opisuje upogib ravnega nosilca

Diferencialna enačba, ki opisuje upogib ravnega nosilca konstantnega prereza dolžine L, v ravnini xz (slika 2a), je

$$EI\frac{d^4w(x)}{dx^4}=p(x) \qquad (1)$$

kjer je E elastični modul, I vztrajnostni moment, w in p pa sta pomik oziroma linijska obtežba v smeri z. Če je nosilec obremenjen le na robovih (pri $x = 0$ in $x = L$), je desna stran gornje enačbe enaka 0, pomik pa postane po integraciji enak

$$w(x)=c_1x^3+c_2x^2+c_3x+c_4 \qquad (2)$$

Konstante c_1, c_2, c_3, c_4 izračunamo tako, da pomik in zasuk na robovih nosilca enačimo s robnimi vrednostmi. Označimo jih z: $w_1, \varphi_1, w_2, \varphi_2$ (glej sliko 2a)

$$x=0:\ w=w_1,\ \frac{-dw}{dx}=\varphi_1$$

$$x=L:\ w=w_2,\ \frac{-dw}{dx}=\varphi_2 \qquad (3)$$

Po izračunu konstant iz pogojev (3) se pomik nosilca (2) izrazi kot

$$w(x)=\sum_{i=1}^{2}N_i^w(x)w_i+\sum_{i=1}^{2}N_i^\varphi(x)\varphi_i \qquad (4)$$

kjer so

$$N_1^w(x)=1-\frac{3x^2}{L^2}+\frac{2x^3}{L^3},\quad N_2^w(x)=\frac{3x^2}{L^2}-\frac{2x^3}{L^3}$$

$$N_1^\varphi(x)=-x+\frac{2x^2}{L}-\frac{x^3}{L^2},\quad N_2^\varphi(x)=\frac{x^2}{L}-\frac{x^3}{L^2} \qquad (5)$$

Enačba (4) predstavlja točno upogibnico za nosilec konstantnega prereza, ki je obremenjen le na robovih.

2.2 Integracija enačbe, ki opisuje razteg palice

Diferencialna enačba, ki opisuje razteg (in skrček) ravne palice konstnatnega prereza in dolžine L, je (slika 2b)

$$EA\frac{d^2u(x)}{dx^2}=b(x) \qquad (6)$$

kjer je A prerez palice, u in b pa sta pomik in linijska obtežba v smeri x. Če je desna stran gornje enačbe 0 (če je palica obremenjena le na robovih pri $x = 0$ in $x = L$), dobimo po integraciji

$$u(x)=c_1x+c_2 \qquad (7)$$

Konstanti c_1, c_2 izračunamo tako, da pomika robov enačimo z robnima vrednostima, ki ju označimo kot u_1, u_2 (glej sliko 2b)

$$x=0:\ u=u_1 \ \text{ in } \ x=L:\ u=u_2 \qquad (8)$$

Po izračunu konstant s pomočjo (8) izrazimo osni pomik palice (7) kot

$$u(x)=\sum_{i=1}^{2}N_i^u(x)u_i \qquad (9)$$

kjer sta

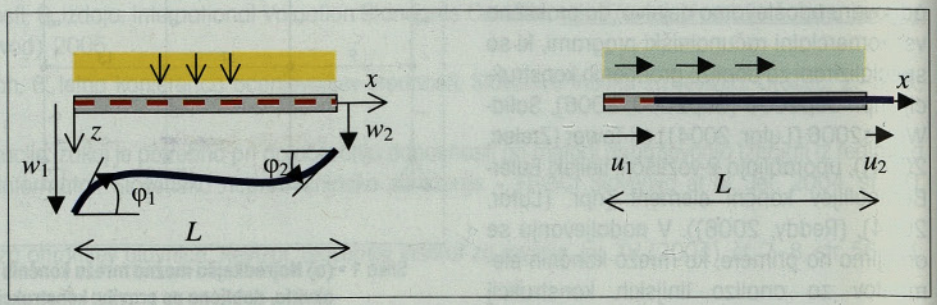
$$N_1^u(x)=1-\frac{x}{L},\qquad N_2^u(x)=\frac{x}{L} \qquad (10)$$

Enačba (9) predstavlja točen izraz za osni pomik palice konstantnega prereza, ki je obremenjena le na krajiščih.

2.3 Interpolacijske funkcije Euler-Bernoullijevega končnega elementa

Naj ima dvovozliščni Euler-Bernoullijev končni element za ravninski nosilec dolžino L^e in lokalni koordinatni sistem x^e, z^e (slika 3). Izkaže se (Lutar, 2004), (Reddy, 2006), da ta končni element za interpolacijo pomikov u^e v smeri koordinate x^e uporablja funkciji (10)

$$u^e(x^e)=\sum_{i=1}^{2}N_i^u(x^e)u_i \qquad (11)$$

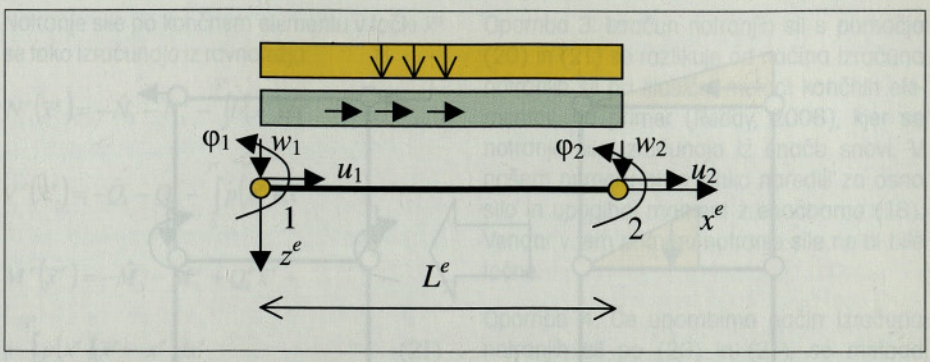


Slika 2 • **Oznake, ki jih uporabljamo pri obravnavi (a) upogiba nosilca in (b) raztega palice**

za interpolacijo w^e pomikov v smeri koordinate z^e pa funkcije (5)

$$w^e(x^e) = \sum_{i=1}^{2} N_i^w(x^e)\, w_i + \sum_{i=1}^{2} N_i^\varphi(x^e)\, \varphi_i \quad (12)$$

Če je torej tak končni element obremenjen le z vozliščno obtežbo na svojih robovih (torej, če velja $b^e = p^e = 0$), sta pomika u^e, w^e končnega elementu enaka rešitvam diferencialnih enačb (6) in (1).



Slika 3 • **Dvovozliščni Euler-Bernoullijev ravninski končni element. Prostostne stopnje in oznake**

3 • ALGORITEM, KI DAJE TOČNE NOTRANJE SILE

V poglavju predstavimo algoritem, ki ga moramo uporabiti pri statični analizi linijskih konstrukcij po metodi končnih elementov, da velja v uvodu podani odgovor na tam postavljeno vprašanje:

1. *Določimo statično ekvivalentno obtežbo:* Linijsko obtežbo (tudi koncentrirane sile in momente), ki deluje po končnem elementu, nadomestimo s statično ekvivalentnimi silami in momenti v vozliščnih končnega elementa. To naredimo za vse elemente v mreži; dobljeno ekvivalentno obtežbo nato zberemo po vseh vozliščih mreže in jo spravimo v obtežni vektor, ki ga označimo z **F**.
2. *Določimo točne vozliščne pomike in zasuke za vsa vozlišča mreže končnih elementov:* Iz pogoja, da so vsa vozlišča mreže končnih elementov v ravnotežju, določimo togostno matriko konstrukcije **K**. Pri tem si pomagamo s togostnimi matrikami $\mathbf{K}^e$ vseh končnih elementov v mreži, $e = 1,\ldots,N_e$, ki jih izpeljemo z uporabo interpolacijskih funkcij (5) in (10). Iz rešitve sistema enačb $\mathbf{F} = \mathbf{KU}$, kjer je **F** iz prvega koraka znani obtežni vektor, dobimo vektor **U**. V njem so zbrani pomiki in zasuki vseh vozlišč mreže končnih elementov. Zaradi točnih interpolacij (11) in (12) in zaradi ekvivalentne statične obtežbe so pomiki in zasuki točni ne glede na gostoto mreže končnih elementov.
3. *Določimo točne notranje sile v vozliščih končnega elementa:* Iz pogoja, da je končni element v ravnotežju, izračunamo za vsak element vozliščne notranje sile. Te so posledica »povezanosti« elementa s sosednjimi elementi. Zaradi točnih vozliščnih pomikov in zasukov so tudi vozliščne notranje sile točne ne glede na gostoto mreže končnih elementov.
4. *Določimo točne notranje sile po končnih elementih:* Na vse elemente znova razporedimo obtežbo, ki smo jo v prvem koraku nadomestili s statično ekvivalentnimi vozliščnimi silami. Ob znanih točnih vozliščnih notranjih silah (iz tretjega koraka) z ravnotežnimi enačbami izračunamo notranje sile v izbranih točkah elementa, ki so točne.

V nadaljevanju natančneje poglejmo posamezne korake opisanega algoritma.

3.1 Statično ekvivalentna vozliščna obtežba

Pravilna pot za določitev ekvivalentne vozliščne obtežbe je uporaba principa virtualnega dela. Za ravninski okvir, ki je modeliran z N_e končnimi elementi, je virtualno delo zunanjih sil (če se omejimo samo na linijsko obtežbo) enako

$$G_{zunanji} = \bigcup_{e=1}^{Ne} G^e_{zunanji} = \bigcup_{e=1}^{Ne} \int_0^{Le} \left(b^e(x^e)\delta u^e + p^e(x^e)\delta w^e \right) dx^e \quad (13)$$

V (13) je $\bigcup$ operator združitve po končnih elementih mreže, δu^e in δw^e sta virtualna pomika, b^e in p^e pa linijski obtežbi v smereh x^e in z^e (slika 3). Virtualni količini sta pri Euler-Bernoullijevem končnem elementu interpolirani enako kot realni; glej (11) in (12)

$$\delta u^e = \sum_{i=1}^{2} N_i^u\, \delta u_i^e,$$

$$\delta w^e = \sum_{i=1}^{2} N_i^w\, \delta w_i^e + \sum_{i=1}^{2} N_i^\varphi\, \delta\varphi_i^e \quad (14)$$

V (14) so $N_i^u, N_i^w, N_i^\varphi$ že znane interpolacijske funkcije (5) in (10), δu_i^e, δw_i^e so virtualni vozliščni pomiki, $\delta\varphi_i^e$ pa virtualni vozliščni zasuk. Ko vstavimo (14) v (13) in integriramo po dolžini končnega elementa, dobimo

$$G^e_{zunanji} = P_1^e \delta u_1^e + Q_1^e \delta w_1^e + \tilde{M}_1^e \delta\varphi_1^e + P_2^e \delta u_2^e +$$

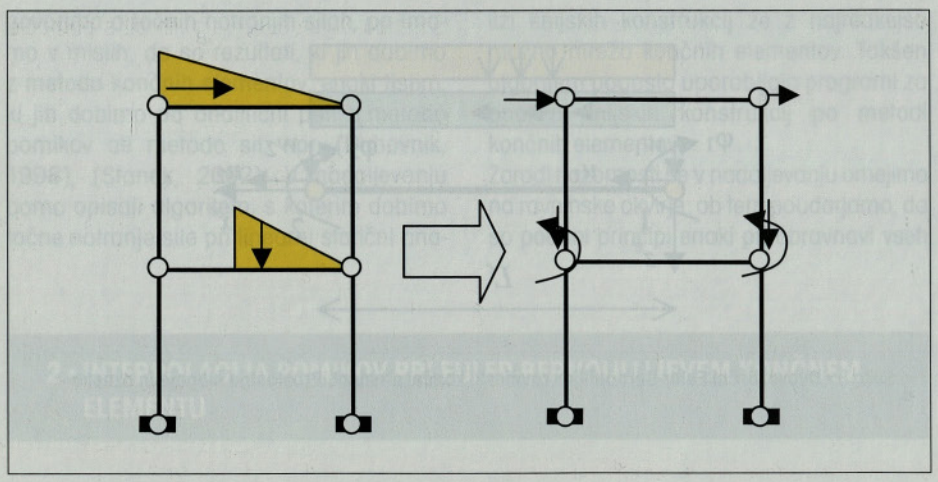
$$+ Q_2^e \delta w_2^e + \tilde{M}_2^e \delta\varphi_2^e = \delta\mathbf{U}^{e,T}\mathbf{F}^e \quad (15)$$

kjer je $\mathbf{F}^e = \left[P_1^e, Q_1^e, \tilde{M}_1^e, P_2^e, Q_2^e, \tilde{M}_2^e\right]^T$ in $\delta\mathbf{U}^{e,T} = \left[\delta u_1^e, \delta w_1^e, \delta\varphi_1^e, \delta u_2^e, \delta w_2^e, \delta\varphi_2^e\right]$. Tu so: $P_1^e, Q_1^e, \tilde{M}_1^e$ ekvivalentna sila (obtežba) v smeri osi x^e, ekvivalentna sila (obtežba) v smeri osi z^e in ekvivalentni moment (obtežba) okoli osi – y^e v začetnem (prvem) vozlišču končnega elementa; $P_2^e, Q_2^e, \tilde{M}_2^e$ pa je enako usmerjena ekvivalentna obtežba v končnem (drugem) vozlišču elementa. Po uporabi operatorja združitve dobimo vektor **F.** V njem je shranjena statično ekvivalentna obtežba po vseh vozliščih mreže končnih elementov

$$G_{zunanji} = \bigcup_{e=1}^{Ne} G^e_{zunanji} = \bigcup_{e=1}^{Ne} \delta\mathbf{U}^{e,T}\mathbf{F}^e = \delta\mathbf{U}^T\mathbf{F} \quad (16)$$

Opomba 1: V enačbi (13) je mogoče upoštevati tudi drugo vrsto obtežbe, ki lahko deluje na končnem elementu: na primer linijski moment ali pa koncentrirane sile in koncentrirane momente.

Opomba 2: Če delujejo v vozliščih mreže končnih elementov koncentrirane sile ali koncentrirani momenti, jih dodamo v vektor **F**.



Slika 4 • **Statično ekvivalentna obtežba ravninskega okvirja**

Vozliščne sile in momenti, ki so zbrani v $\mathbf{F}$*, povzročijo enake vozliščne pomike in zasuke kot linijske obtežbe* b^e *in* p^e *(po vseh* N_e *končnih elementih), zato jim pravimo statično ekvivalentna vozliščna obtežba.*

3.2 Vozliščni pomiki konstrukcije

Za izračun vozliščnih pomikov konstrukcije potrebujemo togostno matriko konstrukcije. Dobimo jo z uporabo virtualnega dela notranjih sil. Za ravninski okvir, ki je modeliran z N_e končnimi elementi, je virtualno delo notranjih sil enako

$$G_{notranji} = \bigcup_{e=1}^{Ne} G^e_{notranji} = \bigcup_{e=1}^{Ne} \int_0^{Le} \left(N^e \frac{d\delta u^e}{dx^e} + \right.$$

$$\left. + M^e \frac{d^2 \delta w^e}{dx^{e^2}} \right) dx^e \qquad (17)$$

kjer sta osna sila in upogibni moment po končnem elementu določena kot

$$N^e = EA \frac{du^e}{dx^e}, \qquad M^e = EI \frac{d^2 w^e}{dx^{e,2}} \qquad (18)$$

Po vstavitvi interpolacijskih funkcij za realna in virtualna pomika (11), (12) in (14) v (17) in (18), se enačba (17) prevede na

$$G_{notranji} = \bigcup_{e=1}^{N_e} G^e_{notranji} = \bigcup_{e=1}^{N_e} \delta \mathbf{U}^{e,T} \mathbf{K}^e \mathbf{U}^e =$$

$$= \delta \mathbf{U}^T \mathbf{K} \mathbf{U} \qquad (19)$$

kjer je $\mathbf{K}^e$ togostna matrika končnega elementa, $\mathbf{K}$ togostna matrika konstrukcije, $\mathbf{U}$ in $\delta\mathbf{U}$ pa vektorja realnih in virtualnih vozliščnih pomikov mreže končnih elementov. Ker velja enakost virtualnega dela notranjih in zunanjih sil, $G_{zunanji} = G_{notranji}$ in so virtualni vozliščni pomiki poljubni, dobimo iz (16) in (19) sistem linearnih algebraičnih enačb

$$\mathbf{F} = \mathbf{K}\mathbf{U} \qquad (20)$$

Iz njega izračunamo vozliščne pomike $\mathbf{U}$ mreže končnih elementov.

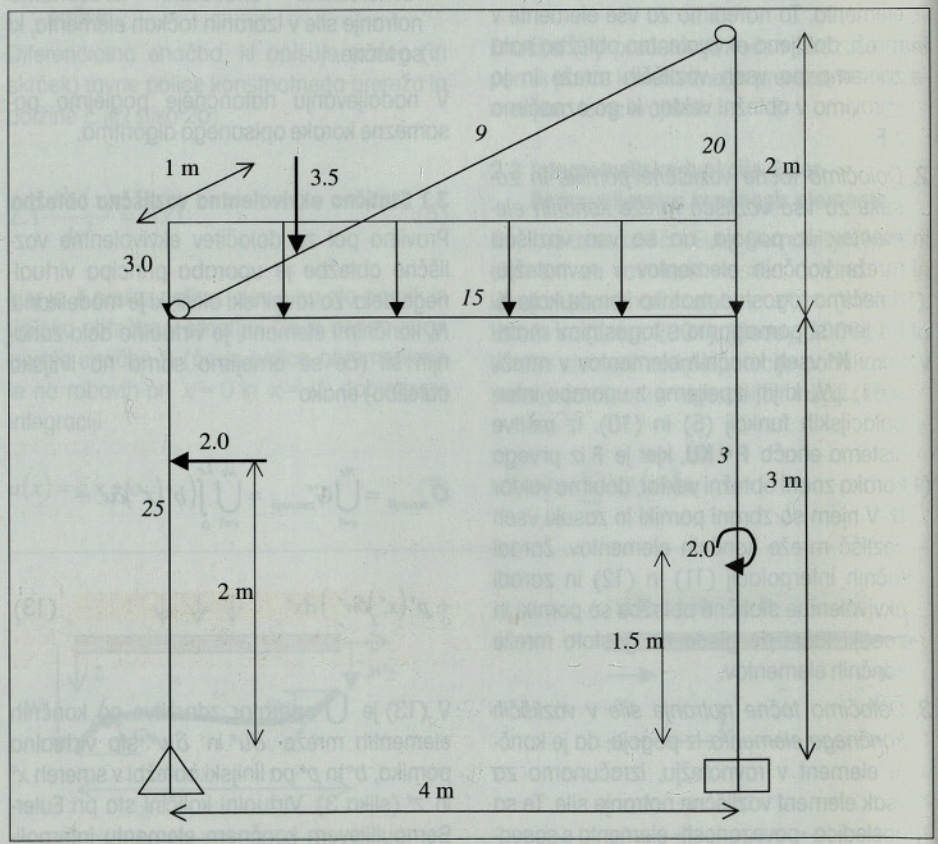
Togostna matrika $\mathbf{K}^e$ *ima zaradi interpolacij (11), (12) in (14) popolnoma enako obliko, glej npr. (Lutar, 2004), kot jo dobimo pri analitičnem izračunu; glej npr. (Duhovnik, 1998), (Stanek, 2002). Zaradi uporabe statično ekvivalentne obtežbe* $\mathbf{F}$ *in analitičnih togostnih matrik* $\mathbf{K}^e$ *pri določitvi togostne matrike konstrukcije* $\mathbf{K}$ *so vozliščni pomiki mreže končnih elementov* $\mathbf{U}$ *točni.*

3.3 Vozliščne notranje sile končnih elementov

Iz vozliščnih pomikov mreže končnih elementov $\mathbf{U}$, ki smo jih izračunali iz (20), pridemo do vektorja vozliščih pomikov posameznega končnega elementa $\mathbf{U}^e$. Vektor ekvivalentnih vozliščnih sil končnega elementa $\mathbf{F}^e$ že poznamo iz enačbe (15). Sedaj zahtevamo, da je končni element v ravnotežju. Iz tega pogoja izračunamo vozliščne notranje sile $\mathbf{R}^e$, na katere lahko gledamo kot na posledico »povezanosti« obravnavanega končnega elementa s sosednjimi elementi. Velja

$$\mathbf{R}^e = \mathbf{K}^e \mathbf{U}^e - \mathbf{F}^e \qquad (20)$$

kjer je $\mathbf{R}^e = \left[N_1^e, V_1^e, M_1^e, N_2^e, V_2^e, M_2^e\right]^T$, pri čemer so N_1^e, V_1^e, M_1^e osna sila, prečna sila in upogibni moment na začetku končnega elementa (v prvem vozlišču), N_2^e, V_2^e, M_2^e pa so notranje sile na koncu končnega elementa (v drugem vozlišču).



Slika 5 • **Ravninski okvir, ki ga uporabimo za primerjavo**

Ker so vrednosti na desni strani enačbe (20) točne, so tudi osna sila, prečna sila in upogibni moment v začetnem (prvem) in končnem (drugem) vozlišču točne.

3.4 Notranje sile po končnih elementih

Notranje sile po elementu izračunamo iz ravnotežnih enačb. Poznamo osno silo, upogibni moment in prečno silo N_1^e, M_1^e, V_1^e v prvem vozlišču končnega elementa; poznamo porazdelitev linijske obtežbe b^e, p^e po končnem elementu in poznamo tudi velikost morebitne koncentrirane obtežbe (glede na koordinate x^e, y^e, z^e), ki v tem vozlišču deluje v mreži končnih elementov, ki je $\hat{N}_1, \hat{M}_1, \hat{Q}_1$.

Notranje sile po končnem elementu v točki $\bar{x}^e$ se tako izračunajo iz ravnotežja:

$$N^e(\bar{x}^e) = -\hat{N}_1 - N_1^e - \int_0^{\bar{x}^e} b(x^e)dx^e$$

$$V^e(\bar{x}^e) = -\hat{Q}_1 - Q_1^e - \int_0^{\bar{x}^e} p(x^e)dx^e$$

$$M^e(\bar{x}^e) = -\hat{M}_1 - M_1^e + Q_1^e \bar{x}^e + \int_0^{\bar{x}^e} p(x^e)(\bar{x}^e - x^e)dx^e \qquad (21)$$

Enačbe (21) uporabimo v poljubnem številu točk po končnem elementu. V vsaki točki dobimo točno vrednost notranjih sil.

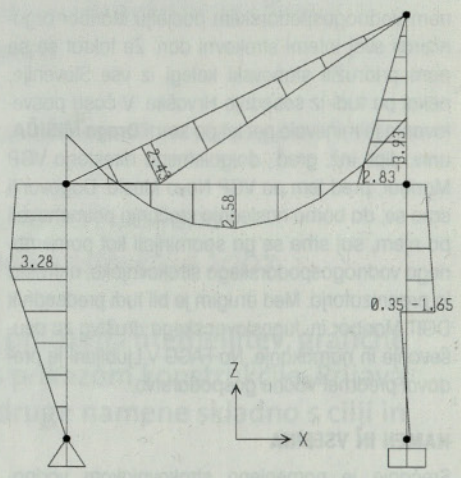
Opomba 3: Izračun notranjih sil s pomočjo (20) in (21) se razlikuje od načina izračuna notranjih sil pri klasični metodi končnih elementov, na primer (Reddy, 2006), kjer se notranje sile izračunajo iz enačb snovi. V našem primeru bi to lahko naredili za osno silo in upogibni moment z enačbama (18). Vendar v tem primeru notranje sile ne bi bile točne.

Opomba 4: Če uporabimo način izračuna notranjih sil po (20) in (21), se metoda končnih elementov za linijske konstrukcije, na primer (Lutar, 2004), v ničemer ne razlikuje od metode pomikov za analizo linijskih konstrukcij, na primer (Stanek, 2002).

4 • PRIMER

V poglavju izračunamo ravninski okvir na sliki 5 z računalniškim programom Sap2000 (Sap2000, 2006) in rezultate primerjamo z analitičnimi rešitvami, ki so za enak primer na razpolago v (Stanek, 2002). Okvir modeliramo po pravilu: en konstrukcijski element modeliramo z enim končnim elementom; uporabimo torej najredkejšo možno mrežo končnih elementov. Podatki o podporah, členkih, legi in velikosti obtežb so razvidni iz slike 5, podatki o materialu so: $E = 3.5\ 10^6$ kN/m^2 in $\nu = 0$, podatki o prerezih elementov pa so: $b/h = 0.3$ m/0.2 m za končne elemente 25, 3 in 20 s slike 5 in $b/h = 0.15$ m/0.3 m za elementa 9 in 15 s slike 5. Če primerjamo izračunane notranje sile z analitičnimi rešitvami iz (Stanek, 2002), str. 353, ugotovimo, da se rešitve po metodi končnih elementov popolnoma ujemajo. Program Sap2000 torej uporablja zgoraj opisani algoritem.

Opomba 5: Linijski končni elementi, ki so vgrajeni v programe za analizo konstrukcij, navadno upoštevajo še vpliv prečnih deformacij na pomike in zasuke, glej na primer (Lutar, 2004), str. 46. V grobem lahko rečemo, da se v tem primeru nekoliko spremenita diferencialni enačbi (1) in (6) in zaradi tega tudi interpolacijske funkcije (5) in (10) (Reddy, 2006). Ker pri analitičnem izračunu okvirja s slike 5 prečne deformacije niso upoštevane, smo pri numerični analizi podali za strižni modul veliko vrednost.



Slika 6 • **Upogibni momenti v okvirju**

5 • SKLEP

V članku je prikazan algoritem, ki ga pri linearni statični analizi linijskih konstrukcij uporabljajo računalniški programi za analizo (gradbenih) konstrukcij. Razloženo je, zakaj ob uporabi takšnega algoritma dobimo notranje sile, ki so enake analitičnim, že če uporabimo najredkejšo možno mrežo končnih elementov. Iz razlage se vidi, da se takšna metoda končnih elementov za linijske konstrukcije, kot je implementirana v računalniških programih za linearno statično analizo konstrukcij, v *ničemer* ne razlikuje od klasične metode pomikov za analizo linijskih konstrukcij.

Opozoriti pa je treba, da so rezultati *zelo* odvisni od mreže končnih elementov, če uporabljamo geometrijsko nelinearno analizo, uklonsko analizo, dinamično analizo ali če računamo lastne nihajne oblike linijskih konstrukcij. V takšnih primerih nam interpolacijske funkcije, ki jih uporablja Euler-Bernoullijev končni element, ne znajo opisati rešitev pripadajočih diferencialnih enačb.

6 • VIRI

Duhovnik, J., Statika linijskih konstrukcij I, UL, FGG, 2005.
Lutar, B., Duhovnik, J., Metoda končnih elementov za linijske konstrukcije, UM, FG, 2004.
Reddy, J. N., An introduction to the finite element method, Third edition, McGraw-Hill, 2006.
Sap2000, version 10, Manuals, Computers and Structures Inc., 2006.
Stanek, M., Turk, G., Trdnost, UL, FGG, 2002, dostopno na http://www.km.fgg.uni-lj.si/predmeti/Trdnost-VSS/Literat.htm
Zrelec, I., Tower 5.0, Navodila za uporabo programa, 2004.

MIŠIČEV VODARSKI DAN 2006 V MARIBORU

UVOD

Vodarji smo pestra druščina različnih strok, ki se ukvarjamo z upravljanjem, urejanjem in varovanjem voda. Dejavnost je stara, saj so se ljudje skoraj vedno naseljevali ob vodah, jih urejali po svoji meri ali se branili pred njimi. Zaradi vse večje strokovne zahtevnosti in pestrosti se danes pri vodarjenju pridružujejo gradbenikom – hidrotehnikom še mnogi strokovnjaki sorodnih področij. Ker smo ob svojem rednem delu razkropljeni po naši širni domovini, se srečujemo v začetku decembra vsako leto v Mariboru na MIŠIČEVEM VODARSKEM DNEVU z namenom medsebojnega seznanjanja o delu, znanju in dosežkih. Zadnje srečanje se je dogajalo 14. decembra 2006 v Kazinski dvorani Mariborskega gledališča in je bilo že sedemnajsto po vrsti. Začetek sega v leto 1989, ko smo v takratnem Vodnogospodarskem podjetju Maribor organizirali svoj interni strokovni dan. Že takrat so se nam pridružili stanovski kolegi iz vse Slovenije, nekaj pa tudi iz sosednje Hrvaške. V času posvetovanja je minevalo pet let po smrti **Draga MIŠIČA**, univ. dipl. inž. grad., dolgoletnega direktorja VGP Maribor, pred tem pa VGP Novo Mesto. Dogovorili smo se, da bomo naslednja srečanja poimenovali po njem, saj smo se ga spominjali kot pomembnega vodnogospodarskega strokovnjaka, aktivista in organizatorja. Med drugim je bil tudi predsednik DGIT Maribor in Jugoslovanskega društva za osuševanje in namakanje. Na FAGG v Ljubljani je predaval predmet Vodno gospodarstvo.

NAMEN IN VSEBINA

Srečanje je namenjeno strokovnjakom vodnogospodarskih, projektantskih, raziskovalnih in načrtovalskih organizacij, javnih in upravnih služb, vsem ki se kakorkoli ukvarjajo z vodami ali jih ta dejavnost zanima.

Zastavili smo usmeritev, da se na Mišičevem dnevu podajajo sestavki na osnovi praktičnih izkušenj pri načrtovanju, spremljanju vodnega režima, projektiranju in izvajanju vodnogospodarskih in ekoloških posegov ter opažanj tovrstnih problemov na terenu in v praksi. Tako naj se ne podvajajo predstavitve in obravnave znanstveno raziskovalnega dela, ki se dogajajo na Goljevščkovem dnevu v Ljubljani. Teme, ki jih želimo obravnavati, razpisujemo vedno v zvezi z aktualnimi dogodki, ki se zgodijo v teku leta, bodisi na strokovnem področju, ob meteoroloških ali hidroloških posebnostih ali na zakonodajnem in normativnem področju.

ORGANIZACIJA

Mišičev vodarski dan še vedno organiziramo nasledniki nekdanjega Vodnogospodarskega podjetja Maribor in sicer Vodnogospodarski biro Maribor in Vodnogospodarsko podjetje Drava Ptuj ob soorganizaciji Ministrstva za okolje in prostor ter Agencije RS za okolje ter ob podpori Dravskih elektrarn Maribor in številnih sponzorjev. Vsakoletno število napisanih referatov, tudi do 30, in veliko število udeležencev, tudi preko 180, nas organizatorje veseli in spodbuja, obenem pa opravičuje podporo vseh, ki to srečanje omogočajo. Vsi strokovni prispevki so objavljeni in tiskani v imenitnem zborniku, ki ga udeleženci prejmejo že pred posvetom.

17. MIŠIČEV VODARSKI DAN 2006

Na 17. MVD je bilo prisotnih 183 udeležencev iz Slovenije in manjša skupina strokovnjakov iz Avstrije, ki sodelujejo na projektih mejnih rek Mure in Drave. S pozdravnim nagovorom, se je posveta udeležil tudi generalni direktor direktorata za energijo MG RS **g. Igor Šalamun**, direktor Dravskih elektrarn Maribor **g. Damijan Koletnik** in direktorica Urada za upravljanje z vodami pri MOP ARSO **ga. Stanka Koren**.

Tematika posveta je bila razdeljena na 3 sklope:

1. UREJANJE, VZDRŽEVANJE IN OBRATOVANJE VODNE INFRASTRUKTURE TER VZDRŽEVANJE VODNIH IN PRIOBALNIH ZEMLJIŠČ NA MEJNIH VODOTOKIH

Na vodotokih, ki mejijo s sosednjimi državami ali to mejo prečkajo oziroma ima stanje njihovega vodnega režima čezmejni vpliv, je potrebno vse vodnogospodarske aktivnosti usklajevati s sosedi, pri tem pa upoštevati veljavno zakonodajo, ki ureja področje voda, posegov v prostor in gradenj na obeh straneh. Posebno pomembno je vprašanje poteka meje in lastništva zemljišč. Prikaz stanja in strokovne ocene posledic je bila vsebina 1. teme MVD 2006. V podanih prispevkih je bila opisana problematika ter aktivnosti meddržavnih komisij za vodno gospodarstvo na meddržavnih in mejnih vodotokih z Avstrijo, Madžarsko, Italijo in Hrvaško, prikazan je bil mednarodni sistem za napovedovanje pretokov reke Mure ter ekološki projekti na mejnih rekah.

2. HIDROENERGETSKA RABA VODE V SLOVENIJI

Proizvodnja hidroenergije v Sloveniji predstavlja ca 30 % celotne proizvodnje električne energije. V teku je izgradnja verige HE na Savi, črpalne HE Avče na Soči ter doinstalacija HE Zlatoličje na Dravi. V fazi načrtovanja je črpalna HE Kozjak na Dravi, podeljena je koncesija za gradnjo HE na Muri. Kakšen pomen ima hidroenergija kot obnovljivi vir v Nacionalnem energetskem programu, kakšno je stanje in kakšne so perspektive pri izkoriščanju energetskega potenciala slovenskih rek je bila 2. tema letošnjega strokovnega posveta.

3. AKTUALNI PROJEKTI S PODROČJA UPRAVLJANJA Z VODAMI IN UREJANJE VODA

Izmenjava informacij o aktualnih projektih s področja upravljanja in urejanja voda je stalnica Mišičevega vodarskega dne, ki podaja pregled nad strokovnim delom slovenskih vodarjev. Predstavitev projektov ima namen predvsem seznanitev stroke z aktualnimi dogajanji in novostmi, prikazov razvojnih dosežkov ter nemalokrat tudi odpiranje polemičnih strokovnih razprav. Po pričakovanju je bilo na to temo predstavljenih največ prispevkov.

Na 18. MVD, ki bo organiziran v začetku decembra 2007, organizatorji pričakujemo dober odziv s pripravo prispevkov na teme v razpisu, predvidoma junija 2007.

Slika • **Udeleženci 17. Mišičevega vodarskega dne ped Kazinsko dvorano SNG Maribor**

Franc AVŠIČ, univ. dipl. inž. gradb.
mag. Smiljan JUVAN, univ. dipl. inž. gradb.
Organizacijski odbor za Mišičev vodarski dan

RAZPIS

za podelitev nagrade
za najboljši dosežek na področju
PROJEKTIRANJA IN IZGRADNJE JEKLENIH KONSTRUKCIJ za leto 2007

Odbor za jeklene konstrukcije (OJK) Združenja kovinske industrije GZS razpisuje nagrado za najboljši dosežek na področju projektiranja in izgradnje jeklenih in aluminijastih konstrukcij za leto 2007. Nagrada bo podeljena na podlagi Pravilnika o podeljevanju nagrad.

Nagrado lahko dobi konstrukcija, ki izpolnjuje naslednje pogoje:

- Razvoj, načrtovanje, izdelava in montaža mora biti delo inženirjev v podjetjih, ki so člani organizacije JEKLENE KONSTRUKCIJE (JK).
- Konstrukcija mora biti zgrajena in predana v uporabo v obdobju zadnjih treh let in ne kasneje kot do 1. oktobra pred letom podeljevanja.
- Konstrukcija mora izstopati s svojo konstrukcijsko zasnovo in učinkovitostjo pri uporabi, hkrati pa izkazovati prednosti jekla pri načrtovanju, proizvodnji, ekonomičnosti in arhitekturi in s tem prispevati k boljši uveljavitvi jekla in jeklenih konstrukcij v očeh javnosti.

Podjetja, ki so člani organizacije JK, posredujejo predloge Odboru za jeklene konstrukcije (OJK)
do 15. februarja 2007 na naslov:
Gospodarska zbornica Slovenije, ZKI - OJK, Dimičeva 13, 1000 Ljubljana
Na zapečateni ovojnici mora biti pripis: Za nagrado Jeklena konstrukcija 2007

Vsako podjetje lahko predlaga le eno konstrukcijo. K predlogu mora biti priložena utemeljitev, grafične priloge in pet različnih fotografij (tudi v digitalni obliki - min. 300 dpi) s prikazom konstrukcije. Prijava za nagrado predstavlja tudi dovoljenje za objavo gradiva v tisku in za druge namene skladno s cilji in delovanjem organizacije JK.

Žirija bo opravila svoje delo do 15. marca 2007. Predlagatelja in nagrajence bo obvestila o dodelitvi nagrade pred javno objavo. Odločitev žirije je dokončna.

Nagrado bo OJK izročil nagrajencem na 8. slovenskih dnevih jeklenih konstrukcij predvidoma maja 2007. Najboljša slovenska jeklena konstrukcija bo tudi predlagana za nagrado Evropske konvencije za jeklene konstrukcije - ECCS v letu 2007.

GOSPODARSKA ZBORNICA SLOVENIJE

ZDRUŽENJE ZA KOVINSKO INDUSTRIJO
JEKLENE KONSTRUKCIJE

Nagrajena jeklena konstrukcija v letu 2005

Evropski Socialni Sklad

Univerza v Ljubljani

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani
vabi svoje diplomante, da se včlanijo v

KLUB DIPLOMANTOV FAKULTETE ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO UNIVERZE V LJUBLJANI V USTANAVLJANJU

Namen Kluba diplomantov UL FGG je združevati vse diplomante fakultete in spodbujati vseživljenjsko vez med diplomanti in fakulteto. V Klubu diplomantov bodo potekale aktivnosti za razvijanje in ohranjanje visokih standardov v gradbeništvu in geodeziji.

Aktivnosti Kluba diplomantov UL FGG:
redna letna srečanja članov kluba, strokovna in znanstvena srečanja ter ekskurzije, družabna in športna srečanja, strokovno izobraževanje in usposabljanje, podpora kariernemu razvoju študentov UL FGG.

Člani Kluba diplomantov bodo dejavni pri praktičnem usposabljanju in uvajanju študentov v poklic. Klub diplomantov bo skrbel za promocijo poklicev, za katere FGG izobražuje, in za uveljavljanje strokovnega področja v lokalnem in širšem okolju.

Prvo medgeneracijsko srečanje diplomantov bo na ustanovnem sestanku Kluba diplomantov UL FGG v letu 2007.

Vabimo Vas, da izpolnite pristopno izjavo, ki je na spletni strani: http://www.fgg.uni-lj.si
e-naslov: klub.diplomantov@fgg.uni-lj.si

izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač,
prodekanja za študijske zadeve

izr. prof. dr. Bojan Majes,
dekan UL FGG

Projekt sofinancirata Evropski socialni sklad EU in Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo RS.

PRVO EVROPSKO SREČANJE ŠTUDENTOV GRADBENIŠTVA

Bled, 16.–20. april 2007

International Civil Engineering Student Congress Bled 2007

InterCES

Študentje Fakultete za gradbeništvo v Ljubljani smo sprejeli izziv, da izpeljemo enega največjih mednarodnih študentsko-gradbeniških projektov z imenom **InterCES**.

Kaj je InterCES?

InterCES bo evropski kongres študentov gradbeništva, katerega namen je petdnevno spoznavanje slovenske gradbene industrije in njenih dosežkov, pridobitev novega znanja na strokovnih predavanjih, spoznavanje slovenske kulture in povezovanje z danes evropskimi študenti, jutri tehnologi, komercialisti, podjetniki, ...

Prvo tovrstno srečanje študentov gradbeništva bomo organizirali v Sloveniji od **16.–20. aprila 2007 v Hotelu Krim na Bledu** (www.hotel-krim.si).

Tudi študentje gradbeništva želimo prispevati k boljšemu razumevanju in povezovanju kultur, podjetij ter posameznikov s tem, da povabimo vse študente gradbeništva v Evropi, da se zberejo na enem mestu in doživijo nepozabne trenutke.

K sodelovanju ste vabljeni tako študentje gradbeništva kot podjetja, ki se želite predstaviti bodočim kupcem in poslovnim parterjem v Evropi.

Več podatkov o kongresu lahko dobite na **www.interces.eu** ali pa nam pišite na info@interces.eu.

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2007

SEMINAR		IZPIT	
Časovni termin		Osnovni in dopolnilni	Revidiranje
Februar	19. – 21. (3 dni)		
Marec		13. 3.	27. 3.
April	16. – 18. (3 dni)		
Maj		29. 5.	
Oktober	8. – 10. (3 dni)		24. 10.
November		13. 11.	

A. PRIPRAVLJALNI SEMINARJI:

Pripravljalne seminarje organizira **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9E, 1000 Ljubljana**;

Telefon: (01) 52-40-200; Fax: (01) 52-40-199; e-naslov: gradb.zveza@siol.net.

Seminar vključuje **izpitne programe** za:

1. Odgovorno projektiranje (osnovni in dopolnilni strokovni izpit);
2. Odgovorno vodenje del (osnovni in dopolnilni strokovni izpit);
3. Odgovorno vodenje posameznih del;
4. Investicijski procesi in vodenje projektov – predavanje za kandidate, ki morajo opraviti dopolnilni strokovni izpit s tega področja. Predavanje se izvaja v okviru rednih seminarjev.

(Vsi posamezni programi so dostopni na spletni strani IZS - MSG: http://www.izs.si, v rubriki »Strokovni izpiti«)

Cena za udeležbo na **seminarju** po izpitnih programih 1., 2. in 3. točke znaša 613,00 EUR (147.000,00 SIT) z DDV, za predavanje in literaturo pod 4. točko pa 87,63 EUR (21.000,00 SIT) z DDV.

Kotizacijo za seminar je potrebno nakazati ob prijavi na poslovni račun:
SI56 0201 7001 5398 955, kopijo dokazila o plačilu pa priložiti k prijavi!

Udeleženca prijavi k seminarju plačnik (podjetje, družba, ustanova, sam udeleženec...). Prijavo v obliki dopisa je potrebno poslati organizatorju (ZDGITS) najkasneje 15 dni pred pričetkom seminarja (z obvezno prilogo dokazila o plačani kotizaciji)!

Prijava mora vsebovati: priimek, ime, poklic (zadnja pridobljena izobrazba), izpitni program (1./2./3./4. – glej zgoraj!), naslov udeleženca ter natančni naslov in ID DDV številko plačnika.

Seminar ni obvezen, zato je izvedba seminarja odvisna od števila prijav (najmanj 20).

B. STROKOVNI IZPITI

potekajo pri **Inženirski zbornici Slovenije (IZS), Jarška 10-B, 1000 Ljubljana.** Informacije je mogoče dobiti na spletni strani IZS http://www.izs.si (kjer se nahajajo vse informacije o strokovnih izpitih in izpitni programi) in po telefonu (01) 547-33-15 ob uradnih urah (ponedeljek, sreda, četrtek, petek: od 8.00 do 12.00 ure; v torek od 12.00 do 16.00 ure)

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Aljoša Trojar, Urejanje in vrednotenje stavbnega zemljišča v gospodarski coni P1 v območju Žiri, mentor izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač

Damjan Modrijan, Nizkotemperaturni asfalti, mentor prof. dr. Janez Žmavc

Jure Jerele, Izdelava operativnega plana za poslovno – stanovanjski objekt in njegova spremljava, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor asist. dr. Aleksander Srdić

Aleš Tominc, Asfalti v cestogradnji, mentor prof. dr. Janez Žmavc

Neža Bodlovič, Primerjava dveh tehnološko različnih faz gradnje gradbene jame v mestnem jedru, mentor doc. dr. Janko Logar, somentor asist. dr. Boštjan Pulko

Rok Confidenti, Parametrična študija toplotnega odziva stavbe z uporabo steklenjakov in zbiralno shranjevalnih sten po SIST EN ISO 13790:2004, mentor doc. dr. Živa Kristl

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Jure Šimic, Uporaba valjanih betonov za nasipe, mentor prof. dr. Mitja Brilly, somentor viš. pred. mag. Andrej Kryžanowski

Marko Žibert, Predpisi in hidravlično dimenzioniranje za odvodnjo padavinske vode z avtocest, mentor prof. dr. Franc Steinman, somentorja izr. prof. dr. Jože Panjan in prof. dr. Katarzyna Weinerowska

Patricija Vodopivec, Zunanja kontrola izvedbe del pri gradnji avtocest – kontrola vgrajenega materiala, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor doc. dr. Dušan Zupančič

Ivan Marušič, Uspešnost investicije na avtocestnem odseku Šentvid–Koseze, mentor izr. prof. dr. Maruška Šubic Kovač

Sanel Duraković, Projekt organizacije gradnje za stanovanjsko poslovni objekt, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor asist. dr. Aleksander Srdić

Matjaž Grdadolnik, Urejanje motornega prometa v mestih z enosmernim načinom vodenja, mentor doc. dr. Tomaž Maher

Peter Tovornik, Analiza učinkovitosti posebnih pasov za javni promet, mentor doc. dr. Marijan Žura

Sergej Destovnik, Določitev mejnih prometnih obremenitev motornih vozil in pešcev za urejanje prehodov za pešce izven križišč na podlagi čakalnih časov in zajezitvenih dolžin motornih vozil, mentor doc. dr. Tomaž Maher

Matej Peljhan, Kritična ocena projektiranja montažnih armiranobetonskih hal po EC8, mentor prof. dr. Matej Fischinger

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Branko Ašič, Načela in kriteriji za projektiranje malo prometnih cest, mentor izr. prof. dr. Tomaž Tollazzi, somentor mag. Marko Renčelj

Primož Pirjevec, Geomehanska analiza skupin horizontalno obremenjenih pilotov v gramoznih zemljinah, mentor izr. prof. dr. Stanislav Škrabl, somentor izr. prof. dr. Bojan Žlender

Davor Škalički, Analiza vodooskrbe termoelektrarne Trbovlje, mentor izr. prof. dr. Eugen Peteršin, somentor izr. prof. dr. Renata Jecl

Rubriko ureja • **Jan Kristjan Juteršek,** univ. dipl. inž. grad.

KOLEDAR PRIREDITEV

15.- 16.2.2007

5th International Bus Conference
'Bus Systems Without Limits''
Bogota, Kolumbija
www.itsinternational.com/events

1.- 7.3.2007

5th International Conference on Construction Project Management (ICCPM 2007)
Singapur, Singapur
www.ntu.edu.sg/cee/iccpm_iccem

5.- 9.3.2007

COE International Advanced School on Wind Effect on Buildings and Urban Environment
Tokio, Japonska
www.wind.arch.t-kougei.ac.jp

6.- 8.3.2007

4th SASITS International Conference & Exhibition
Pretoria, Južna Afrika
www.itsinternational.com/events

23.- 29.4.2007

BAUMA 2007
28. Internationale Fachmesse für Baumaschinen, Baustoffmaschinen, Bergbaumaschinen, Baufahrzeuge und Baugeräte
München, Nemčija
www.bauma.de

11.- 13.6.2007

International Conference: Sustainable Construction Materials and Technologies
Coventry, Anglija
www.uwm.edu/dept/cbu/coventry.html

18.- 20.6.2007

6th ITS in Europe Congress and Exhibition
Aalborg, Danska
www.ertico.com

26.- 29.6.2007

24th W78 Conference & 5th ITCEDU Workshop & 14th EG-ICE Workshop
Maribor, Slovenija
www.w78.uni-mb.si

4.- 6.9.2007

7th International Congress Concrete: Construction's Sustainable Option
Dundee, Škotska
www.ctucongress.co.uk

18.- 21.9.2007

The Eleventh International Conference on Civil, Structural and Environmental Engineering Computing
St Julians, Malta
www.civil-comp.com/conf or contact

19.- 21.9.2007

IABSE Symposium
International Association for Bridge and Structural Engineering
Weimar, Nemčija
www.iabse2007.de

24.- 27.9.2007

14th European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering: Geotechnical Engineering in Urban Environments
Madrid, Španija
www.ecsmge2007.org

6.- 10.10.2007

75th IBTTA Annual Meeting and Exposition
Dunaj, Avstrija
www.ibtta.org

30.6.- 4.7.2008

10th International Symposium on Landslides and Engineered Slopes
Xi'an, Kitajska
www.landslide.iwhr.com

5.- 9.10.2009

17th International Conference for Soil Mechanics and Geotechnical Engineering
Alexandria, Egipt
www.2009icsmge-egypt.org

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