

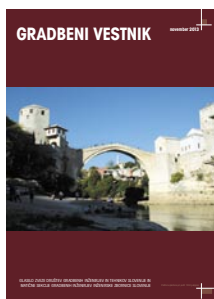
GRADBENI VESTNIK

november 2013



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

Poštnina plačana pri pošti 1102 Ljubljana



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

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774
Ljubljana, november 2013, letnik 62, str. 241–268

Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Karlovška cesta 3, 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 knjigo RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**
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: **doc. dr. Milan Kuhta**
ZAG: **akad. prof. dr. Miha Tomaževič**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristjan Juteršek

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Eva Okorn

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski tisk

Naklada:

3400 izvodov

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

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

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 23,16 EUR; za študente in upokojene 9,27 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 171,36 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je všteti DDV.

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

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, strokovni naziv, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; ključne besede v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; ključne besede (key words) 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 ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavlja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. Slike (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki oglatih oklepajev: (priimek prvega avtorja ali kratica ustanove, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja ali ustanove morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev ali kraticah ustanov in opisana z naslednjimi podatki: priimek ali kratica ustanove, začetnica imena prvega avtorja ali naziv ustanove, priimki in začetnice imen drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
13. 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.
14. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

Uredništvo

Vsebina • Contents

Članki • Papers

stran **242**

prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad.

UPORABA OBREŽNEGA FILTRATA MURE ZA PRESKRBO S PITNO VODO POMURJA

THE APPLICATION OF BANKFILTRATE OF THE RIVER MURA FOR DRINKING WATER SUPPLY OF POMURJE REGION



stran **249**

Gorazd Humar, univ. dipl. inž. grad.

MOSTARSKI STARI MOST 20 LET KASNEJE

THE MOSTAR OLD BRIDGE TWENTY YEARS LATER

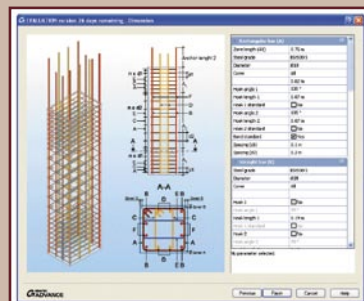


stran **254**

Jerica Rihar, univ. dipl. inž. grad.

UPORABA RAČUNALNIŠKIH PROGRAMOV ZA KONSTRUIRANJE ARMATURE V SLOVENIJI

USAGE OF SOFTWARE FOR REINFORCEMENT DESIGN IN SLOVENIA



Nova knjiga

stran **248**

Ljubljanska inženirska zbornica 1919–44

Obvestilo ZDGITS

stran **268**

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2014

Novi diplomanti

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

Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: Obnovljen Stari most v Mostarju, foto: Gorazd Humar

UPORABA OBREŽNEGA FILTRATA MURE ZA PRESKRBO S PITNO VODO POMURJA

THE APPLICATION OF BANKFILTRATE OF THE RIVER MURA FOR DRINKING WATER SUPPLY OF POMURJE REGION

prof. dr. Mitja Rismal, univ. dipl. inž. grad.
m.rismal@masicom.net
Barjanska 68, 1000 Ljubljana

Strokovni članek
UDK 628.112(282)(497.4)

Povzetek | Članek obravnava, namesto prej načrtovanega fizikalno-kemičnega čiščenja obrežnega filtrata Mure, eliminacijo železa in mangana v vodonosniku z bogatenjem podtalnice za vodovod Pomurja pri črpališču Podgrad, Apaško polje, vodovoda Gornja Radgona–Radenci.

Ključne besede: preskrba s pitno vodo, obrežna filtracija, eliminacija železa in mangana v vodonosniku, umetno bogatenje podtalnice

Summary | The paper describes underground iron and manganese removal from the Mura river bankfiltrate, instead of the previously designed physical-chemical elimination on the purification plant, before it is applied for artificial ground water recharge on the waterwork Podgrad of the water supply system Radgona – Radenci.

Key words: Water supply, bank filtration, underground iron and manganese removal, artificial groundwater recharge

1 • UVOD

Preskrba s pitno vodo za Mursko Soboto in Gornjo Radgono z Radenci v Pomurju je bila med letoma 1964 in 1968 načrtovana in zgrajena s 400 m dolgo drenažo z bogatenjem pitne podtalnice z obrežnim filtratom Mure v Podgradu na Apaškem polju, znotraj s protipoplavnim nasipom obdanega obvodnega biotopa, z namenom hkratne zaščite pitne podtalnice in zalednih kmetijskih površin.

Ker pa načrtovana naprava za čiščenje murske vode, ki je bila tedaj slabe kakovosti, in obrežnega filtrata (ca. 200 mg/l KMnO_4 ali 50 mgO_2/l) ni bila zgrajena (slika 8), se je bogatenje uporabilo le v sušah kot prehodna rešitev do izgradnje 700 m dolgega drenažnega zajetja zaledne podtalnice pri Segovcih.

Z novim načrtom za enotno preskrbo s pitno vodo celotnega Pomurja pa sta predvidena tudi rekonstrukcija in dograditev črpališča v Podgradu.



Slika 1 • Mura je pglavilni vir za pitno vodo Pomurja in namakanje. Je obnovljivi vir energije in z obvodnim biotopom naravna vrednota. Usklajitev teh danosti in potreb potrebuje vodnogospodarsko integralno in naravovarstveno usklajeno trajnostno rešitev

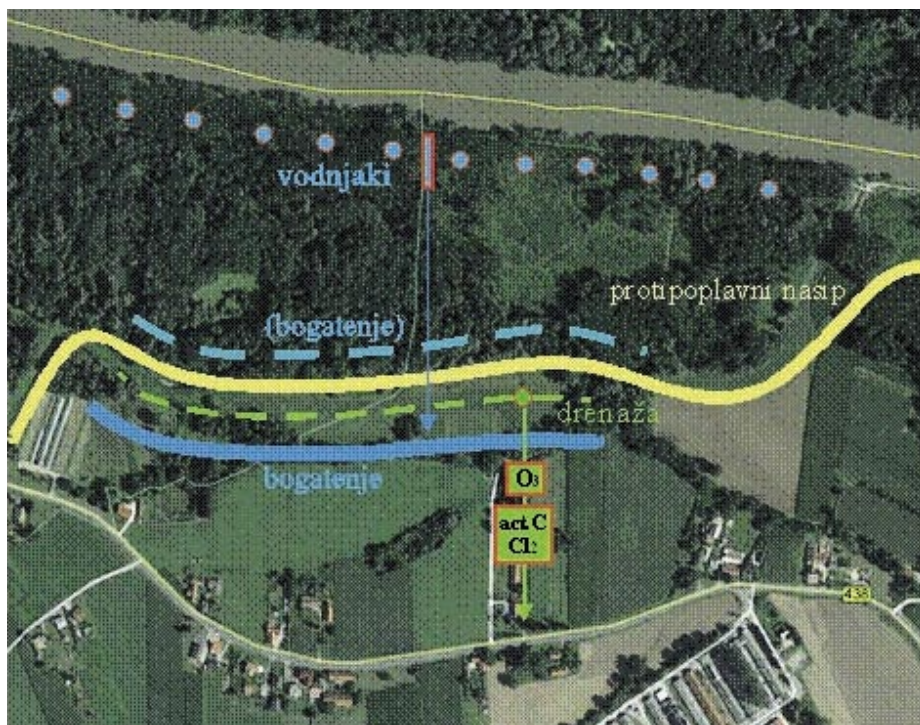
Načelna vprašanja uporabe umetnega bogatenja podtalnice za ta novi načrt so opisana v članku (Rismal, 2011).

Od izgradnje omenjenega črpališča v šestdesetih letih prejšnjega stoletja se je onesnaženost Mure zaradi izgradnje čistilnih naprav za odpadne vode v Avstriji tudi pri nizkih pretokih (decembra 2011 in januarja 2012) znižala na kemijsko porabo po $K_2Cr_2O_7$ na $15 \text{ mgO}_2/\text{l}$ in TOC na $2,9 \text{ mg/l}$. V obrežnem filtratu pa pod $5 \text{ mgO}_2/\text{l}$ in TOC na $1,8 \text{ mg/l}$. Motnost obrežnega filtrata NTU pa ni večja od 0,5.

Zato je namesto prej načrtovanega fizikalno-kemičnega čiščenja obrežnega filtrata (slika 7) predvideno sonaravno biokemično čiščenje z adsorpcijsko sposobnostjo vodonosnika in končnim »poliranjem« vode z ozonom in filtracijo preko aktivnega oglja (sliki 2 in 9). Obramba pred sušo in proti pesticidom, nitratom iz zaledne podtalnice – aktivna zaščita – pa ostaja, kot je bila načrtovana, z umetnim bogatenjem podtalnice.

V obrežnem filtratu prisotna železo in mangan, ki se med filtracijo murske vode reducirata v topno obliko Fe^{2+} in Mn^{2+} , z amonijem NH_4 in sulfidom S^{2-} , z recirkulacijo dela črpanega in prej dobro prezračenega filtrata v vodonosnik (slika 10), oksidirata in se odstranijo iz vode že v vodonosniku. S tako očiščenim filtratom pa se, kot rečeno, bogati podtalnica ob že zgrajeni drenaži (sliki 2 in 9).

Za dodatno izboljšanje organoleptičnih lastnosti in za odstranitev ostankov še preostalih onesnažil, kot so sledovi farmacevtskih metabolitov itd., iz drenaže črpane vode je predvidena še uporaba ozona s filtracijo vode



Slika 2 • Shema načrtovanega bogatenja in čiščenja obrežnega filtrata Mure in zaščita iz drenaže črpane vode z bogatenjem pred možnim onesnaženjem iz zaledne podtalnice v Podgradu

preko aktivnega oglja, na koncu pa še z dodatkom rezidualnega klora za preprečitev kasnejše mikrobiološke zarasti v omrežju.

Upravljanje takšnega čiščenja je zaradi velike izravnalne prostornine vodonosnika, ki deluje kot biokemični reaktor, bolj enostavno in bolj varno, kot je pri mnogo manjši prostornini reaktorjev za kemično obdelavo, sedimentacijo in filtracijo vode na čistilni napravi s fizikalno-kemijskim čiščenjem vode (slika 9).

Procesi čiščenja so stabilnejši, pogonski in investicijski stroški pa manjši.

Zmogljivost obrežnih vodnjakov, 72 l/s , pa mora biti – zaradi recirkulacije ozračene vode v vodonosnik – večja od načrtovane povprečne dnevne porabe vodovoda 55 l/s (preglednica 3).

Obrežna drenaža z vodnjaki kot hidravlično analogna rešitev ni bila izbrana zaradi težje nadzorovanega čiščenja Fe in Mn.

2 • PRESOJA IZDATNOSTI VODNJAKOV OB MURI ZA ČIŠČENJE OBREŽNEGA FILTRATA ZA VODOVOD

Načrtovano kapaciteto črpališča 72 l/s s šestimi vodnjaki v medsebojni razdalji 60 m , v ekstremno nizkih vodostajih Mure za porabo vodovoda, 55 l/s in 34 l/s , za čiščenje Fe in Mn (preglednica 3), smo ocenili po podatkih raziskave prepustnosti kolmatiranega dna, brežine in prepustnosti vodonosnega Mure: $k = 1,99E-04 \cdot x^{9,79E-1}$ (slika 3), ki je je s simulacijo vodnega vala iz reke v zaledno podtalnico sloja s črpalnim preizkusom (Prestor, 2012) pri vodnjaku VPG-1 (10 l/s in 16 l/s).

Hidravlični upor dna reke Δh (diagram 1) smo določili po shemi obrežne infiltracije

(slika 4). Zaradi varnosti smo za prepustnost dna $k = 1,97E-05 \text{ m/s}$, po oceni $0,5 \text{ m}$ debele plasti kolmatiranega dna, upoštevali nižjo vrednost (po črpalnem preizkusu je za enako debelino plasti $k = 1E-04 \text{ m/s}$). Pod to plastjo je do neprepustne podlage vodonosnika še $0,5$ -metrska plast manj zablatenega proda boljše propustnosti $k = 3,0E-3 \text{ m/s}$.

Potrebna zmogljivost obrežnega filtrata za črpanje vode je ocenjena z enačbami 1 po shemi na sliki 4. Prispevek podtalnice iz nasprotni strani Mure zaradi tanke plasti proda pod dnem ni upoštevan.

$$\Delta Q_n = k_0 \cdot \Delta h_n / (h_0 \cdot B \cdot \Delta L) \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

infiltracija preko zablatenega dna na prečnem odseku korita ΔL na vplivni fronti vodnjakov B

(1)

$$Q_{n-1} = Q_n - \Delta Q_n \quad (\text{m}^3/\text{s})$$

pretok v nekolmatiranem vodonosniku pod reko

(2)

$$\Delta h_n = \Delta h_{(n-1)} - Q_{(n-1)} \cdot \Delta L / (2 \cdot k_1 \cdot B \cdot h_1) \quad (\text{m})$$

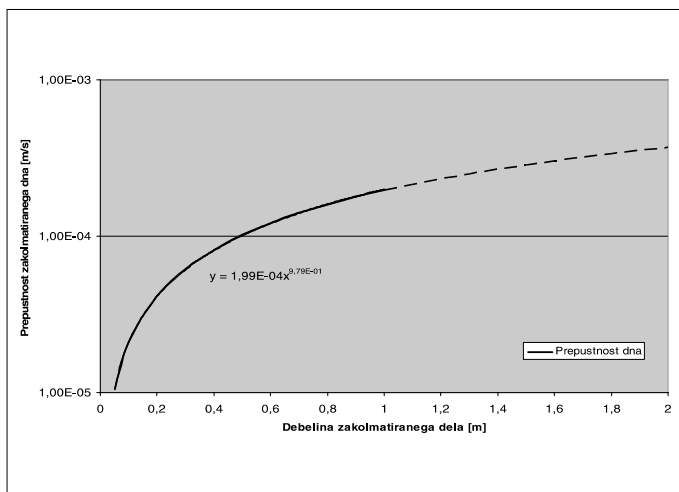
upor dna

(3)

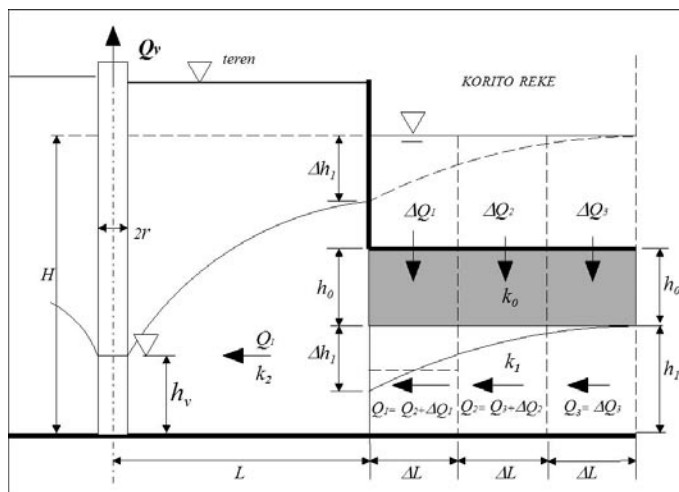
Podatki:

$Q_1 = 0,072 \text{ (m}^3/\text{s)}$ maksimalna zmogljivost šestih vodnjakov

$\Delta h_1 = 0,70 \text{ (m)}$ znižanje gladine podtalnice ob brežini pri črpanju Q_0 iz skupine šestih vodnjakov



Slika 3 • Koeficient prepustnosti kolmatirane brežine in dna Mure pri Podgradu (Prestor, 2012)



Slika 4 • Hidravlična shema infiltracije preko kolmatiranega rečnega dna v vodnosnik ob reki

$B = 300,00$ (m) vplivna dolžina fronte šestih črpalnih vodnjakov
 $h_0 = 0,500$ (m) debelina zablatenega dna Mure
 $h = 0,500$ (m) debelina vodnosnika pod zablatenim dnom Mure
 $\Delta L = 0,50$ (m) računski odsek dna
 $k = 3,0E-3$ (m/s) prepustnost vodnosnega sloja pod dnom Mure
 $k = 1,97E-05$ (m/s) nižja izbrana prepustnost za $h_0 = 0,5$ m zablatenega dna,

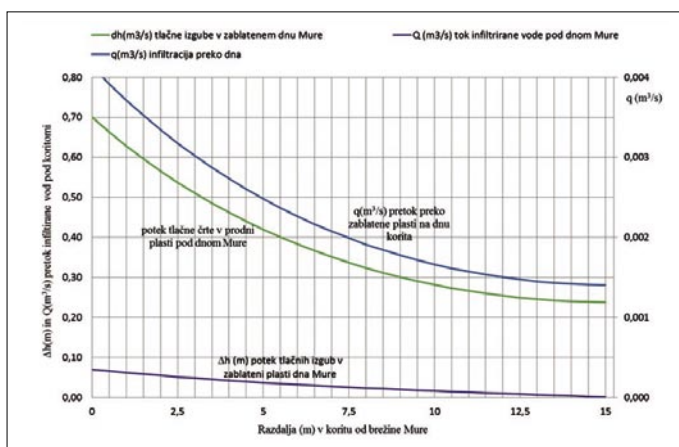
od vrednosti po enačbi 4 je na varni strani $k_{(h_0 = 0,5 \text{ m})}$

$k = 1,99E-04 \cdot x^{0,79E+01}$ (m/s)
 koef. prepustnosti po (Prestor, 2012) (4)

Lega nepropustne podlage je povzeta iz priloženih prečnih profilov Mure in zaledne podtalnice v vodnjaku VPG1 na koti 204,15 in gladina podtalnice med črpalnim preizkusom pri nizkem vodostaju Mure 206,73 m. Rezultate tako ocenjene infiltracije Mure v obrežne vodnjake na 300 m dolgem odseku smo primerjali s podatki iz literature (Kittner, 1964). Po tem viru, na strani 169, je infiltracija iz rek odvisna od razmerja hitrosti vodnega toka v reki $v_{reke} / v_{infiltracije} = 20.000$ do 30.000 , kar pomeni pri hitrosti vodnega toka Mure 1 m/s infiltracijo med $2,88 \text{ m}^3/\text{m}^2$ dan do $4,32 \text{ m}^3/\text{m}^2$ dan. Obe vrednosti sta, po mnenju izkušenih strokovnjakov, precenjeni, kar kažejo tudi rezultati računa, po shemi na sliki 3, v preglednici 2.

Po teh meritvah izračunana infiltracija med $0,883 \text{ m}^3/\text{m}^2$ dan in $1,113 \text{ m}^3/\text{m}^2$ dan, na dolžinski meter zajemne fronte vodnjakov 300 m pa med $0,153 \text{ l/s m}$ in $0,193 \text{ l/s m}$, je v velikostnem razredu drugje opazovanih vrednosti (preglednica 1).

Zmogljivost načrtovanih šestih oziroma dvanajstih obrežnih vodnjakov za zajem obrežnega filtrata na fronti vodnjakov dolžine 300 m, alternativno za 15 m in 20 m od brežine (sliki 7a in 7b), je določena po enačbah 5 in 6 v (Averjanov, 1959), stran 162, s tem (slika 6) da je upoštevan tudi v nadaljevanju ocenjeni hidravlični upor dna in brežine $\Delta h = 0,70$ m. (Pri črpanju 10 l/s iz $l_1 = 31,5$ m od Mure oddaljenega vodnjaka je bil izmerjeni $\Delta h = 0,44$ m).



Slika 5 • Rezultati računa uporov kolmatiranega dna in potek infiltracije v prečnem profilu Mure za črpanje 72 l/s iz šestih, od brega Mure 15 m oddaljenih vodnjakov

Reka	infiltracija preko dna m^3/m^2 dan	Infiltracija vzdolž reke l/sm
Mura, Podgrad		
oddaljenost vodnjakov od brežine 20 m	0,883	0,153
oddaljenost vodnjakov od brežine 15 m	1,113	0,193
Rheinau pred zajezbo	0,324	0,30
Rheinau po zajezbi	0,421	0,40
Sennschur	1,296	0,30
Linsental	1,728	0,40
Aare Aarberg	0,249	0,09

Preglednica 1 • Primerjava ocenjenega upora kolmatiranega dna reke na tekoči meter fronte šestih obrežnih vodnjakov in infiltracije na m^2 sodelujoče površine rečnega dna

Enačba za izdatnost skupine popolnih vodnjakov ob reki:

$$q = \frac{2\beta_l}{1+\beta_l} \cdot \left[Q^* + \frac{2\sigma k T_l}{l_1} \cdot (H - h_o) \right] \quad (5)$$

$$\beta_l = \frac{l}{1 + \frac{2\sigma}{l_l} \cdot B} \quad B = 0,733 \cdot \log \frac{\sigma}{\pi \cdot r}$$

$$T_l = \frac{H + h_o}{2} \quad (6)$$

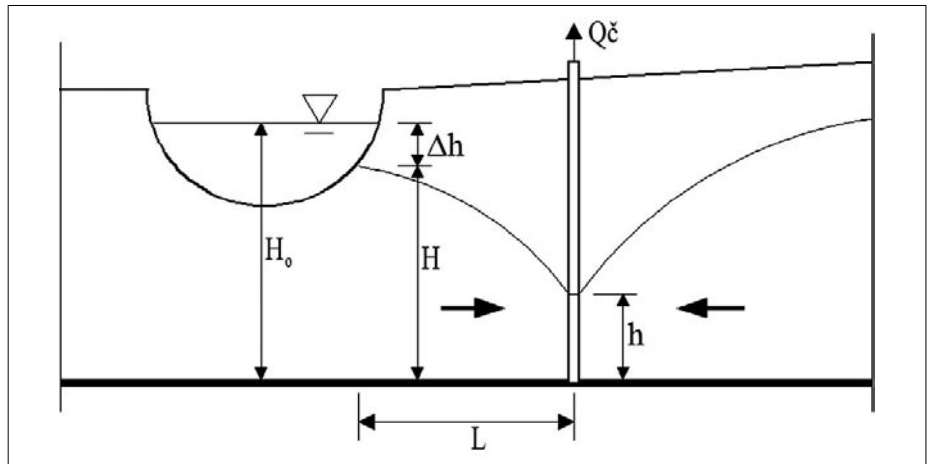
Pri tem pomenijo:

- q (m³/s) izdatnost posameznega vodnjaka
- σ (m) polovična razdalja med dvema vodnjakoma
- l_l (m) oddaljenost linije vodnjakov od brežine reke
- r (m) polmer vodnjaka
- Q^* (m³/s) dotok podzemne vode iz zaledne podtalnice na širini 2σ
- k (m/s) koeficient propustnosti vodonosnika
- T_l (m) srednja debelina vodonosnega sloja

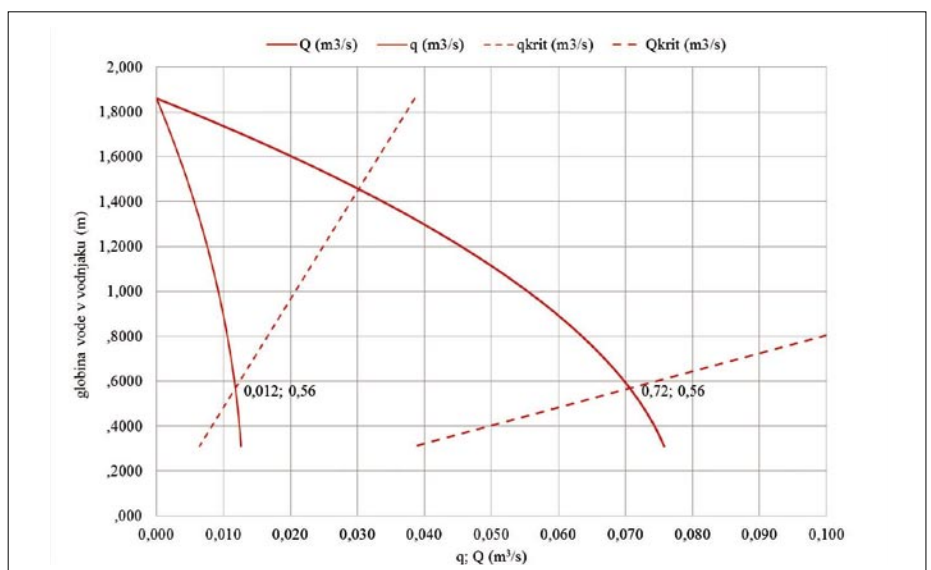
Rezultati računa, koliko vode je mogoče očistiti v vodonosniku z izmeničnim črpanjem vode iz prvih šestih in s povratnim nalivanjem prej ozračene (s kisikom zasičene vode) v drugih šest vodnjakov, so v razpredelnici 3. Račun je opravljen za skupino dvanaestih vodnjakov v medsebojni razdalji 60 m v oddaljenosti od Mure 15 m ali 20 m.

V naslednjem ciklu pa se vloge vodnjakov zamenjajo.

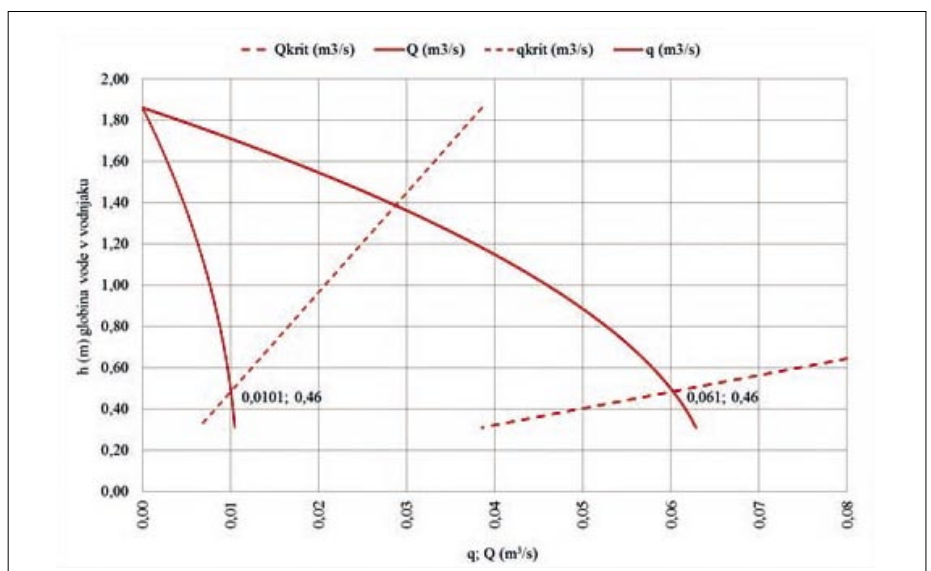
Maksimalna zmogljivost posameznih in skupine šestih vodnjakov je določena po Sichardtju z $v_{krit} / 15$ in za ponikanje vode z $v_{krit,inf} / 30$ (sliki 7a in 7b)



Slika 6 • Shema infiltracije po Averjanovu z upoštevanjem upora brežine in dna Δh



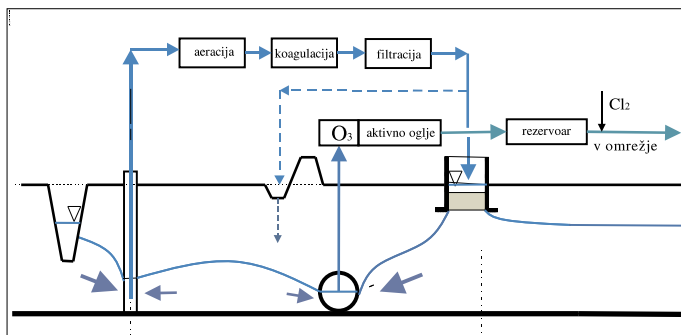
Slika 7a • Zmogljivost šestih obrežnih vodnjakov 15 m od brežine Mure



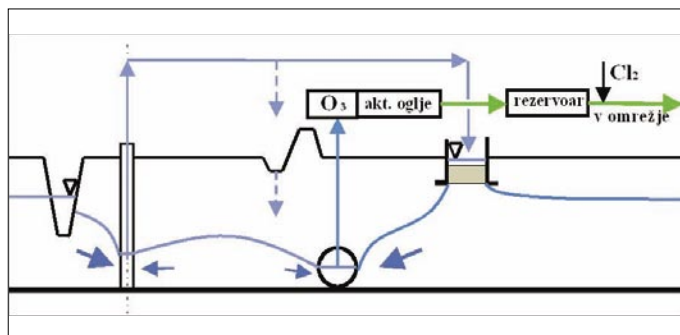
Slika 7b • Zmogljivost šestih obrežnih vodnjakov 20 m od brežine Mure

3 • DEFERIZACIJA IN DEMANGANIZACIJA OBREŽNEGA FILTRATA V VODONOSNIKU

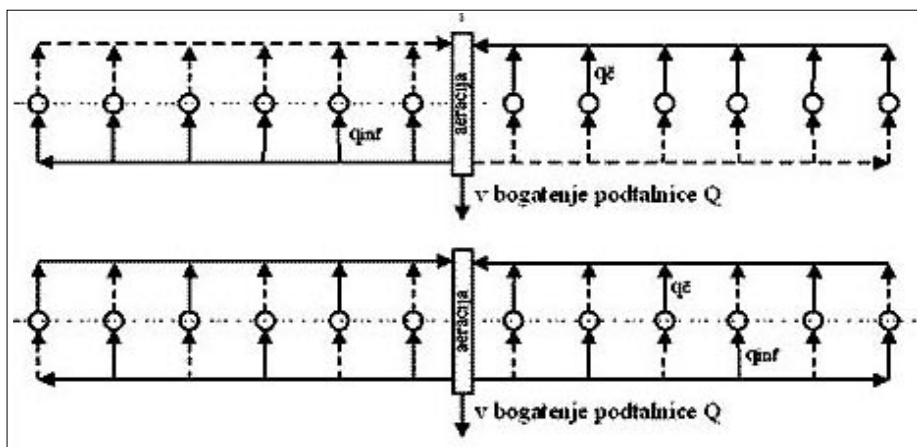
Na slikah 8 in 9 sta shemi pred leti načrtovanega fizikalno kemičnega čiščenja obrežnega filtrata in novo načrtovanega sonaravnega čiščenja v vodonosniku. Na sliki 10 pa sta dva možna načina recirkulacije dela f (%) črpane in prej prezračene vode.



Slika 8 • Shema prvotno načrtovanega kemično-fizikalnega čiščenja obrežnega filtrata



Slika 9 • Shema načrtovanega čiščenja suspendiranih snovi murske vode z obrežno filtracijo in biokemičnega čiščenja Fe in Mn iz obrežnega filtrata v vodonosniku z bogatenjem pitne podtalnice. Nakazana je možnost bogatenja iz opuščene struge potoka Plitvice



Slika 10 • Dva možna načina čiščenja obrežnega filtrata v vodonosniku z izmenično recirkulacijo dela f (%) dobro prezračene vode v vodonosnik iz prvih šestih vodnjakov v preostalih šest in nasprotno

	Fe (mg/l)	Mn (mg/l)	NH4 (mg/l)	S (mg/l)	TOC (mg/l)
merjeno	0,1	0,4	0,1	0,1	1,0
dopustno	0,05	0,02	0,05	0	–

Preglednica 2 • Koncentracije onesnažil v obrežnem filtratu:

Potrebno razmerje f v obratovalnem ciklu $T(h)$ za oksidacijo v preglednici 2 navedenih onesnažil v obrežnem filtratu, med črpanjem obrežnega filtrata V_e (m^3) iz prve skupine šestih vodnjakov in nalivanjem $T_1(h)$ v drugo skupino šestih vodnjakov V_{inf} (m^3), je določeno stehiometrično, s poenostavitvijo, brez upoštevanja endogene respiracije sodelujočih mikroorganizmov, in sicer po enačbi 7.

Pri tem pomeni:

- V (m^3) prostornina vode
- Q (m^3/s) skupni pretok iz vodnjakov črpane vode (č), v vodonosnik (inf) nalite vode in v vodovod črpane (v) vode
- q_e (m^3/s) zmogljivost črpalk v posameznih vodnjakih
- q_{inf} (m^3/s) infiltracija – nalivanje vode v posamezne vodnjake
- n število vseh vodnjakov
- x število nalivalnih vodnjakov

$$f = \frac{V_{in}}{V_e} = \frac{2[NH_4^+]}{2[NH_4^+] + [O_2]} + \frac{[Fe^{2+}]}{[Fe^{2+}] + 4[O_2]} + \frac{[Mn^{2+}]}{[Mn^{2+}] + 2[O_2]} + \frac{2[S^{2-}]}{2[S^{2-}] + [O_2]} + \frac{[TOC]}{[TOC] + [O_2]} \quad (7)$$

Za pokritje (slika 10) porabe vodovoda V (m^3) v enem ciklu T (h) je potrebna količina iz šestih vodnjakov črpane q_6 (m^3/s) in v drugih šest vodnjakov nalite vode q_{inf} (m^3/s) odvisna od razmerja f (enačba 3) in ΔT (reakcijski čas za oksidacijo), (enačba 4 in slika 11).

$$V_c = \frac{V_v}{(1-f)}$$

$$V_c = (n-x) \cdot q_c \cdot T \quad (\text{m}^3)$$

črpana voda iz vodnjakov (8)

$$V_{\text{inf}} = f \cdot V_c \quad (\text{m}^3)$$

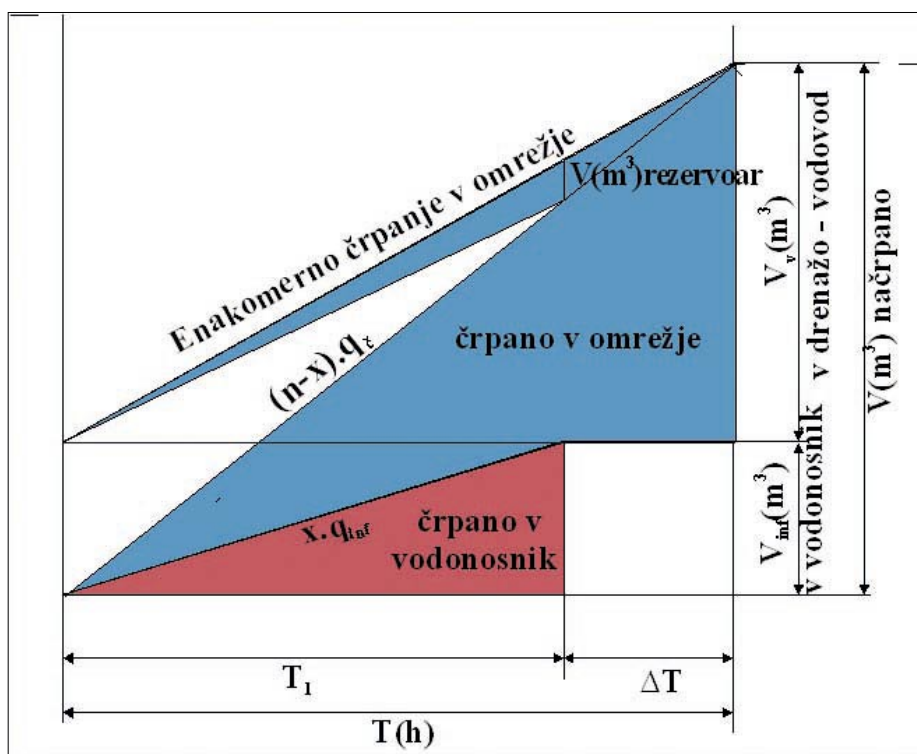
$$V_{\text{inf}} = x \cdot q_{\text{inf}} \cdot T_1 \quad (\text{m}^3)$$

voda, nalita v nalivalne vodnjake (9)

$$V_v = V_c \cdot (1-f) \quad (\text{m}^3)$$

$$V_v = [(n-x) \cdot q_c - x \cdot q_{\text{inf}}] T_1 + (n-x) \cdot q_c \cdot (T - T_1) \quad (\text{m}^3)$$

načrpano v vodovod (10)



Slika 11 • Časovni potek črpanja in nalivanja vode v enem turnusu T

Pri prvem načinu se voda $T(h)$ črpa iz prvega in $T_1(h)$ za demanganizacijo, deferizacijo v vodonosniku, naliva v sosednji vodnjak. V naslednjem turnusu T pa se vloga vodnjakov zamenja (slika 10)

V našem primeru je skupaj dvanajst vodnjakov. Za deferizacijo in demanganizacijo se del $V_{\text{inf}} = f \cdot V_c$, v času $T_1(h)$ črpane in dobro prezračene vode iz prve skupine šestih vodnjakov, vrača v vodonosnik preko šestih sosednjih vodnjakov. Z drugim delom V_v v turnusu $T(h)$ načrpane vode pa se obogati podtalnica oziroma drenaža (slika 11). V naslednjem turnusu pa se vlogi obeh skupin vodnjakov zamenjata (slika 10).

Rezultati za izračunano zmogljivost skupine šestih vodnjakov v medsebojni razdalji 60 m so v preglednici 3.

Oddaljenost vodnjakov od Mure	Črpanje iz	Nalivanje Q_{inf} v		Skupno za vodovod	
	1 vodnjaka	1 vodnjak	6 vodnjakov	Q_{sr} dnevno	Q_{max} urno
	l/s	l/s	l/s	l/s	l/s
15 m	12	5,71	34	55	72
20 m	10	4,76	29	46	61

Preglednica 3 • Povprečna in maksimalna urna zmogljivost vodnjakov načrtovanega črpališča v Podgradu

4 • LASTNOSTI DEFERIZACIJE IN DEMANGANIZACIJE V VODONOSNIKU IN AKTIVNE ZAŠČITE PITNE PODTALNICE Z UMETNIM BOGATENJEM

Pred neposrednim zajemom vode iz Mure ima izbrana uporaba obrežnega filtrata naslednje prednosti:

- Ni potrebno čiščenje murske vode za odstranitev suspendiranih snovi s koagulacijo, sedimentacijo in filtriranjem preko hitrih peščenih filtrov. Suspendirane snovi se odstranijo že med obrežno filtracijo. Z eliminacijo Fe in Mn v vodonosniku se prepreči izločanje obeh na vstopnem filtru vodnjakov, ki povzroča njihovo mašenje.
- Preostalo onesnaženje Mure pa se v veliki meri odstrani na račun naravnih biokemij-

skih procesov, ki potekajo med obrežno filtracijo in pri recirkulaciji s kisikom zasičene vode v vodonosnik. Dodatno čiščenje sledi v počasnem biološkem filtru infiltracijskega bazena in končno ponovno v vodonosniku do horizontalne drenaže.

- Za izboljšanje organoleptičnih lastnosti pa je, za eliminacijo ostanka metabolitov farmacevtskih in drugih mikroonesnaževalcev, predvidena še uporaba ozona in filtri z aktivnim ogljem (slika 9).
- Procesi čiščenja so zaradi daljših reakcijskih časov v vodonosniku bolj stabilni, obra-

tovanje pa bolj enostavno.

- S protipoplavnimi nasipi omejeni naravni obvodni biotop se ohrani.
- Za varovanje črpne pitne podtalnice obsežni strogi varnostni pasovi v zaledju črpališča na Apaškem niso več potrebni. S tem pa ni rečeno, da na teh površinah ni treba spoštovati vseh drugih veljavnih predpisov za varovanje podtalnice in površinskih voda.
- Pomembna prednost opisane uporabe obrežnega filtrata Mure je tudi, da je preskrba s pitno vodo zaradi z vodo bogate Mure, kljub plitvim vodonosnikom Pomurja, varna tudi pred največjimi sušami.

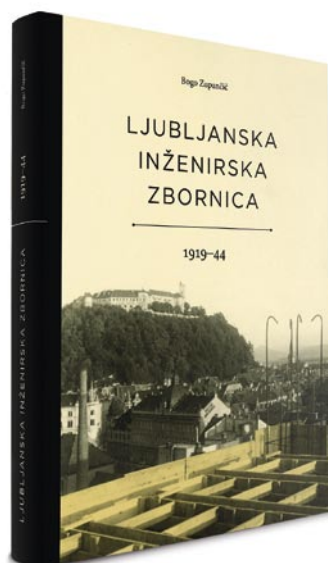
5 • LITERATURA

Averjanov, S. F., Romanov, A. V., Vjerigin, N. N., Zahvati podzemnih voda, Građevinska knjiga, Beograd, stran 162, 1959.

Kittner, H., Starke, W., Wissel, D., Wasserversorgung, Taschenbuch für das Bauwesen, Verlag für Bauwesen, Berlin, 1964.

Prestor, J., Sadnikar, J., Ratej, J., Blažeka, Ž., Geološki zavod Slovenije, GEOKO geološke raziskave, IRGO, Inštitut za rudarstvo, geotehnologijo in okolje, Inštitut za ekološki inženiring, Rezultati črpalnega preizkusa, 13. julij 2012.

Rismal, M., Izhodišča za projektno rešitev oskrbe s pitno vodo Pomurja, Gradbeni vestnik, letnik 60, str. 212–218, avgust 2011.



Izšla je prva knjiga o Ljubljanski inženirski zbornici in njenih pooblaščenih inženirjih in arhitektih v Dravski in Primorski banovini Kraljevine SHS in pozneje Jugoslaviji.

SPECIFIKACIJA KNJIGE

Format: 230 x 310 mm
Trde platnice, 128 strani
146 fotografij
Avtor dr. Bogo Zupančič

PONUDBA ZA NAKUP

1 knjiga = 25 EUR
2 do 5 knjig = 5% popust
6 do 10 knjig = 10% popust
več kot 10 knjig = 20% popust

DDV v višini 9,5% je že všteti v ceni. Knjige vam dostavimo po povzetju. Ob naročilu večjega števila izvodov je zaželeno, da jih prevzamete na IZS oz. se za način prevzema dogovorite osebno.

Knjiga je primerno darilo za vaše sodelavce in poslovne partnerje.



INŽENIRSKA ZBORNICA SLOVENIJE
Jarška cesta 10/b
1000 Ljubljana

Telefon: 01/547 33 37
e-naslov: petra.kavcic@izs.si
Spletna stran: www.izs.si

MOSTARSKI STARI MOST 20 LET KASNEJE

THE MOSTAR OLD BRIDGE TWENTY YEARS LATER

Gorazd Humar, univ. dipl. inž. grad.
e-mail: gorazd.humar@gmail.com

Strokovni članek
UDK 624.21(497.6 Mostar)

Povzetek | Pred 20 leti je bil v vojni v Bosni in Hercegovini s topovskimi streli porušen znameniti kamniti most v Mostarju, imenovan Stari most. Ta most je predstavljal eno najmarkantnejših mostnih gradenj v srednjem veku. Postavitev mostu, zgrajenega med letoma 1557 in 1566, se pripisuje mojstru Hajrudinu, učencu slovitega turškega graditelja in arhitekta Kodže Mimarja Sinana. S Starim mostom je bil porušen eden največjih gradbenih, arhitektonskih in kulturnih biserov na balkanskih tleh. Leta 2004 so s finančnimi sredstvi številnih držav, zbranih pod okriljem Svetovne banke, most obnovili v podobi, ki je kar se da podobna porušenemu Staremu mostu. Urejena je bila tudi neposredna okolica mostu, ki predstavlja enkratni ambient in z mostom ponovno tvori harmonično arhitektonsko celoto.

Ključne besede: Mostar, Stari most, kamniti most, Hajrudin, ločna mostna konstrukcija

Summary | Twenty years ago during the war in Bosnia and Herzegovina the famous Old Bridge (Stari most) in Mostar was demolished by gun-fire. This bridge had represented one of the most outstanding bridge constructions built in the Middle Ages. The construction of the bridge, built between 1557-1566, was a work of Hajrudin, a pupil of the famous Turkish constructor and architect Kodža Mimar Sinan. The demolishment of the Old Bridge represented at the same time the destruction of one of the most beautiful bridge constructions as well as architectural and cultural jewels of the Balkans. In the year 2004, with the help of financial means collected under the patronage of the World Bank, the bridge was rebuilt in the shape respecting as much as possible the former Old Bridge. At the same time, the immediate surroundings of the bridge was reconstructed and together with the new bridge represents a unique landscape and creates a harmonious architectural whole.

Key words: Mostar, Old Bridge (Stari most), stone bridge, Hajrudin, arch bridge construction.

1 • UVOD

Letos mineva 20 let od barbarske porušitve enega najznamenitejših in najlepših mostov, kar jih je ustvarila človeška roka. 9. novembra 1993 se je po večdnem topovskem obstreljevanju v Neretvo zrušil Stari most v

Mostarju, ki ga je postavil mojster Hajrudin, učenec znamenitega turškega graditelja in arhitekta Mimarja Sinana. Od postavitve leta 1566 je Stari most, kot ga tamkajšnji prebivalci imenujejo, živel še natanko 427 let.

Živel je, dokler ni postal žrtev nesmiselne vojne, ki je zahtevala ogromno človeških življenj, da o nastali materialni škodi niti ne govorimo. V tej vojni ničesar ni bilo prizaneseno, vstevši predvsem človeška življenja, kulturne spomenike, religiozne objekte in še bi lahko naštevati. Samo v Mostarju je v času vojne padlo okoli 200 granat na prebivalca.

2 • STARI MOST JE LETA 1993 POSTAL ŽRTEV TOPOVSKIH STRELOV NESMISELNE VOJNE

Mostarski Stari most je 9. novembra 1993 porušilo 92 tankovskih granat, izstreljenih z razmeroma kratke razdalje in z merjenjem »skozi cev«. To ni bilo posebej junaško dejanje. A zanimivo je, da je most vztrajal v svoji

legi dva zaporedna dneva obstreljevanja, ko so ga granate podirale košček za koščkom, a lok se ni dal kar tako zlahka zrušiti. Številne granate so se od mostu enostavno odbile v okolico. Obstaja videoposnetek obstrelje-

vanja, na katerem se dobro vidi žilavost ločne konstrukcije pred topovskimi izstrelki in njeno odločnost, da ostane na mestu. Šele drugi dan obstreljevanja je neposredni topovski zadetek v lok dokončno odločil o njegovi usodi. Celotni lok se je v trenutku zrušil v Neretvo, voda pa je brizgnila okoli 30 metrov visoko, vsaj toliko visoko, kot je bil visok most.

3 • STARI MOST JE GLAVNI SIMBOL MOSTARJA

Po čem je bil mostarski Stari most znamenit? V času gradnje ni veljal za most z največjim razponom loka, je pa za ta čas veljal kljub vsemu za enega večjih mostov v Evropi. Slavo si je pridobil s svojo lahkotno eleganco, z vitkim kamnitim lokom, ki se je strmo vzpenjal nad gladino Neretve.

Edinstvena arhitektonska in gradbena mojstrovina je s stoletji dajala neizbrisen pečat podobi mesta Mostar, ki si ga brez značilne mostne silhuete Starega mostu ni nihče več predstavljal. Vojna v Bosni in Hercegovini ni porušila samo Starega mostu kot prometne povezave med levim in desnim bregom Mo-

starja, porušila je tudi stoletja tkane vezi med obema narodoma, ki sta živela v Mostarju. Tudi danes, dve desetletji kasneje, te rane še niso zaceljene in verjetno še dolgo ne bodo. Mostar s porušnim mostom, ki je bil do tragičnega dne leta 1993 njegov glavni simbol, ni bil več to, kar je bil. Pod pritiskom javnosti se je tega začela zavedati tudi mednarodna skupnost, ki je z ne povsem čisto vestjo tiho spremljala najhujše klanje in uničevanje na evropskih tleh po drugi svetovni vojni.

4 • OBNOVA STAREGA MOSTU

Pod okriljem Svetovne banke (World Bank) in z združenimi donatorskimi sredstvi več evropskih držav, med njimi tudi Turčije, se je postopno začel postopek obnove Starega mostu in njegove arhitektonske izjemno razgibane okolice (slika 1). Vsaj 15 milijonov dolarjev je bilo zbranih za celoten projekt. Od tega je bilo za obnovo mostu namenjenih 6

milijonov dolarjev. Dela je na osnovi razpisa Svetovne banke prevzelo turško gradbeno podjetje ER-BU (Mulić, 2009). K delu so pritegnili tudi številne kamnoseke iz Mostarja in bližnje Dalmacije. Pri obnovi so poskušali čim bolj ohraniti prvotni videz mostu. Iz Neretve sodvignili več ostankov oziroma kamnitih kvadrov

porušenega mostu in jih skušali ponovno uporabiti. Na desno obalo so položili več odlomljenih delov Starega mostu, na katerih še danes lahko obiskovalec vidi, kako so turški graditelji znali med sabo povezati posamezne kamne z železnimi vezmi, zalitimi s svincem (slika 2). Da bi bil novi most čim bolj podoben staremu, so celotno njegovo površino speskali, kamne na pohodnih površinah mostu zgladili, da so dobili podoben sijaj, kot ga je imel od hoje zlizani kamen Starega mostu.



Slika 1 • Stari most v Mostarju v novi preobleki, obnovljen je bil leta 2004



Slika 2 • Replika vezi med posameznimi deli kamnite ograje mostu. Turški graditelji mostu so vse železne vezi med kamni zalili s svincem

Kot mi je znano, so pri obnovi mostu ponovno zgradili notranje kaverne oziroma prekate za zmanjšanje teže mostu, kot jih je imel v svojem drobju Stari most. Slovesno odprte

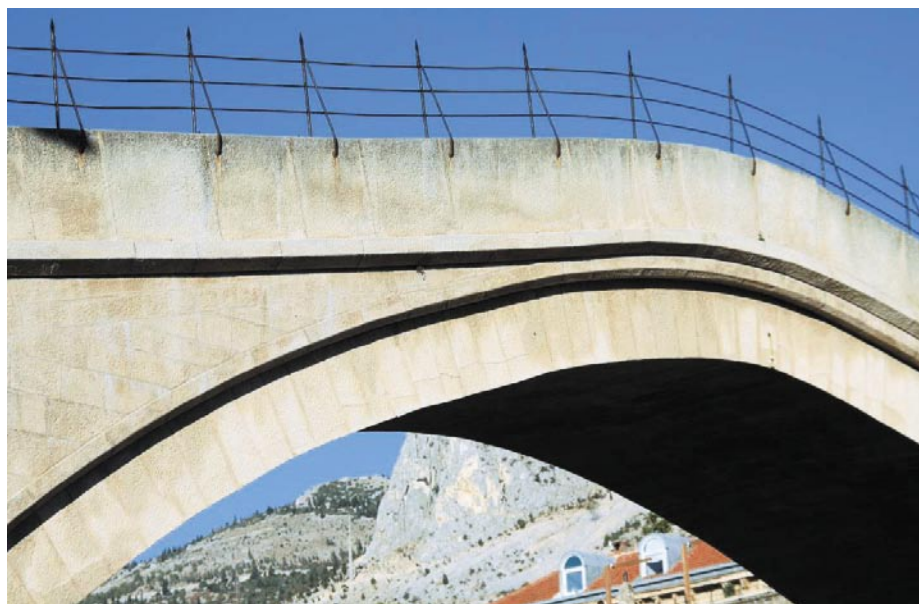
novega Starega mostu v Mostarju se je po dobrih dveh letih gradnje zgodilo 29. septembra 2004. Most so odprli za javnost 11 let potem, ko je bil leta 1993 porušen.

Danes je most v uporabi in ponovno zaokrožuje in polepšuje vedute starega, ponovno zgledno urejenega dela Mostarja. Nehote pa postaja spomenik človeški neumnosti.

5 • NAPAKE PRI GRADNJI NOVEGA STAREGA MOSTU

Zgodbi ob rob moram kot gradbenik na žalost še nekaj dodati. Na novo zgrajeni lok Starega mostu ima tako lepoto kot konstrukcijsko napako, ki od daleč sicer ni vidna, pozorno in ostro oko izkušenega gradbenika pa jo lahko iz bližine dokaj lahko opazi. Nekoliko je namreč deformirana linija loka na nizvodni desni strani mostu (slika 3). Očitno je med gradnjo zaradi teže loka in njegove nadgradnje nastala deformacija podporne konstrukcije (rešetkasti nosilec od brega do brega) in krivulja loka se je nekoliko deformirala na desni četrtini loka. Deformacija oziroma odstop od načrtovane linije spodnjega roba loka dosega dva do štiri centimetre, kar je dovolj, da je to vidno.

Estetska napaka ne bi bila toliko problematična, če ne bi bila povezana še z razmeroma hudo konstrukcijsko napako, ki sem jo odkril šele med pisanjem tega članka (oktober 2013). Pri ogledu fotografij loka mostu, ki sem jih naredil oktobra 2012 v Mostarju s fotoaparatom visoke ločljivosti in z uporabo teleobjektiva, sem s presenečenjem ugotovil, da je več zunanjih kamnitih kvadrov nosilnega loka počenih po celi dolžini (slika 3). Enake razpoke se pojavljajo tudi na nekaterih nosilnih kamnih na levi nizvodni strani loka. Ker so te razpoke dokaj evidentne in ker potekajo po celi širini kamnitih kvadrov nosilnega loka, se seveda pojavlja vprašanje, kako so lahko sploh nastale, saj so jih morale povzročiti kar velike sile. Morda bolj kažejo na možen pojav strižne sile, nastale zaradi napak pri vrstnem redu



Slika 3 • Nizvodna desna stran loka, na kateri so vidne deformacija linije spodnjega roba loka kot tudi razpoke v nosilnih kamnih loka, ki je bil tudi v originalni obliki izveden z enim samim nosilnim prstanom

vgrajevanja kamnitih kvadrov, bodisi pri nepravilnem odstranjevanju podpornega odra, zaradi povosov podporne konstrukcije ali iz katerega drugega razloga pri gradnji. Ker v kamnitih kvadrilih glavnega loka praviloma nastopajo le tlačne sile, navedene razpoke naj ne bi bile usodno vplivale na nosilnost loka. Nevarnejše so vdiranje vode v razpoke in zmrzlinke poškodbe vezne malte v stičnih fugah pozimi. Ta bi lahko sčasoma razpadla

in počeni kvadri bi se tako lahko sprostili in padli v Neretvo. Vendar mi ni jasno, kako je lahko ostala taka poškodba mostu javnosti dokaj dobro prikrita.

Ta neprijetna dejstva samo potrjujejo, kako dobri mojstri so pod vodstvom Hajrudina pred štirimi stoletji in pol zgradili Stari most. Vsak drug komentar je pri tem odvečen, zanesljivo pa je le, da Hajrudin pri svojem delu zagotovo ni uporabljal računalnika.

6 • ZGODOVINA STAREGA MOSTU V MOSTARJU

Obsežno zgodbo o gradnji Starega mostu sem leto dni po porušitvi mostu prvič objavil leta 1994 v Gradbenem vestniku (Humar, 1994). S člankom sem hotel strokovno javnost opozoriti na pomen, ki ga je imel mostarški Stari most tako v evropski kulturi kot tudi v zakladnici gradbeništva in arhitek-

ture. Članek je bil kmalu za tem v nemščini objavljen tudi v eni od vodilnih nemških gradbenih revij Beton- und Stahlbetonbau (Humar, 1996). Zaradi zanimivosti in zgodovinske sporočilnosti v nadaljevanju dodajam nekaj odlomkov iz članka, objavljenega v Gradbenem vestniku.

Mostarški arhitektonski ambient, katerega jedro je predstavljal Stari most, je eden najlepših in najbolj znanih na območju Bosne in Hercegovine. Orientalna arhitektura, ki dominira v tem okolju, je poleg Starega mostu ustvarila še Čejvan-Čehajino džamijo, drugi biser Mostarja. Celotno staro mestno jedro se je torej izoblikovalo ob obeh bregovih Neretve, na majhnem prostoru v bližini vode, spoštuječ kult vode, ki je bil močno prisoten v turško-orientalski kulturi. Voda ni bila samo simbol

življenja, bila je vsakodnevna potreba, ob njej so po navadi potekale pomembne trgovske poti. Neretva, ki je ena najlepših jadranskih rek, ima zelo spremenljive vodostaje, odvisno od letnega obdobja. Obvladovanje naravnih sil je bila večna človekova težnja in močna želja po premostitvi korita Neretve z enim samim lokom je zagotovo navdihovala snovalca (graditelja) Starega mostu. Ne samo da v sredini korita Neretve na tem mestu ni bilo mogoče postaviti vmesnega stebra, ampak tudi hudourniški značaj Neretve, vse to je na nek način pomenilo izziv in priložnost graditelju, da je za tiste čase postavil eno največjih gradbenih znamenitosti, most, ki je z enim samim lokom povezal bregova Neretve. Naročilo za izgradnjo novega solidnega in trajnega mostu je dal na zahtevo Mostarcev Sulejman Veličastni. Most so začeli graditi verjetno leta 1557, dokončan pa je bil leta 1566, v zadnjem letu vladanja Sulejmana Veličastnega. O mostu je največ napisal stari pisec Evlija Čelebija. Njegove besede so bile polne vznemirjenja in navdušenja: »Tudi ta most je zgradil Kodža Mimar Sinan, in to po Sulejmanovem naročilu. Videti je kot lok mavrice, ki se dviga z enega brega na drugega.« Povedal je tudi: »Naj se ve, da sem jaz, ubogi rob (služabnik), božji Evlija, do sedaj prehodil in videl šestnajst cesarstev, ali tako visokega mostu nisem nikjer videl.« Navdušilo ga je tudi to, da je bil prek mosta speljan vodovod: »Skratka, to je most, prek katerega in pod katerim teče voda.«

V resnici je bil pravi graditelj mostu Hajrudin, učenec Kodže Mimara Sinana. Ta je kot vrhovni graditelj pomembnih objektov v turškem cesarstvu izbral za to nalogo Hajrudina.

Most je navdušil mnoge pesnike in potopisce. Mostarski pesnik Husein efendi – Čatruja alias Husani – je takole zapisal: »Po sredini mesta teče velika reka in nad njo je most, ki mu po višini, kakor se od davnaj govori, ni para.«

Še pred potopiscem Evlijo Čelebijo je leta 1658 šel skozi Mostar Francoz A. Poulet in zapisal: »Pet dni smo ostali v tem mestecu (varoši), v katerem nismo opazili nič posebnega razen enega mostu prek reke Neretve, katerega gradnja je brez dvoma drznejša in najbolj impozantnejša od mostu Rialto v Benetkah, čeprav je ta na glasu kot pravo čudo.«

Z mostom Rialtom v Benetkah je Stari most primerjal tudi pisec Robert Michel, ki je o Mostarju izdal posebno monografijo. V svoji študiji Stari mostovi v Bosni in Hercegovini je zavrnil tudi nekatere teze o nastanku mostu v rimskih časih. Takole je zapisal: »Ko bi morali izbrati najlepší most na svetu, bi verjetno iz-



Slika 4 • Pohodna površina mostu je razmeroma strma in je pokrita s kamnitimi ploščami ter prečnimi rebri proti zdrsu

brali Stari most v Mostarju. Moram reči, da name še nobeno gradbeno delo ni delovalo tako močno kot ta most.« Gradnjo je primerjal z okamenim polmesecem oziroma z orjaškim galebom, ki je okamenel v letu, v trenutku, ko se je s konicami svojih kril dotaknil skalnatih obal Neretve. Vsekakor je bil Stari most do svoje porušitve res precej manj znan kot most Rialto v Benetkah, ki je dosti bolj na očeh svetovne javnosti.

Bosanski pisec D. Franić pa je v začetku 20. stoletja zapisal, da je Stari most v Mostarju ena največjih svetovnih znamenitosti ... »Ta silni lok, tako je na vrhu tanko zaobljen, da se mora človek čuditi, kako da se pod malo večjim bremenom ne prelomi. Vrh mostu konča z lokom, ki ni podoben niti rimskemu niti gotškemu loku.« (slika 4).

O tem, kako je bil most grajen, ni mogoče dobiti zanesljivih podatkov. Hajrudin je namesto temeljev postavil opornike iz apnenca in jih s krilnimi zidovi povezal z obalno steno. Zato je bilo videti, kot da se je lok spojil z bregom v naravno formo in vzbujal vtis monolitnosti. Po podatkih, ki jih navajata avtorja D. Čelić in M. Mujezinović, je današnji povprečni vodostaj Neretve na nadmorski višini 40,50 metra (Čelić, 1969). Od te višine se oporniki dvigujejo 6,53 metra visoko, do točke, kjer se začne svod. Optično je začetek svoda označen s horizontalnim kamnitim vencem višine 32 centimetrov. Na tem mestu je razpon loka tudi največji in znaša 28,70 metra. Posebno zanimivo je to, da je lok, ki je grajen iz apnenčevih kamnov, lomljenih v okolici Mostarja, in ki se

je precej uporabljal za gradnjo monumentalnih objektov, izredno zanimive oblike. Ta krivulja ni bila podobna tipičnim prelomljenim turškim lokom, kot jih je na primer imel most v Višegradu, niti ni bil pravilne polkrožne oblike, kot je bilo to pri Rimljanih. Njegova oblika je bila najbližje elipsi ali ovalu. Drugače povedano, pri razponu loka 28,70 metra je bila njegova puščica 12,02 metra (pri polkrožnem loku bi bila 14,35 metra), kar je bilo za takratne razmere precej neobičajna oblika. Graditelj Hajrudin je pri teh osnovnih dimenzijah loka dosegel še nekaj. Debelina loka v sredini, kjer je bila konstrukcija najtanjša, je bila vsega 77 centimetrov, širina loka pa 397. Optično vitkost nosilne konstrukcije je sicer nekoliko zmanjševala kamnita ograja vzdolž mostu, vendar je kljub temu most dajal vtis izredne elegance.

Največja skrivnost mostu pa je bila po naključju odkrita 400 let po njegovi izgradnji. Ko je bilo treba po drugi svetovni vojni na mostu opraviti nekaj konservatorskih posegov in sanacij, so takratni izvajalci del v notranjosti mostu nad lokom odkrili na vsaki strani po dve kaverni oziroma votlini. To odkritje je šele pojasnilo možnost izvedbe tako elegantne in vitke konstrukcije glavnega loka. Kako je mojster Hajrudin to dosegel? Predvsem je moral narediti mostno konstrukcijo na nosilnem glavnem loku čim lažjo. To je dosegel z izgradnjo navedenih votlin in tako precej zmanjšal težo jedra mostu med čelnimi zidovi in lokom, ki se običajno naredi s polnim kamnitim nasutjem. Z vpeljavo središčnega rebra



Slika 5 • Most tvori z okolico enkratno, čudovito in arhitektonsko skladno celoto.
Razpon nosilnega loka znaša 28,70 metra

v sredini jedra nad lokom in prekritja votlin s kamnitimi ploščami je napravil tako imenovane razbremenilne odprtine, njihov razpored pa določil izredno tankočutno in prefinjeno, tako da je dosegel optimalno razporeditev teže. Pri tem je Hajrudin vpeljal celo določeno ekscentričnost votlin. Debelina čelnih zidov nad lokom je znašala 80 centimetrov.

Odkritje teh votlin je mostu povečalo zgodovinsko vrednost. Poleg enkratne zunanje oblike je postala cenjena tudi njegova konstrukcijska rešitev v statičnem pogledu. Ta »druga« vrednost mostu je bila seveda precej manj znana, vendar zasluži s stališča zgodovinskega razvoja gradnje mostov posebno pozornost in pomen.

Naslednja in najbrž ne zadnja vrednota mostu je bila enkratno arhitektonsko in naravno okolje, v katerem je bil zgrajen. Brez dvoma sta D. Čelić in M. Mujezinović pravilno ugotovila, da je bil ambient Starega mostu »izjemen urbanistični ansambel, ki z mostom tvori aglomeracijo in kulturnozgodovinsko vrednost, za katero je mogoče reči, da je največja v Bosni in Hercegovini. Poleg naravnega fenomena globokega stenastega korita z modrozeleno Neretvo je skrivnost globokega vtisa, ki ga ta aglomeracija pušča na opazovalca, v medsebojnih odnosih gradbenih mas. Začenši od malih mlinic prek stopničastih streh hiš (slika 5) pa do visokih trdnjav in samega mostu, vidimo, da gre za aglomeracijo različnih oglatih, valjastih in paraboličnih geometrijskih teles, ki postopno naravno rastejo s terenom, spuščajoč se mestoma naglo proti koritu. Vse je iz sivkastega apnenca, pokrito s kamnitimi ploščami, enake barve kot zidovi, samo za nianso svetleje, ker plošče dež močneje pere in sonce močneje peče. Impozantni lok mostu z okoliškimi gradnjami, ki so se tako sivkasto na sivem nališpale okoli kot siga, tvori v okviru divjega pejzaža Neretve in Krasa tako harmonično celino, da, ne upošteva je detajlov, spominja na veliko steno, na kateri so zrasli kristali. Tu je človek, v težki in mučni borbi za obstoj, umel v te kamnite gradnje vnesti samega sebe, svoj temperament, svojo vedrino.« (citaf)

7 • LITERATURA

Čelić, D., Mujezinović, M., Stari mostovi u Bosni i Hercegovini, Sarajevo, 1969.

Humar, G., Lepote in skrivnosti porušenega Starega mostu čez Neretvo v Mostarju (1566–1993), Gradbeni vestnik, št. 43, 1994.

Humar, G., Schönheit und Konstruktion der Zerstörten Alten Brücke über Neretva in Mostar (1566–1993), Beton-und Stahlbetonbau, Ernst & Sohn, Berlin, Heft 1, Januar 1996.

Mulić, J., Čuprija Sultana Sulejmana-Hana u Mostaru poznata kao Stari most, Muftijstvo mostarsko, Mostar, 2009.

UPORABA RAČUNALNIŠKIH PROGRAMOV ZA KONSTRUIRANJE ARMATURE V SLOVENIJI

USAGE OF SOFTWARE FOR REINFORCEMENT DESIGN IN SLOVENIA

Jerica Rihar, univ. dipl. inž. grad.
jerica.rihar@siol.net

Strokovni članek
UDK 004.2:624.04

Povzetek | Še ne tako dolgo nazaj se je armaturne risbe večinoma izdelovalo na risalnih deskah, le v redkih primerih so se izdelovale z računalniki in programi. Po prvih poskusih razvoja posebnih programov za risanje armature so se tudi za to delo začeli uporabljati programi, ki so bili namenjeni za tehnično risanje v katerikoli stroki. Najbolj razširjen izmed teh programov je AutoCAD, ki predstavlja nekakšno izhodišče razvoju programov za konstruiranje armature. Njihov napredek v zadnjem desetletju je bil velik, kar se odraža tudi v tem, da je danes pri nas na voljo več različnih tovrstnih programov, risalne deske pa je praktično v celoti zamenjal računalniški zaslon. V članku smo predstavili osnovne značilnosti treh programov za konstruiranje armature, ki se pri nas najbolj uporabljajo, in jih primerjali z AutoCAD-om.

Ključne besede: konstruiranje armature, armaturne risbe, opazne risbe, programi, standardi

Summary | Not so long ago reinforcement drawings were mostly created manually on drawing boards. In rare cases they were created with the help of a computer and software. After the first trials to develop special programs for the reinforcement drawings, software for technical drawing with wide spectrum of application (architecture, civil engineering, mechanical engineering, ...) was mostly used. The most widespread of these programs is AutoCAD, which represents a platform for development of the reinforcement design software. Their progress in the last decade has been significant, which is also reflected in the fact that today in our country there are several different types of software for reinforcement design and the drawing board is practically completely replaced by a computer screen. In the paper, the basic characteristics of the three most frequently used programs for reinforcement construction are presented and compared with AutoCAD.

Keywords: reinforcement design, reinforcement drawings, formwork drawings, software, standards

1 • UVOD

Konstruiranje armature je bilo do začetka uporabe računalniških programov zamudno in drago. Cena armaturnih načrtov je bila za petdeset odstotkov višja od cene računa konstrukcije. Hkrati z uveljavitvijo programskega okolja AutoCAD kot »standarda« za različne vrste tehničnih risb pa so se začeli pojavljati tudi programi, ki so bili namenjeni risanju oziroma konstruiranju armature. Neka-

teri so bili zasnovani kot del okolja AutoCAD in so imeli le dodatne knjižnice in baze tipskih oblik armaturnih palic ter tipov mrež, drugi so bili celoviti programi z lastnim naborom ukazov, ki pa so delovali v okolju AutoCAD, tretji so bili zasnovani kot popolnoma samostojni programi na lastni platformi. V članku so predstavljeni trije programi, ki so najbolj razširjeni v Sloveniji. Namen članka je more-

bitnemu uporabniku (inženirju konstruktorju) pregledno predstaviti osnovni koncept dela s posameznim programom in glavne razlike med njimi. Posebna pozornost je namenjena tudi implementaciji standardov, ki jih je treba upoštevati pri konstruiranju armature. Vsi izmed obravnavanih programov omogočajo tudi interakcijo s programi za analizo konstrukcij, zato so na koncu predstavljene tudi prednosti in pomanjkljivosti takšnega načina konstruiranja armature z vidika neposrednih uporabnikov, tistih, ki analizirajo konstrukcijo, in tistih, ki izdelujejo armaturne risbe.

2 • STANDARDI

Pravila za konstruiranje armature so zapisana v različnih standardih, kjer so podana najpomembnejša pravila, ki jih je treba uporabiti pri projektiranju betonskih konstrukcij.

Standard SIST EN 1992-1-1:2005 – Evrokod 2:

Projektiranje betonskih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe: je trenutno veljaven in obvezen standard v Sloveniji za projektiranje betonskih konstrukcij, kjer lahko najdemo poleg splošnih pravil in pravil za projektiranje stavb tudi pravila za konstruiranje armature (SIST, 2005).

V tem standardu so podana pravila za armiranje betonskih elementov stavb in mostov, ki so izpostavljeni večinoma statičnim vplivom in so armirani z rebrasto armaturo, mrežami ali pa s prednapetimi kabli. Ta pravila ne veljajo za elemente, obremenjene z dinamičnimi vplivi, kot so potres, vibracije zaradi strojev in udarci vozil, ter elemente, ki so armirani z armaturnimi palicami, ki so posebej pobarvane z epoksi-premazom ali so pocinkane.

Med splošna pravila za armiranje betonskih elementov spadajo:

- razporejanje armature v betonskih elementih,
 - medsebojni razmak armaturnih palic,
 - dolžina sidranja armaturnih palic in armaturnih mrež,
 - preklap armaturnih palic in armaturnih mrež,
 - dovoljeni krivinski radij za krivljenje armature,
 - najmanjša debelina zaščitnega sloja betona.
- Med dodatna pravila pa spadajo pravila za rebrasto armaturo s premerom armaturnih palic $d_s > 32$ mm.
- Osnovna pojma, ki se uporabljata pri pravilih za armiranje, sta:
- **jeklo za armiranje** označuje jeklo za armiranje betona, ki ni prednapeto in je lahko v obliki gladkih, rebrastih ali profiliranih palic, zvarjenih mrež in rešetkastih nosilcev;
 - **armatura** označuje proizvode, narejene iz jekla za armiranje na gradbišču ali v obratih za izdelavo armature; to so lahko ravne ali ukrivljene palice določene oblike s kljukami ali brez njih, na mero odrezane armaturne mreže, armaturni koši in podobno.

Standard SIST EN ISO 3766:2004

V Sloveniji je uveljavljen standard z oznako SIST EN ISO 3766:2004 – Gradbeniške risbe – Poenostavljeno prikazovanje armature (SIST, 2004). Določa poenostavljeno prikazovanje in označevanje armature v armiranobetonskih in prednapetih betonskih konstrukcijah za uporabo v armaturnih risbah. V standardu so opisani in grafično prikazani simboli označevanja armature v različnih primerih (npr. v tlorisih, vzdolžnih in prečnih prerezihi), vključno s prikazom kotiranja različnih oblik (ravne palice, stremena, poševno krivljene palice, spiralna armatura, loki itd.). V 7. točki standarda pa sta predpisani tudi oblika in vsebina seznama armature (npr. oznaka pozicije, oblika in mere posamezne pozicije, premer armaturne palice, skupna dolžina, število kosov, kvaliteta jekla za armiranje). Za kvaliteto izdelavo armaturnih risb zato ni pomembno le poznavanje standardov iz družine Evrokod, ampak tudi poznavanje določil omenjenega standarda.

Z izjemo AutoCAD-a, kjer mora uporabnik pri risanju armature sam upoštevati zahteve tega standarda, je pri drugih treh obravnavanih programih to povsem samodejno (vključeno v programski kod).

3 • PREGLED STANJA UPORABE RAČUNALNIŠKIH PROGRAMOV ZA KONSTRUIRANJE ARMATURE V SLOVENIJI

Za konstruiranje armature in armaturnih risb z uporabo računalnika so v Sloveniji večinoma v uporabi naslednji programi:

- **AutoCAD**,
- **Graitec Advance Concrete**,
- **Allplan Inženirstvo in**
- **ArmCAD**.

V nadaljevanju so navedeni osnovni koncepti konstruiranja armature z vsakim izmed naštetih programov.

3.1 AUTOCAD 2013 (Autodesk)

AutoCAD je še vedno najbolj razširjen CAD-program in se je uveljavil kot nekakšen standard za računalniško podprto tehnično risanje. Ima možnost nadgrajevanja (LISP, VBA) in tako služi kot osnova za specialne programe za risanje armature (WIKIPEDIJA, 2013). Z njegovo uporabo se lahko izdelata armaturno risbo ob pomoči osnovnih AutoCAD-ovih ukazov za risanje črt, poliliniij, lokov in osnovnih geometrijskih likov. Elemente armaturne risbe (palice, mreže) ureja preko ukazov, kot so

podaljševanje, skaliranje, in preko prijemališč. Bolj zamudni operaciji pa sta označevanje armature ter izdelava seznama in kosovnice armature. Uporabnik si lahko izdela lastno bazo osnovnih elementov, ki mu skrajšajo čas izdelave armaturne risbe, za štetje elementov risbe pa si lahko pomaga z že vnaprej pripravljenimi Excelovimi preglednicami, s katerimi prešteje vso armaturo v risbi in določi skupno težo armaturnih palic in mrež. Kljub vsemu da je večina predvsem starejših konstruktorjev armature prve računalniške risbe izdelala ravno s programom AutoCAD, se ta danes vse manj uporablja. Obstajajo namreč programi, ki so namenjeni izključno za konstruiranje armature, zato je delo z njimi neprimerno hitreje in udobnejše. Velik del teh programov sicer deluje v okolju AutoCAD.

3.2 GRAITEC ADVANCE CONCRETE

Računalniški program Advance Concrete podjetja Graitec je zmogljivo orodje za modeliranje in konstruiranje armiranobetonskih konstrukcij

(risanje opažnih in armaturnih risb) (GRAITEC, 2011). Advance Concrete je sicer eden izmed treh modulov celovitega programskega paketa, ki ga sestavljata še Advance Steel za risanje delavniških risb jeklenih konstrukcij in Advance Design, ki je namenjen statični in seizmični analizi jeklenih in armiranobetonskih konstrukcij. Ena izmed glavnih prednosti programskega paketa je t. i. GTC (Graitec Transfer Center), preko katerega poteka interakcija modulov za risanje opažnih in armaturnih risb (Advance Concrete) oziroma delavniških risb jeklenih konstrukcij (Advance Steel) z modulom za analizo in dimenzioniranje konstrukcij (Advance Design). Na ta način je omogočeno samodejno osveževanje izvedbenih risb v primeru spremembe dimenzij elementov v računskem modelu.

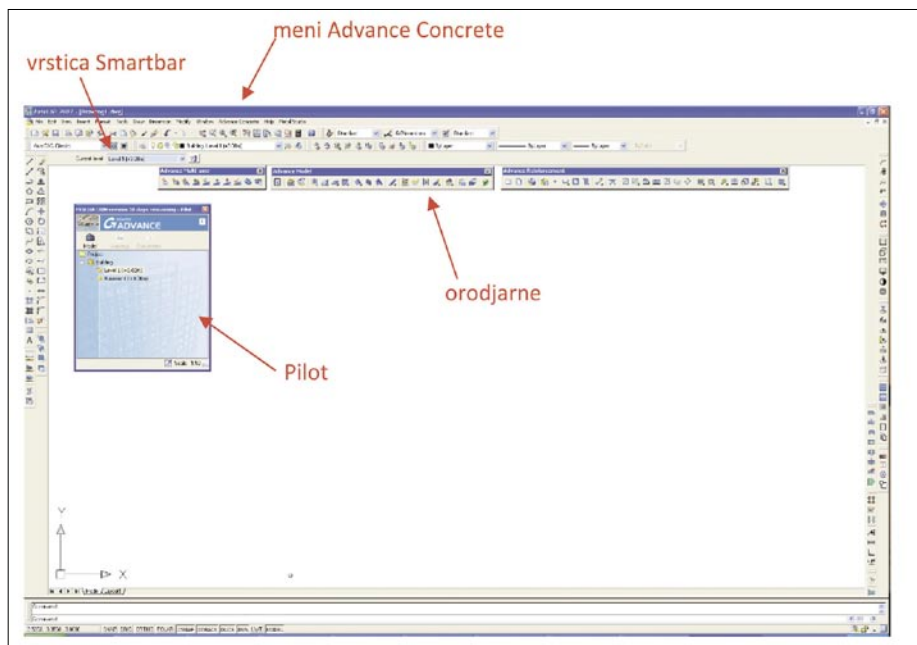
3.2.1 Uporabniški vmesnik

Program je popolnoma integriran v okolje AutoCAD, vsi ukazi so zbrani v posebnem meniju, ki se pojavi po namestitvi programa (slika 1). Uporabniški vmesnik programa je v angleškem jeziku. Najpomembnejši ukazi so zbrani v orodjarnah, ki jih lahko poljubno urejamo in dodajamo k obstoječim v AutoCAD-u. Program ima posebno navigacijsko okno, ki

se imenuje Pilot (slika 2). Z njim v drevesni strukturi urejamo vse tri faze izdelave projekta: model, risbe in dokumentacijo. Deluje na podoben način kot dobro znani Raziskovalec v okolju Windows. Poleg tega je dodana še posebna vrstica Smartbar, kjer lahko urejamo lastnosti posameznih predmetov (elementi modela, dimenzije, oznake, kote itd.). Struktura ukazov je v celoti usklajena z okoljem AutoCAD, pri risanju modela so dostopni vsi AutoCAD-ovi ukazi, kar olajša delo (npr. trim, extend, copy).

3.2.2 Delo s programom

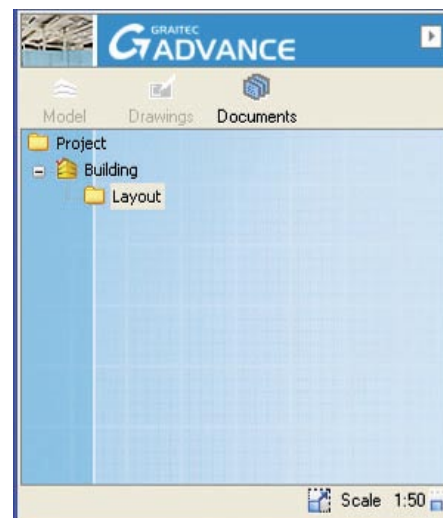
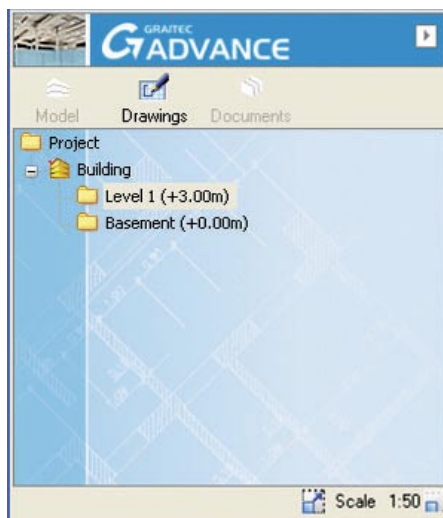
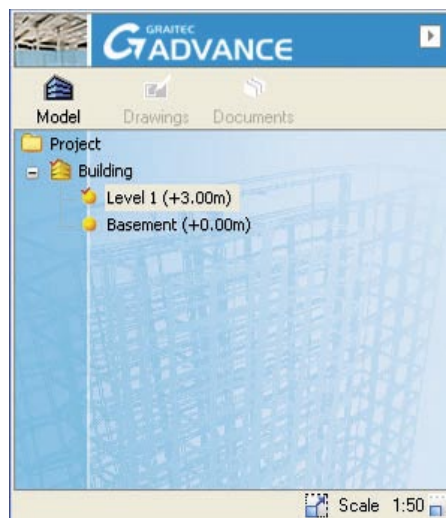
Kot že omenjeno, delo poteka v treh glavnih moduli (Model, Drawings in Documents). V prvem izdelamo prostorski model objekta z vsemi nosilnimi elementi, vključno z definiranjem armature, v drugem iz prostorskega modela izdelamo opazne načrte. Vse risbe se v realnem času samodejno osvežujejo glede na spremembe modela. V zadnjem modulu sestavimo risbe, detajle in kosovnice v obliko, ki je pripravljena za izris na papir. Delo v drugem in tretjem modulu zajema predvsem generiranje 2D-risb ter urejanje načrtov in detajlov za izris, zato bomo več pozornosti namenili prvemu modulu, kjer je glavnina dela (koncipiranje modela in konstruiranje armature). Za lažjo izdelavo modela konstrukcije je na voljo celovit nabor ukazov, ki so v orodjarni Advanced Model in zajemajo definiranje in upravljanje nivojev oziroma etaž, nastavitve osi, kasnejše urejanje in popravljanje elementov, osrednji del pa je namenjen risanju nosilnih elementov konstrukcije. V orodjarni s konstrukcijskimi elementi lahko izbiramo med ploščo, nosilcem, stebrom in steno, ki jo vedno



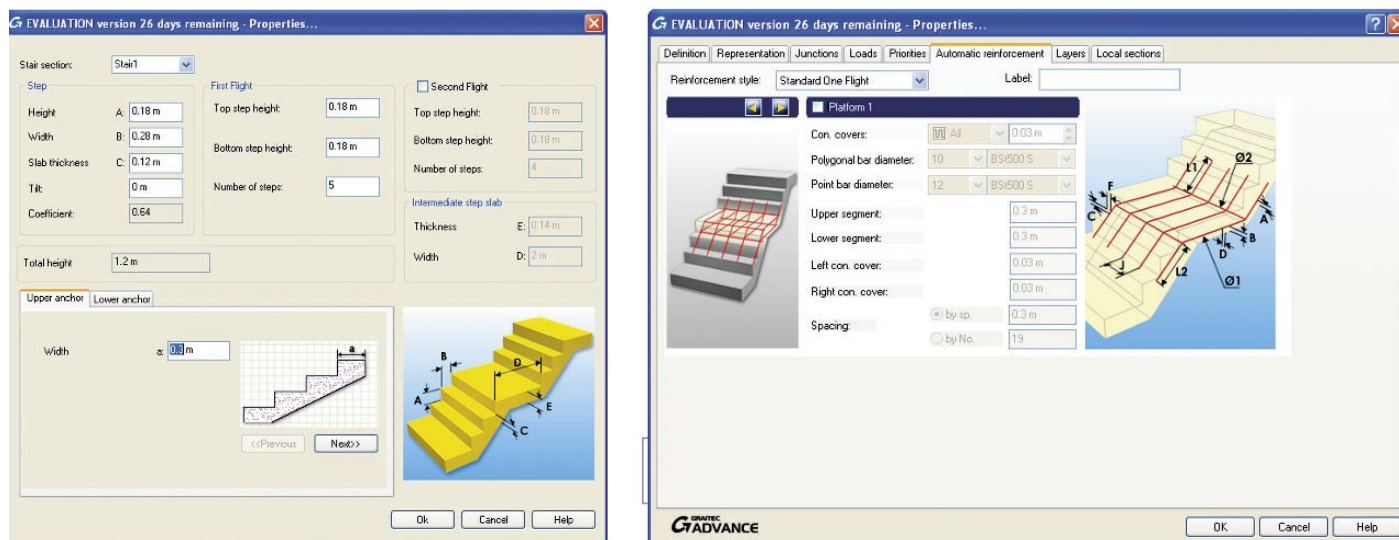
Slika 1 • Uporabniški vmesnik programa Graitec Advance Concrete

rišemo v predhodno izbrani etaži. Temeljem je namenjena posebna orodjarna, v kateri so vsi osnovni tipi temeljev (točkovni, pasovni, temeljna plošča na pilotih itd.). Na enak način so razdelani še strešne konstrukcije in rampe ter različni tipi stopnišč. Z ukazi za izdelavo odprtini lahko oblikujemo različne vrste in oblike odprtini in prebojev (odprtine za okna in vrata, preboji v nosilcih, ploščah itd.). Za vsak element je na voljo veliko različnih parametrov (npr. dimenzije prečnih prereзов, vrsta materiala, poravnava osi elementa, zasuk prečnega prereza, ukrivljenost vzdolžne osi, oznake, šrafure, samodejno armiranje elementa – o slednjem več v nadaljevanju).

Vsem narisanim elementom je mogoče tudi kasneje spreminjati obliko in lastnosti. Na tem mestu je treba poudariti, da risanje modela poteka v florisu (2D), tretja dimenzija pa se generira avtomatsko glede na podane lastnosti posameznih elementov (npr. debeline plošč, višine nosilcev) in predhodno določene etažne višine. V programu je tudi možnost uvoza arhitekturne risbe (florisa), kjer lahko posamezne linije ali krivulje pretvarjamo v konstrukcijske elemente (zidove, nosilce, stebre itd.). To je zelo uporabna možnost, ki omogoča hitrejšo izdelavo modela konstrukcije, ne glede na to, s katerim programom so bile izdelane arhitekturne risbe.



Slika 2 • Navigacijsko okno Pilot s prikazom treh glavnih modulov

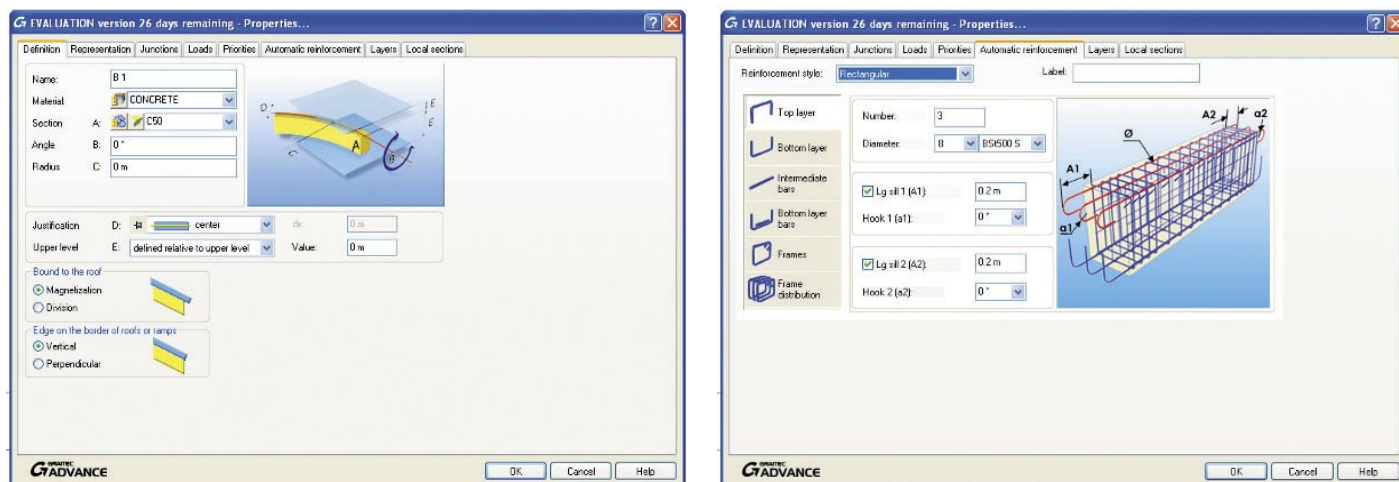


Slika 3 • Konstruiranje stopnišča in parametrično (samodejno) armiranje

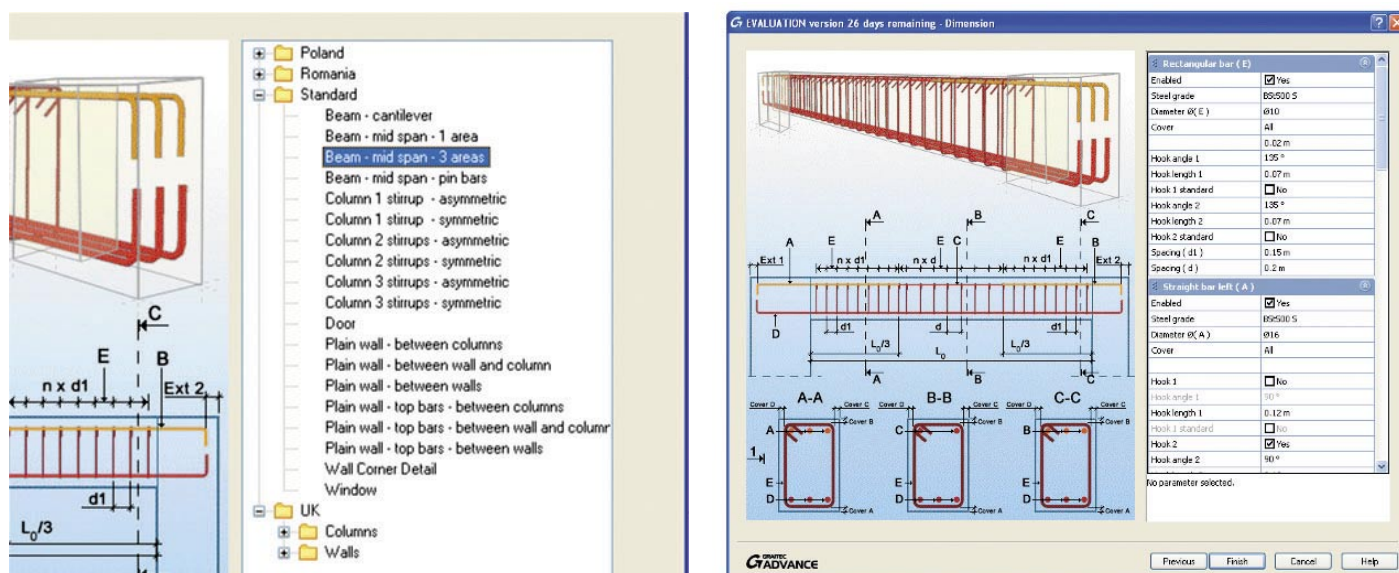
Pri izdelavi modela konstruiramo tudi armaturo v posameznih nosilnih elementih. Advanced Concrete omogoča uporabo novega načina konstruiranja armature, ki se imenuje dinamično armiranje (sliki 5, 6). Gre za povsem nov koncept, ki omogoča bistveno večjo prilagodljivost. Za osnovne nosilne elemente (nosilci, stebri, plošče, temelji) lahko uporabimo različne principe konstruiranja armature, ki so že predhodno definirani v knjižnicah, ali pa v nekaj korakih definiramo lastne nabore, ki jih lahko shranimo v knjižnico in jih uporabimo pri kasnejših projektih. Ob tem je mogoče definirati tudi različne vrste stikov osnovnih nosilnih elementov (npr. vogali sten, stik stebel–plošča, stik stebel–nosilec, vute). Takšen način konstruiranja armature se bistveno razlikuje od klasičnega risanja armature v okolju AutoCAD. Njegova glavna prednost je, da s takšnim pri-

stopom dobimo dinamičen model konstrukcije, kjer se armatura (palice, mreže, stremena) samodejno prilagaja vsem kasnejšim spremembam dimenzij opaža. To lahko izredno pospeši delo predvsem pri projektih, kjer lahko kasneje spreminjamo nosilne konstrukcije (npr. dodatni preboji zaradi inštalacij). Poleg tega je takšen način iv prednosti pri obsežnih projektih z velikim številom elementov, ki sicer niso enakih dimenzij, imajo pa podobne principe armiranja. Poleg opcije dinamičnega armiranja je mogoče že v okviru določanja lastnosti nosilnih elementov (stebel, nosilec, stena, plošča, stopnišče, temelji itd.) definirati armaturo, ki se nato samodejno izriše glede na dimenzije elementa. Način podajanja armature v tem primeru je parametričen (sliki 3, 4) in je lahko v nekaterih primerih prilagojen zahtevam nacionalnih predpisov posameznih držav. Za risanje

armature na klasičen način, ki ga je večina uporabnikov vajena v okolju AutoCAD, je na voljo mnogo ukazov, s katerimi je mogoče narisati palice in stremena različnih oblik in razporeditev (serij). Vešč uporabnik se bo tega načina verjetno posluževal le za izdelavo dodatnih naborov dinamičnega armiranja, ki jih bo lahko uporabil pri prihodnjih projektih. Program seveda omogoča tudi pregledovanje konstruirane armature v 3D-pogledu in kontrolo morebitnih kolizij ali drugih nepravilnosti. Še ena inovativna možnost programa, ki se izkaže za uporabno predvsem pri obdelavi večjih projektov, je ta, da lahko posamezni model hkrati obdeluje več uporabnikov na različnih računalnikih, vsi popravki in spremembe pa se ažurirano prikazujejo v bazi podatkov in so dostopni preostalem projektantom, ki delajo pri projektu.



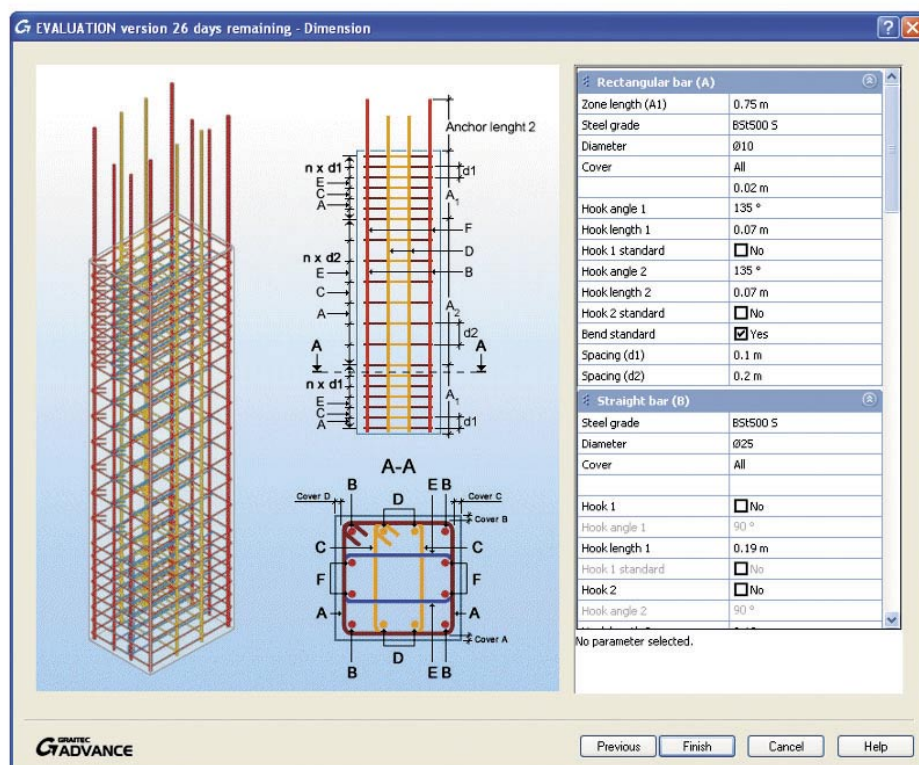
Slika 4 • Definiranje lastnosti nosilca in parametrično (samodejno) armiranje



Slika 5 • Dinamično armiranje prostoležnega nosilca (desno) in prikaz preddefiniranih načinov armiranja (levo)

3.3 ALLPLAN 2011 (INŽENIRSTVO)

Programski paket Allplan je izdelek nemškega podjetja Nemetschek, ki spada med največje ponudnike programske opreme za gradbeništvo in arhitekturo v Evropi (Nemetschek, 2013). Sestavljen je iz več modulov, ki so namenjeni posameznim področjem načrtovanja objektov (arhitektura, inženirstvo, predizmere itd.). Uporabnik si lahko sam izbere način dela, poleg prostorskega modela objekta (3D) sta na voljo še hibridni in klasični 2D-način. Možen je tudi prehod med posameznimi načini. Platforma Allplan CAD omogoča delo v 2D, 3D ali BIM (Building Information Modeling). Risanju opaznih načrtov in armature je namenjen modul inženirstvo, ki deluje v povezavi z modulom za arhitekturo (prevzemanje prostorskega modela zgradbe) in s programi za analizo konstrukcij (Frilo, Scia Engineer). Tako so učinkovito pokrita vsa področja projektiranja, od arhitekturne zasnove, računa konstrukcije do izvedbenih risb (armaturni in opazni načrti). Programski paket je preveden v slovenski jezik, kar je v primerjavi z drugimi večjimi proizvajalci tovrstne programske opreme prej izjema kot pravilo.



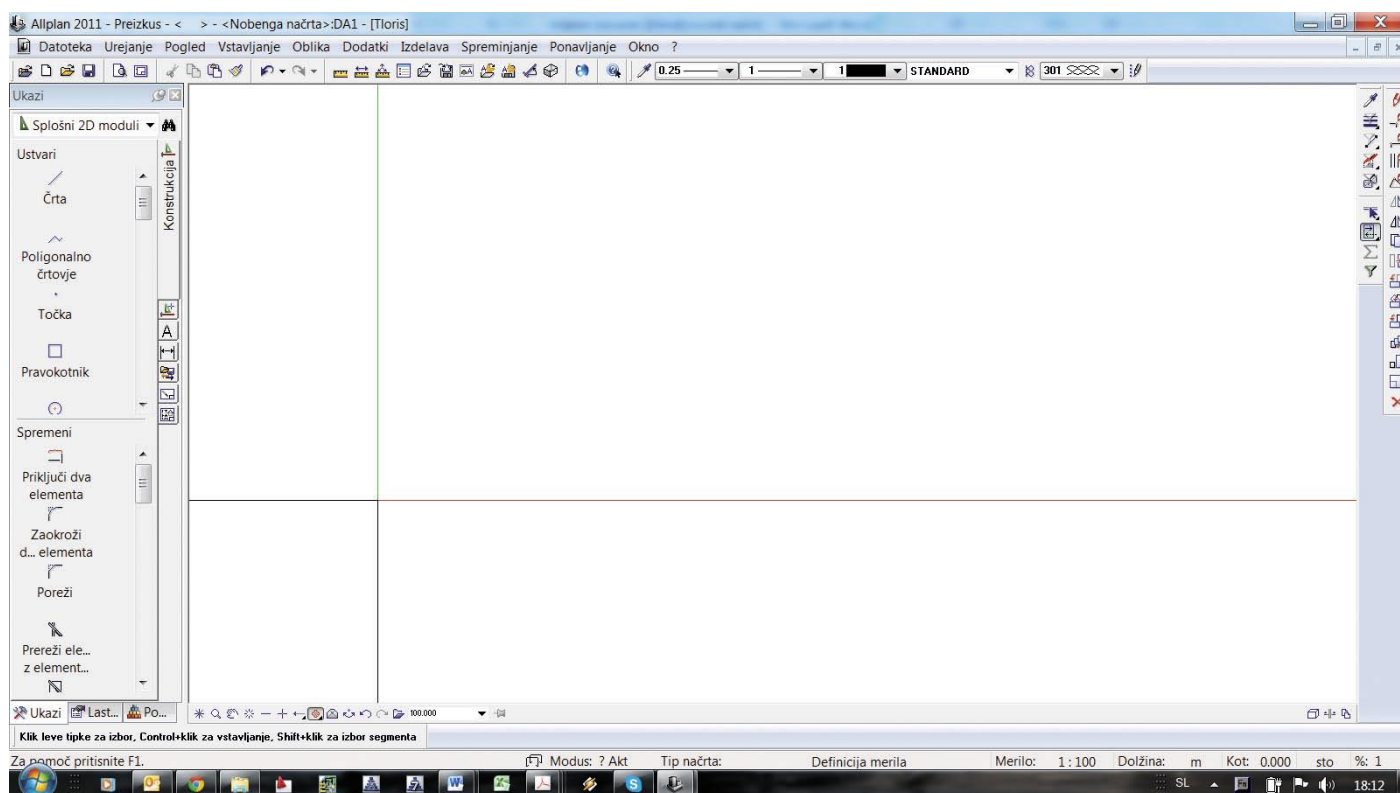
Slika 6 • Dinamično armiranje stebra

3.3.1 Uporabniški vmesnik

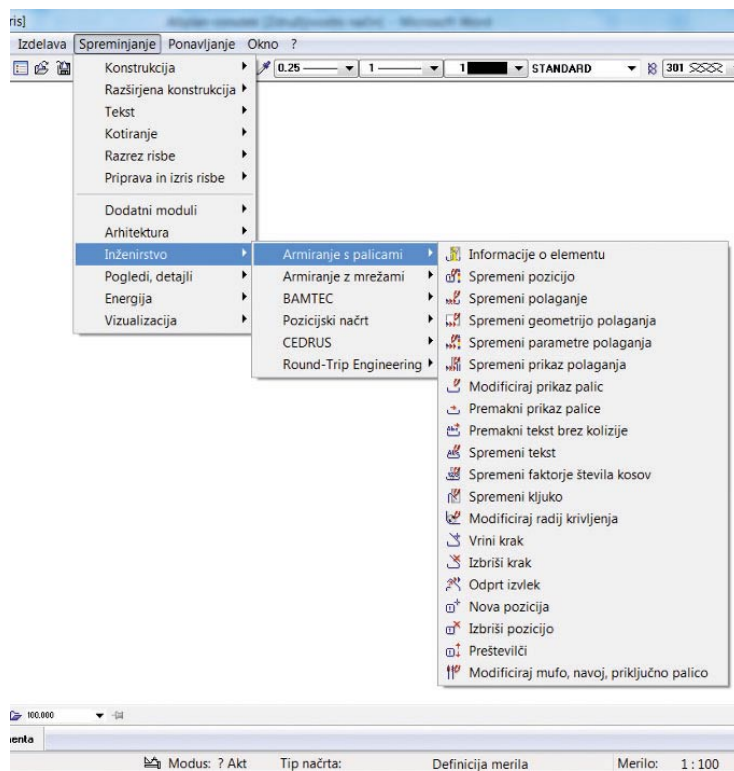
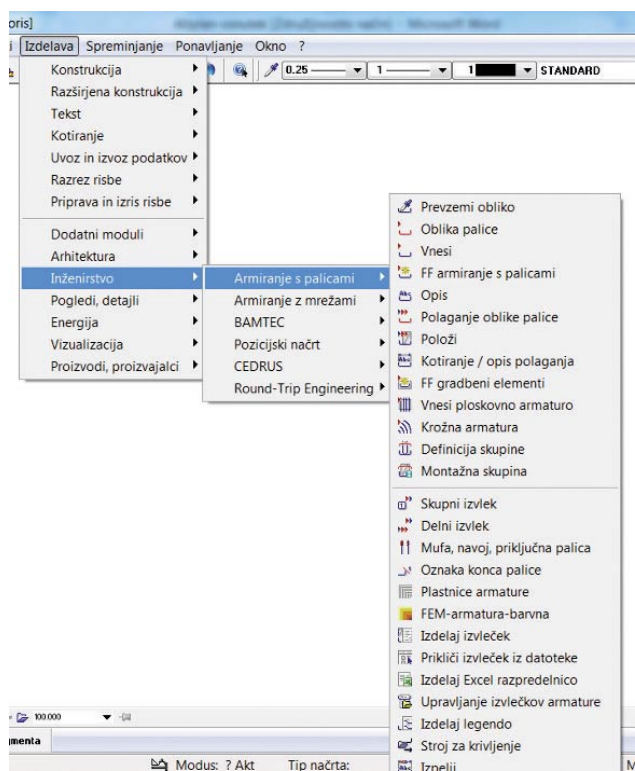
Allplan je samostojen program, ki podpira izmenjavo datotek z okoljem AutoCAD (uvaz in izvoz dwg, dxf). Ob zagonu se pojavi glavno delovno okno programa (slika 7). Na pogled je uporabniški vmesnik precej podoben tistemu, ki ga je večina uporabnikov vajena v programu AutoCAD: razporeditev menijev in ikon v zgornjem delu zaslona ter različni

orodjarn na desni in hitrega menija na levi. Poleg osnovnih menijev (Datoteka, Urejanje, Pogled, Vstavljanje, Oblika, Dodatki) sta za delo pomembna menija Izdelava in Spreminjanje. V njiju so zbrani vsi ukazi, s katerimi rišemo konstrukcijo oziroma izdelujemo model konstrukcije. V obeh menijih so ukazi poimenovali povsem enako (slika 8), s to razliko, da v drugem primeru urejamo oziroma kasneje

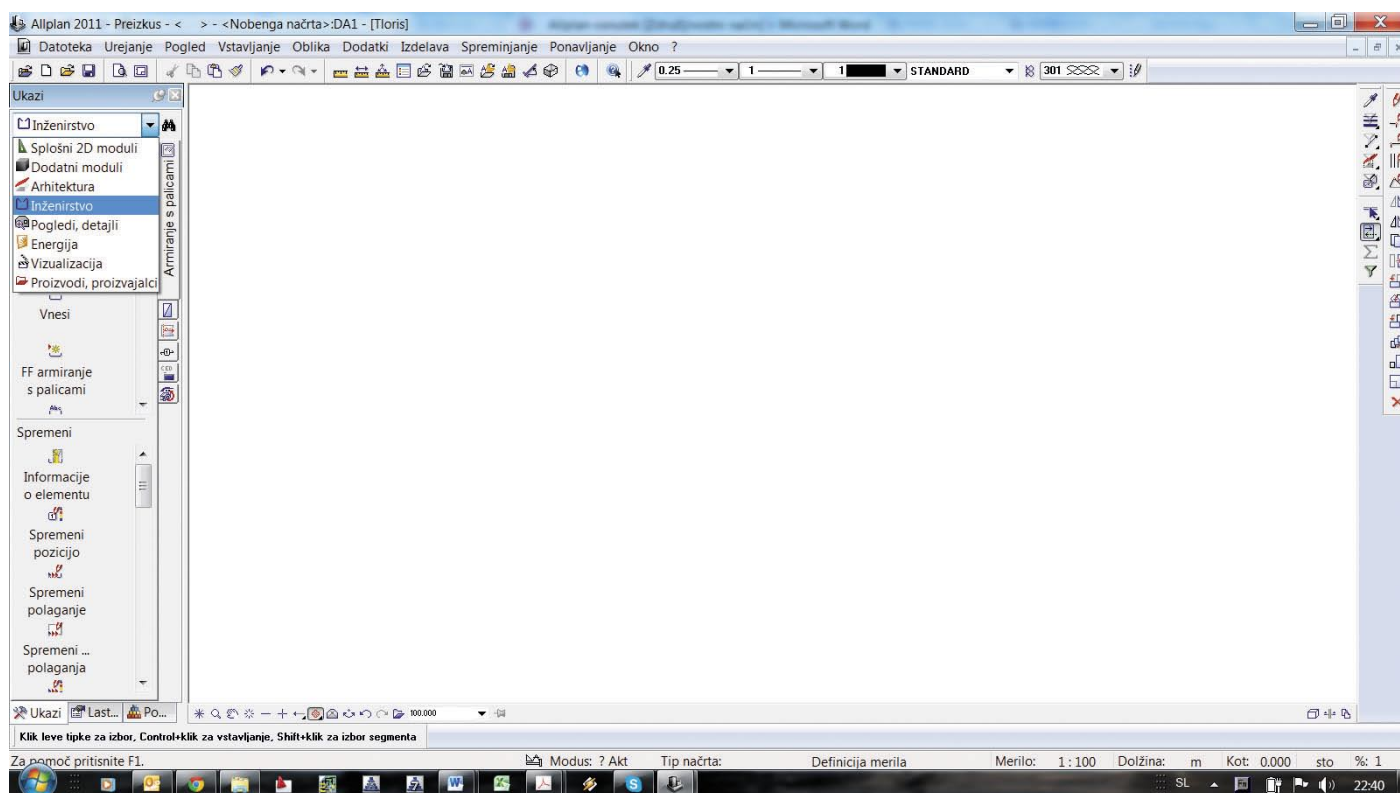
spreminjamo lastnosti narisanih predmetov, pogledov, tekstualnih opisov, kotiranja itd. Na desni strani delovne površine so orodjarne, ki jih lahko dodajamo po lastnih željah. V osnovi sta prikazani orodjarni za urejanje in filtriranje, ki imata podoben učinek kot sloji v AutoCAD-u, s tem da v tem primeru filtriramo predmete glede na posamezne lastnosti (npr. po debelinah črt, arhitekturnih elementih, pali-



Slika 7 • Uporabniški vmesnik programa Allplan



Slika 8 • Primerjava ukazov v menijh Izdelava in Spreminjanje



Slika 9 • Hitri meni – izbira ukazov za Inženirstvo

cah ali mrežah itd.). Na levi strani zaslona je hitri meni z naborom ukazov posameznega sklopa, ki ga izberemo v padajočem meniju na vrhu okna. Na sliki 9 je prikazan nabor ukazov za sklop Inženirstvo, kjer lahko s preklapljanjem med zavihki izbiramo med opcijami, kot so armiranje s palicami, armiranje z mrežami in pozicijski načrti. Dodani so še posebni zavihki za interakcijo s programi za statično analizo (Cedrus, Scia) in zavihek Bamtec, ki je namenjen posebnemu sistemu armiranja plošč. Če v hitrem meniju izberemo zavihek Lastnosti, se pojavi okno oziroma paleta z lastnostmi, ki je podobna tisti v AutoCAD-u (Properties), kjer lahko določamo debeline, barvo in tipologijo črt in šrafur 2D-elementov (ne velja za arhitekturne elemente).

3.3.2 Delo s programom

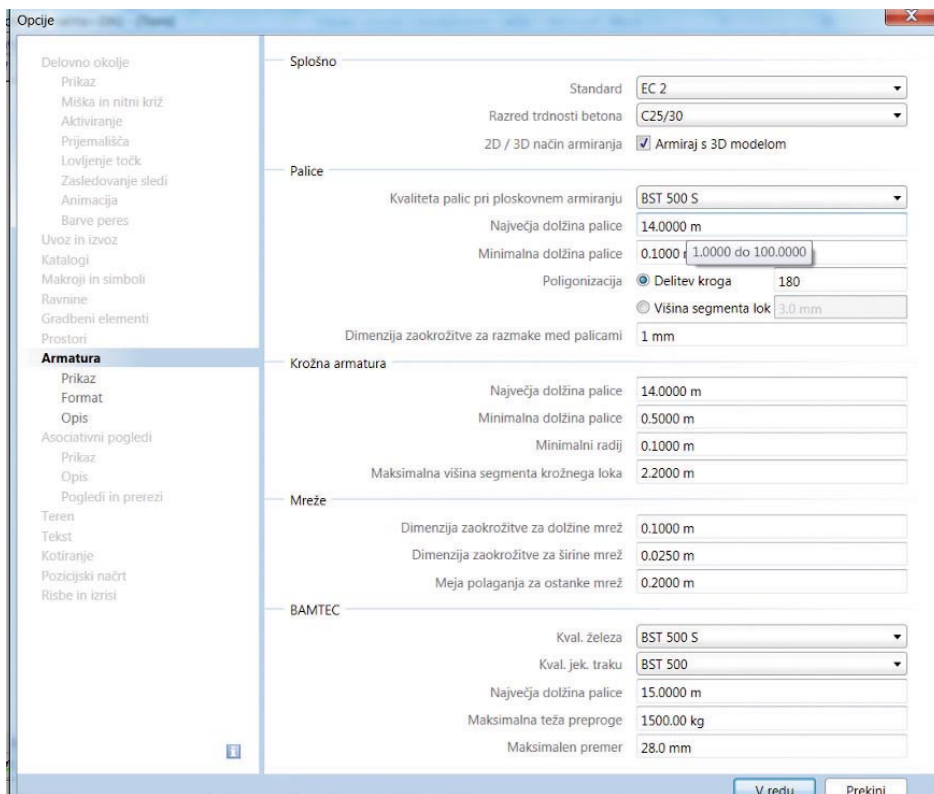
Uporabniku, ki je vajen okolja AutoCAD, utegne privajanje na delo z Allplanom povzročati precej težav, saj so nekateri koncepti risanja povsem drugačni. Enako velja za organiziranost oziroma delo z datotekami posameznih projektov, ki je dokaj zapleteno. Vsak načrt je organiziran v Projekt, ki je sestavljen iz velikega števila risarskih datotek, ki jih združujemo v mape. V posamezne risarske datoteke se ločeno rišejo posamezni sklopi (npr. osi konstrukcije, tlorisi etaž, armatura

posameznih nosilnih elementov itd.). Prednost takega načina dela pride do izraza, ko pri posameznem projektu deluje več projektantov. Arhitekt izdela arhitekturni model, gradbeni inženir ga uporabi za izdelavo računov konstrukcije in armaturnih risb, strojni inženir pa v isti projekt vnese strojne inštalacije. Ker vsak izmed njih dodaja svoje datoteke v projekt, lahko na koncu aktiviramo možnost napak, saj imamo pred seboj celotno sliko modela zgradbe.

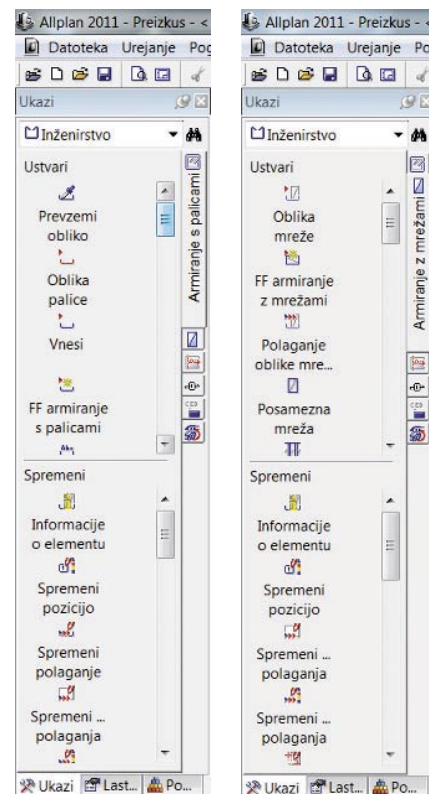
Pred začetkom izdelave armaturnih risb v meniju Opcije izberemo standard (npr. EC2), razred trdnosti betona, kvaliteto armature in vse preostale parametre (npr. največjo dolžino palic, debeline in barve črt za palice in mreže, prikaže v opisih itd.).

V Allplanu so trije različni načini risanja armature, ki se razlikujejo glede na to, ali izdelujemo opazne načrte v 2D ali 3D. V prvem načinu imamo prostorski model konstrukcije in tudi armaturo rišemo v 3D. V drugem načinu rišemo armaturo 3D v opaz, ki je v 2D. Tretji način je klasičen, saj sta tako armatura kot opaz le v dveh dimenzijah. Najbolj napreden je seveda prvi način, kjer uporabljamo 3D-model konstrukcije, ki je bil izdelan že v fazi arhitekturnega dela projekta, ali pa generiramo lasten prostorski model ob pomoči naprednih orodij za risanje (stene, plošče, nosilci, stop-

nice, različne vrste temeljev itd.). V primeru, da imamo na računalniku inštaliran le modul Inženirstvo, ukazi iz modula Arhitektura niso na voljo. Prednost prvega načina je, da lahko z ukazi v meniju Asociativni pogledi izdelujemo poljubne poglede in prereze, ki se samodejno osvežujejo ob spreminjanju dimenzij opaža. Uporaba drugega načina je smiselna v primerih, ko ni na voljo prostorskega modela (arhitekturne podloge v 2D ali iz drugega programa). Ta način nam ponuja vse prednosti 3D-izrisa armature za določene konstrukcijske elemente (npr. točkovni temelji, stebri, nosilci, stopnice), kljub temu da je opaz konstrukcije dejansko narisane v 2D. Ukazi za konstruiranje armature v modulu Inženirstvo so zbrani v skupine: armiranje s palicami, armiranje z mrežami in BAMTEC (sistem armiranja stropnih plošč s prefabricirano armaturo v kolutih) (BAMTEC, 2013). Dodatne skupine so za izdelavo pozicijskih risb ter obdelavo računskih modelov v programih za analizo konstrukcij Cedrus in SCIA. Zaradi kompleksnosti programa, ki zahteva tudi temu primeren obseg učenja, bodo na kratko predstavljeni le osnovni ukazi za delo z armaturnimi palicami in mrežami. Koncept ukazov je enak, le da v enem primeru delamo s palicami, v drugem pa z mrežami. Na voljo so ukazi za ročno risanje in oblikovanje palic (slika 12).



Slika 10 • Meni Opcije (izbira standardov in drugih parametrov)



Slika 11 • Armiranje s palicami in mrežami

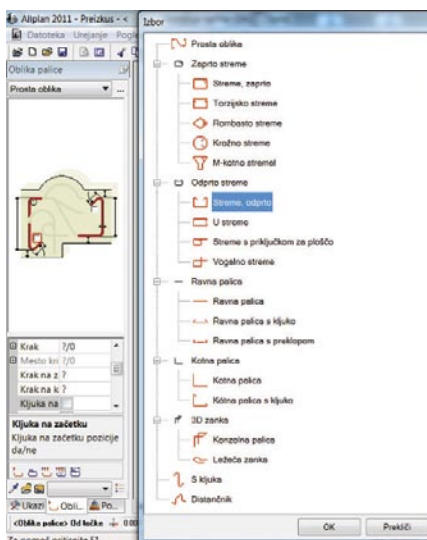
Priročen je ukaz za prevzemanje oblike predhodno oblikovanih palic, ki nam prihrani delo pri ponavljajočih se oblikah palic in stremen. Za serije palic in stremen imamo na voljo več ukazov, s katerimi lahko postavljamo ploskovno armaturo, definiramo skupine palic (npr. stremena), krožno armaturo (npr. stremena ob okroglih odprtinah) itd. Vsako pozicijo lahko prikažemo v delnem ali skupnem seznamu. Omeniti je treba še dva ukaza, in sicer FF

– armiranje s palicami, in FF – gradbeni elementi. S prvim lahko definiramo oblike armature (slika 13), ki se avtomatsko prilagodi dimenzijam določenega opazja (npr. nosilec). Z drugim (slika 14) pa lahko izbiramo med knjižnicami tipičnih nosilnih elementov oziroma detajlov (nosilci, stebri, temelji, vogali, sten, stopnišča, kratke konzole, vute, kolenčni zidovi, jaški, odprtine itd.). Izdelava seznamov je avtomatizirana, na voljo so različne

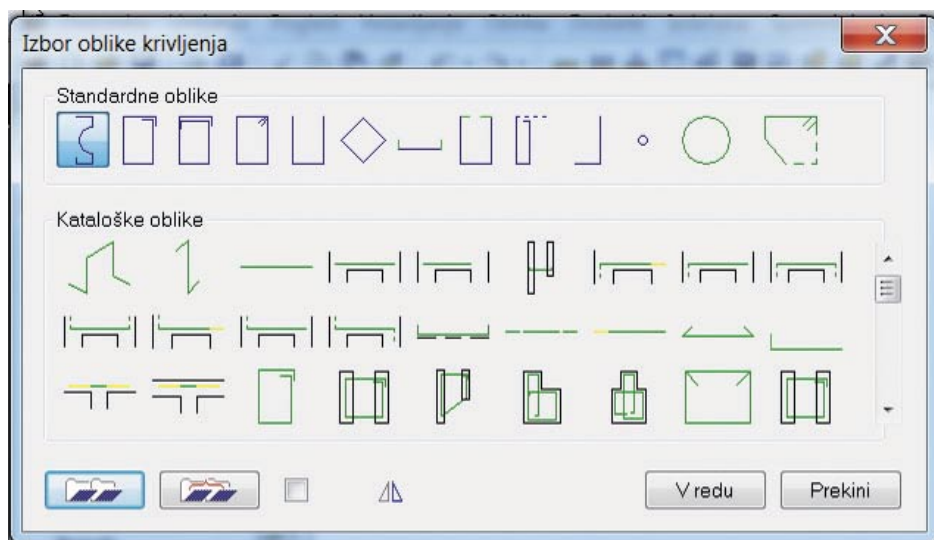
možnosti, od upravljanja seznama v primeru kompleksnejših risb do izvoza seznama v Excelovo datoteko.

3.4 ArmCAD 2005

ArmCAD je morda najbolj razširjen program v Sloveniji, ki se uporablja za konstruiranje armature (preko 130 registriranih licenc, (RADIMPEX, 2005).) Program je razvil podjetje Radimpex iz Srbije, ki ponuja tudi pro-



Slika 12 • Oblikovanje palic



Slika 13 • FF – armiranje s palicami

gram za analizo konstrukcij Tower, ki je pri nas med konstruktorji prav tako zelo razširjen. Poleg cenovne konkurenčnosti je njegova glavna prednost velika enostavnost, saj se povprečen uporabnik, ki pozna vsaj osnove dela v okolju AutoCAD, lahko zelo hitro nauči dela s programom.

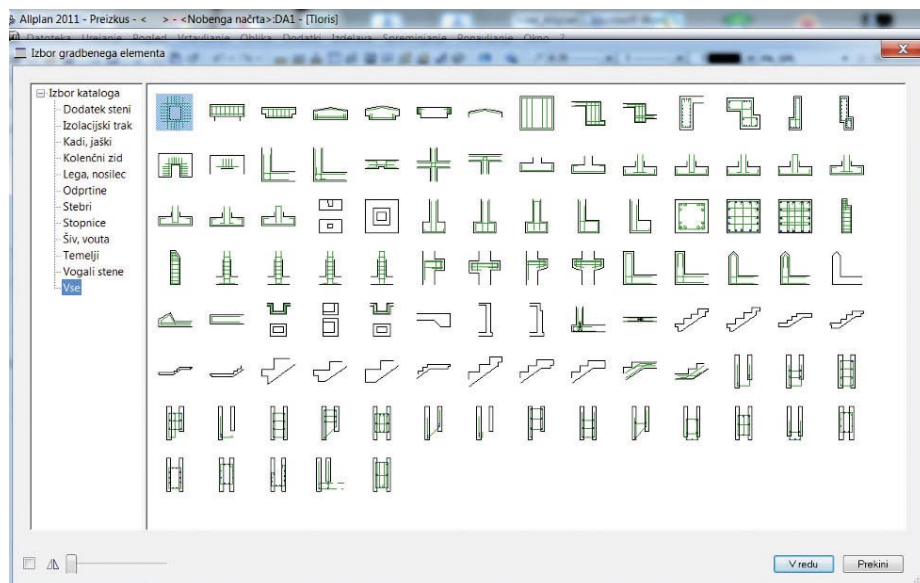
3.4.1 Uporabniški vmesnik

Program deluje v okolju AutoCAD, napisan je v jeziku C++ in je s knjižnico Object Arx povezan z AutoCAD-om. ArmCAD je torej neke vrste podprogram AutoCAD-a, ki je namenjen za konstruiranje armature, in pri delu z njim veljajo vsi principi risanja, ki jih poznamo iz okolja AutoCAD. Po inštalaciji se v AutoCAD-u pojavi nov meni ArmCAD, v katerem so zbrani vsi ukazi programa. Vsi glavni ukazi, ki jih potrebujemo pri delu s programom, so razvrščeni v orodjarnah, ki si jih lahko poljubno razporejamo po namizju (slika 15). Program je preveden v slovenski jezik, kar je še posebno dobrodošlo pri avtomatski izdelavi armaturnih seznamov.

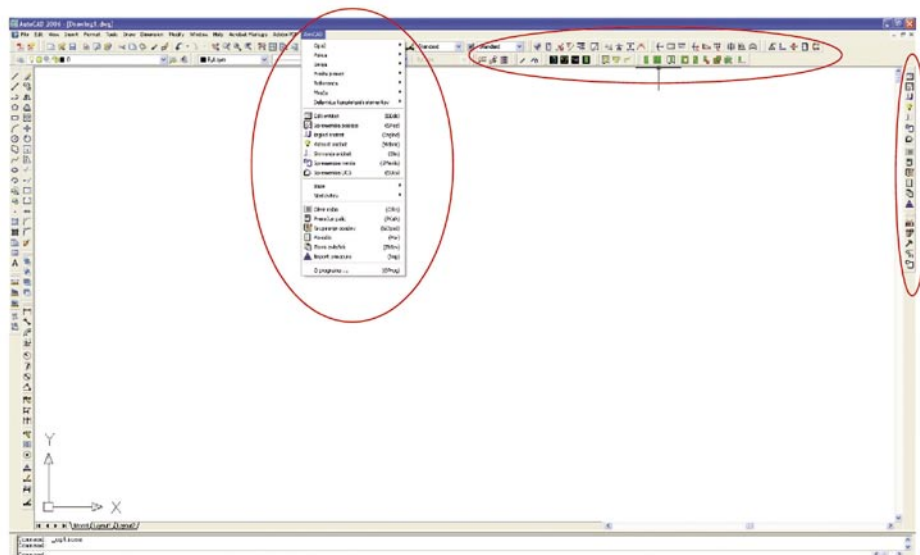
3.4.2 Delo s programom

Glavni ukazi so razporejeni v menijih po smiselni skupini, tako kot si sledi vrstni red konstruiranja armature. Prvi meni je Opaž, kjer definiramo opaže elementov, za katere bomo konstruirali armaturo (npr. temelji, plošča, nosilec), ali pa izberemo katerega izmed tipskih opažev elementov, ki so že pripravljeni v bazi, in parametrično podamo zahtevane dimenzije (slika 16). Dodajamo lahko tudi svoje tipске opaže.

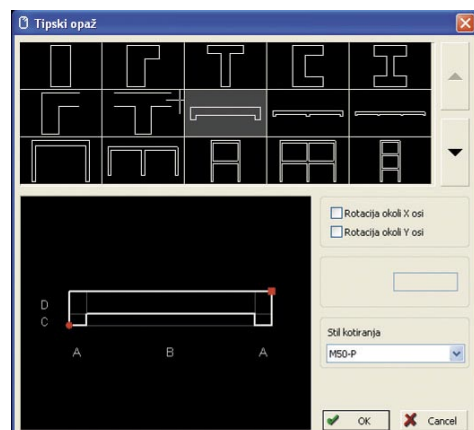
V naslednjem meniju Palica izbiramo med ukazi za delo z ravnimi in ukrivljenimi armaturnimi palicami, stremeni, podajamo pa lahko tudi tipске palice različnih oblik (npr. U, L, poševno krivljene palice, različna stremena).



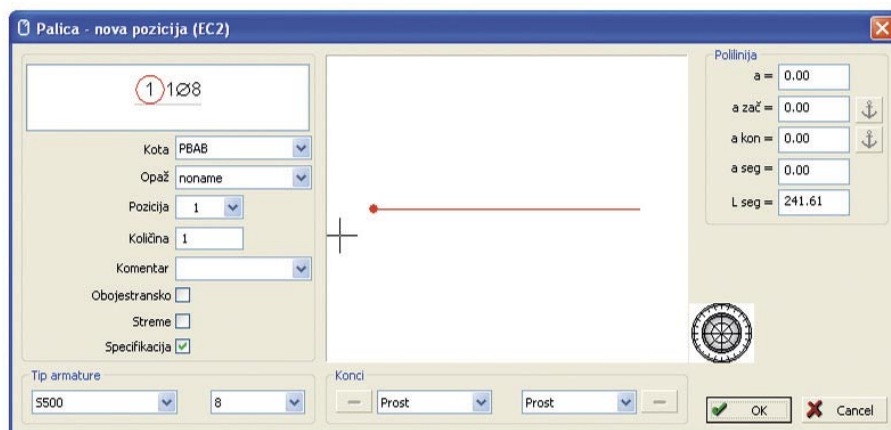
Slika 14 • FF – gradbeni element



Slika 15 • Uporabniški vmesnik programa ArmCAD



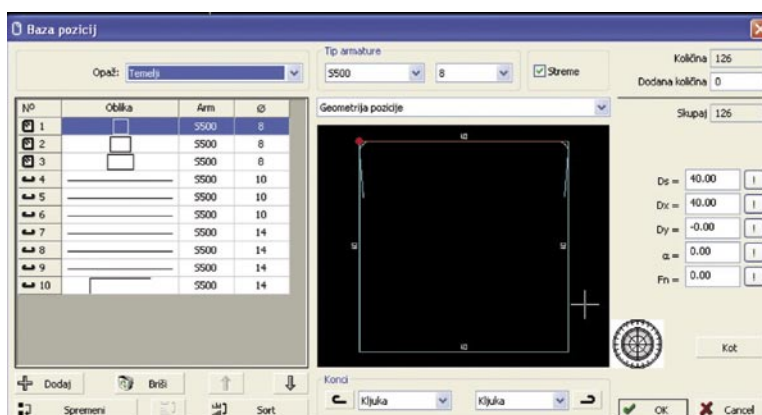
Slika 16 • Okno s tipskimi opaži



Slika 17 • Dodajanje nove palice



Slika 18 • Dodajanje tipske palice



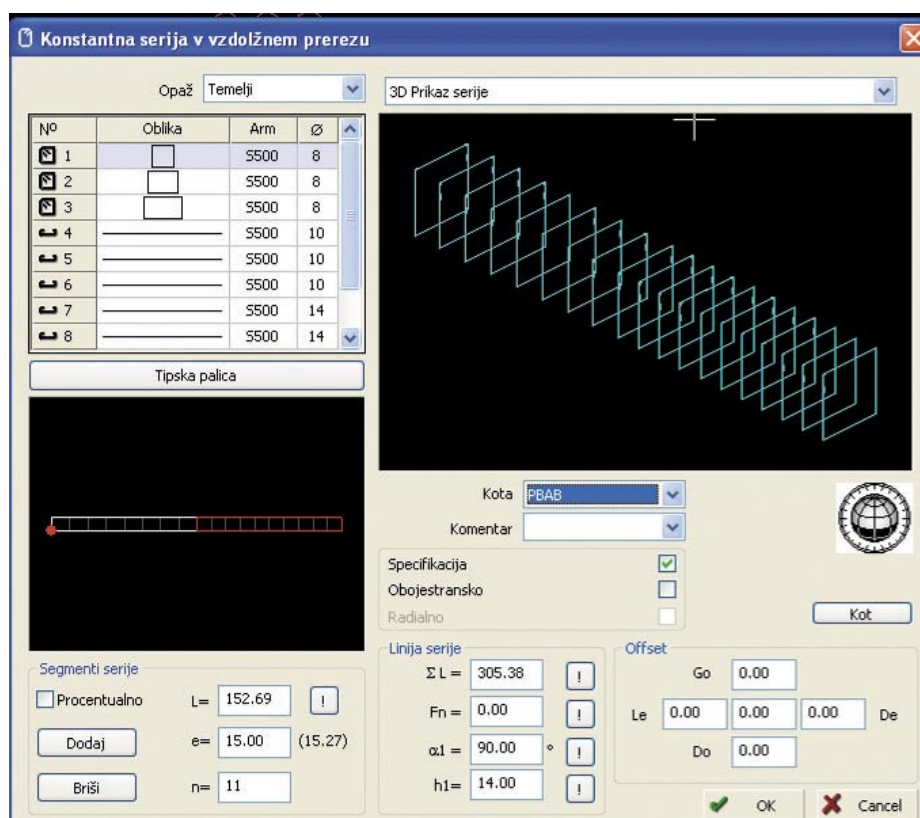
Slika 19 • Baza pozicij

Risanje poteka na enak način kot npr. z AutoCAD-ovim ukazom line, po zaključku ukaza pa se odpre ustrezen meni, kjer parametrično podamo vse potrebne podatke (debelina zaščitnega sloja, oznaka pozicije, količina, premer palice itd.). Vso armaturo (palice in mreže) rišemo tako, da s kliki izbiramo konturo opaža in nato parametrično podamo debeline zaščitnega sloja. Takšen način je zelo praktičen in precej pospeši risanje.

V zgornjem delu okna so prikazane vse oblike palic, ki so trenutno v bazi. V osrednjem delu pogovornega okna je prikaz geometrije palice, ki jo izberemo iz baze tipskih palic. Levo, desno in pod osrednjim delom okna pa so ukazi za:

- predhodno definiran stil kotiranja,
- predhodno definirano pozicijo opaža,
- prikaz vseh prostih pozicij,
- vnos števila kosov dane pozicije armature,
- podajanje poljubnega komentarja,
- za postavitev simbola kot oznako za postavljanje armature v različnih conah,
- določitev, ali je izrisana palica streme ali ne,
- za določitev, ali palica gre v seznam in kosovnico ali ne,
- določitev vrste in premera armature,
- določitev oblike levega in desnega konca palice (kljuka, kazalec, prost),
- za osno preslikavanje geometrije palice glede na X- in Y-os,
- za odmike od stranic pravokotnega območja.

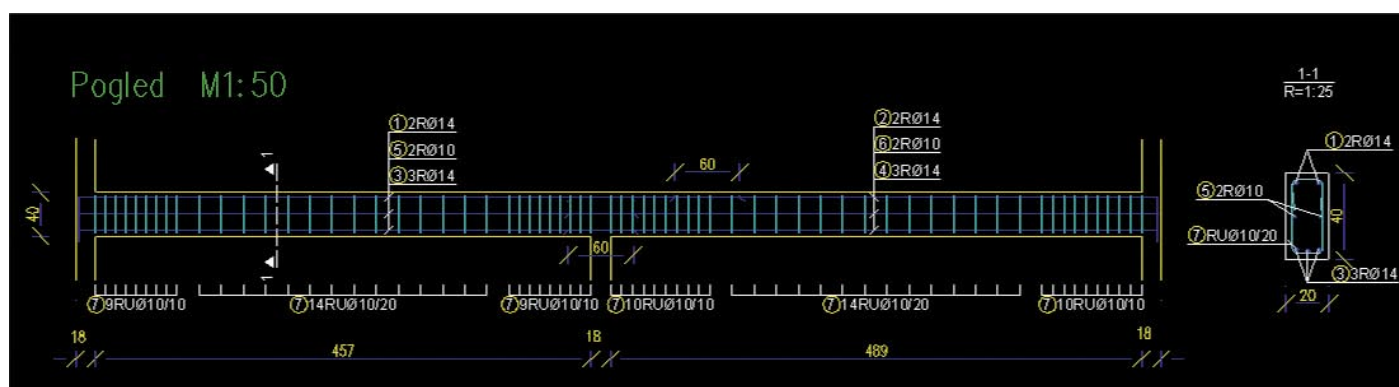
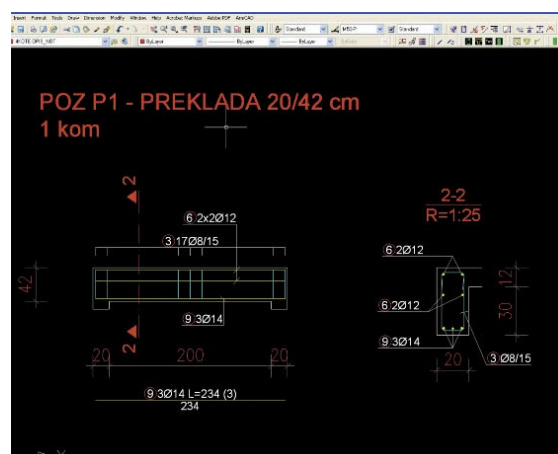
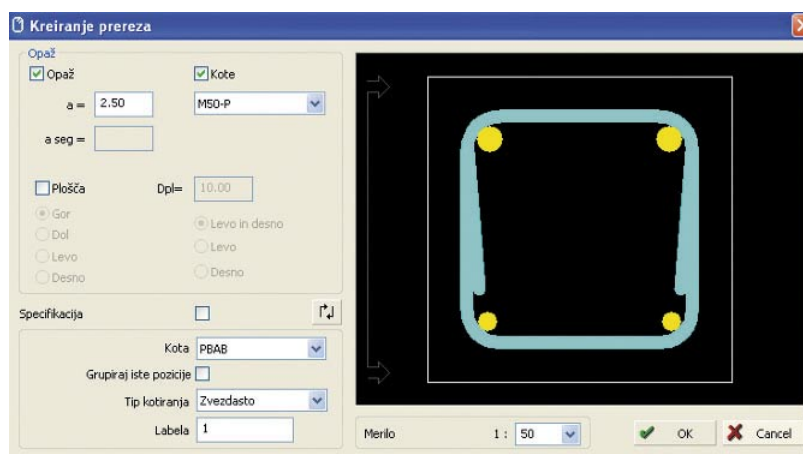
Dodajamo (ponavljamo) lahko že obstoječe pozicije palic, ki smo jih predhodno konstruirali, z ukazom Reprezent pa posamezne pozicije palic ali stremen izvlečemo iz risbe in jih tako prikažemo v preglednejši obliki z vsemi potrebnimi karakteristikami (premer, dolžina, število kosov). Poseben ukaz v tem meniju se imenuje Baza pozicij, kjer urejamo pozicije po



Slika 20 • Konstantna serija v vzdolžnem prerezu

posameznih opažih (slika 19). V okviru tega menija je mogoče tudi kasnejše spreminjanje karakteristik palic za celotno pozicijo (npr. sprememba premera ali dolžine), določanje vrstnega reda pozicij, brisanje praznih pozicij, ki so nastale med risanjem. Gre za zelo uporaben meni, s katerim lahko obvladujemo tudi obsežnejše projekte z velikim številom opažev in pozicij. Na tem mestu je treba dodati tudi možnost risanja posameznih opažev v ločenih datotekah, nato pa z ukazom Zbirni izvleček določimo, katere datoteke se upoštevajo pri izdelavi kosovnic in seznamov.

Poseben meni je namenjen izdelavi zaporednih serij enakih pozicij (slika 20). Tako lahko izbiramo med konstantnimi in spremenljivimi serijami v osnovi (horisu ali pogledu), prečnem ali vzdolžnem prerezu. S tem ukazom lahko izdelamo praktično vse vrste stremen ali serije palic v še tako geometrijsko zahtevnih opažih. V meniju je tudi možnost 3D-prikaza serije, kar je uporabno pri kontroli geometrije palic. Izdelava prečnih prereзов je avtomatizirana, seveda pa lahko posamezni prečni prezek konstruiramo tudi poljubno. Glede na to, da je osnovni koncept risanja armature dvodimen-



Slika 21 • Konstruiranje prečnega prereza in prikaz armature nosilca

zionalen (2D), je za avtomatizacijo kreiranja prečnih prerezov potreben poseben pristop. Prerez se avtomatsko generira na podlagi oblike stremen in podanega zaščitnega sloja, nato pa lahko parametrično na primer damo ploščo v prerezu v različnih smereh. Na tak način lahko zelo hitro in skoraj samodejno generiramo prečni prerez nosilca, ki smo ga predhodno narisali v pogledu.

Postopek konstruiranja mrež je podoben kot pri palicah, tudi struktura ukazov sledi logiki risanja palic. Mreže lahko postavljamo posamezno ali v serijah. Ko izberemo konturo serije (tudi tukaj izbiramo rob opaža, odmik zaradi zaščitnega sloja pa podamo kasneje), se odpre okno, kjer izberemo tip mrež, odmik od opaža, preklape itd. Dimenzije posamezne mreže in standardni preklapi so določeni v bazah tipskih mrež, ki jih lahko tudi poljubno spreminjamo.

Tudi mreže lahko rišemo v prečnih prerezih, vendar v tem primeru postopek ni avtomatiziran. Kreiranje prečnih prerezov skozi plošče in stene zato zahtevajo nekaj več dela v primerjavi z nosilci. Kljub vsemu pa so na voljo orodja (dodajanje obstoječe palice, posamezne palice v prečnem prerezu, mreža

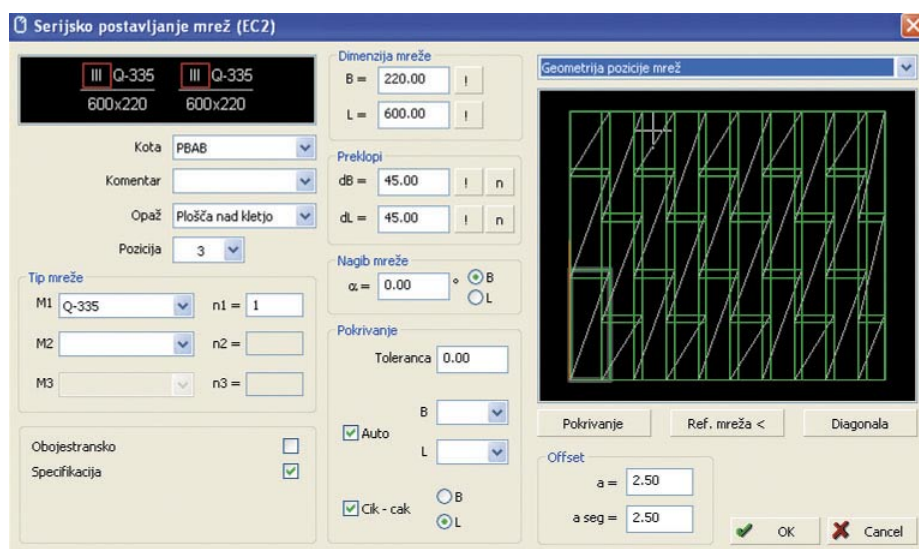
v prečnem prerezu), s katerimi lahko vseeno relativno hitro izdelamo želene prerese.

Na voljo so tudi čarovniki za avtomatsko konstruiranje armature in opaža za nekatere standardne elemente, kot so:

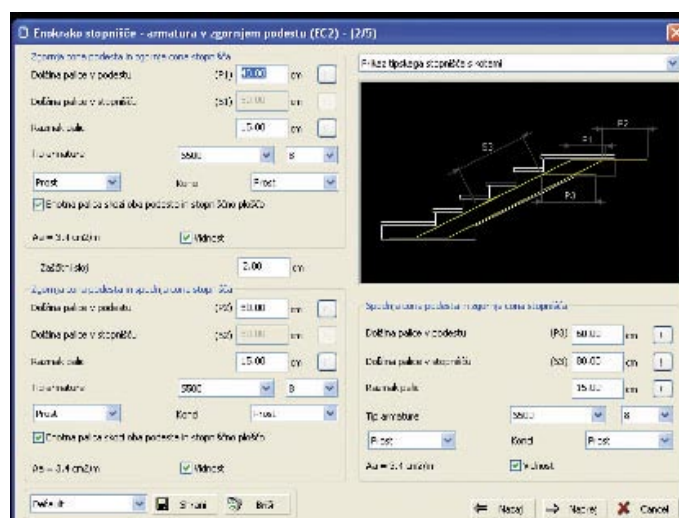
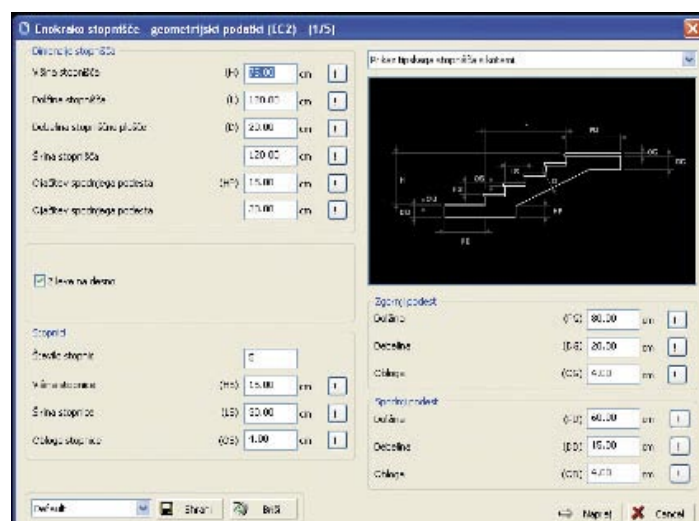
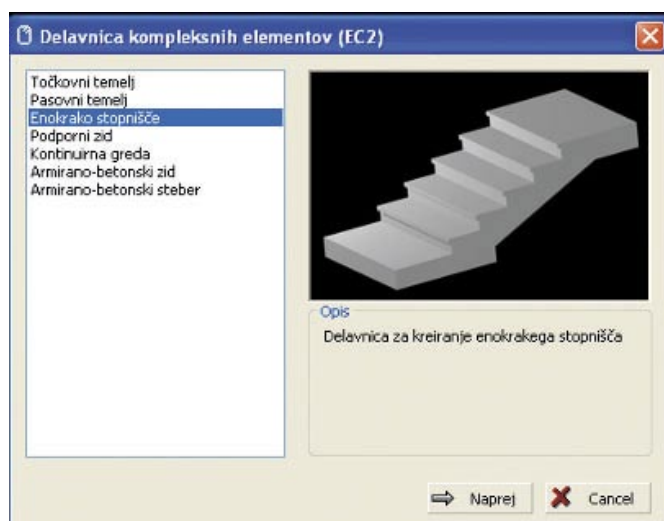
- točkovni temelji,
- pasovni temelji,

- enoramno stopnišče,
- oporni zid,
- kontinuirni nosilec,
- stena in
- steber.

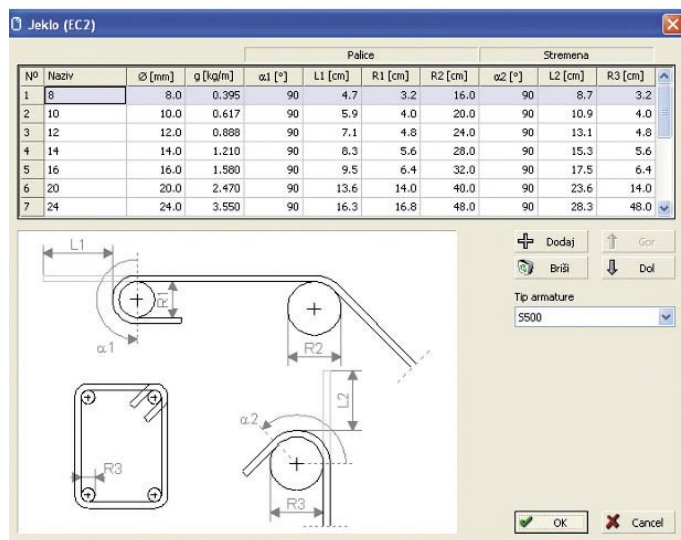
Ob pomoči tega orodja lahko za navedene elemente opaž in armaturo podajamo v



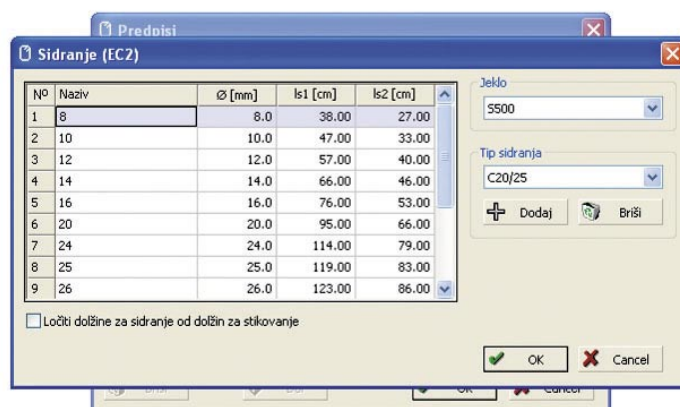
Slika 22 • Serijsko postavljanje mrež

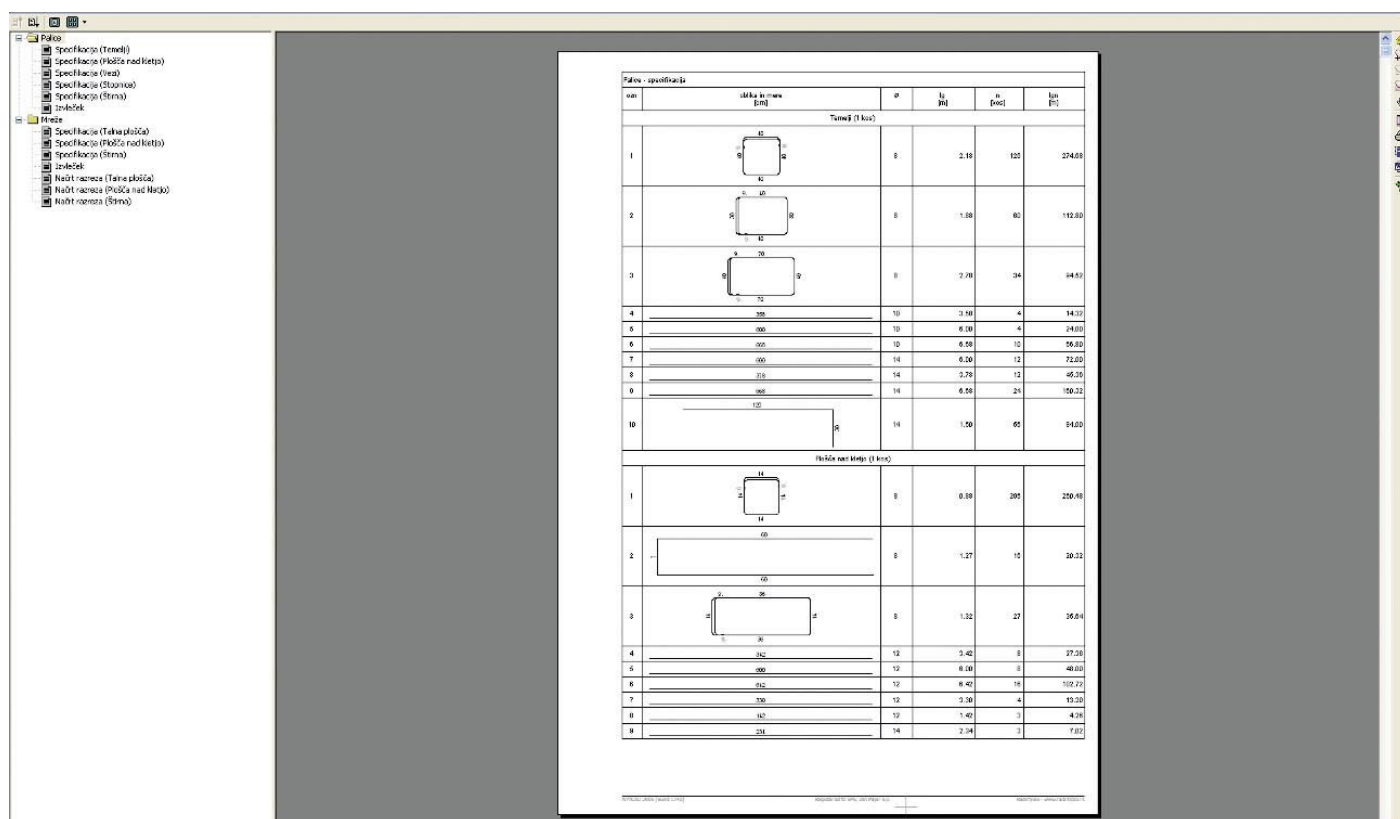


Slika 23 • Čarovniki za avtomatsko kreiranje opaža in armature stopnišča



Slika 24 • Izbira predpisov





Slika 25 • Samodejna izdelava seznamov

parametrični obliki. V praksi sta se za najbolj uporabna izkazala čarovnika za avtomatsko konstruiranje opaža ter armature stopnišča in opornega zida.

Na voljo je tudi pester nabor ukazov za kotiranje palic in mrež, za urejanje in spreminjanje pozicij, spreminjanje merila (uporabno za detajle in prečne prereze). V meniju Nastavitve lahko nastavljamo prikaz posameznih elemen-

tov (palic v vzdolžnem in prečnem prerezu, v seriji, mrež itd.) na zaslonu, stilov kotiranja in oznak pozicij, barv itd. V okviru tega menija lahko izbiramo tudi različne predpise, na podlagi katerih program samodejno upošteva pravila za krivljenje palic in stremen, dolžine preklapov glede na izbrano kvaliteto betona in podobno. Poleg evrokoda 2 (EC2) so na voljo še stari jugoslovanski predpisi (PBAB 87),

bolgarski, nemški (DIN 1045), ruski (SNIP), ameriški (ACI) in švicarski predpisi (SIA).

Izdelava kosovnic in seznamov je povsem samodejna. Pred tem je priporočljivo v bazi pozicij urediti vrstni red palic in izločiti morebitne neuporabljene pozicije, nato pa je za izdelavo seznamov potreben le klik ali dva. Seznam lahko vnesemo direktno v risbo (.dwg-format) ali pa v urejevalnik besedil (.rtf).

4 • SKLEP

Računalniški program Graitec Advance Concrete se je izkazal za zelo napreden z nekaterimi inovativnimi možnostmi konstruiranja armature, ki bodo na slovenskem tržišču verjetno zaživele šele v bližnji prihodnosti. Namenjen je predvsem projektantskim podjetjem, ki se ukvarjajo z večjimi projekti, kjer lahko pridejo do izraza njegove glavne prednosti. Program sicer ne obstaja v slovenskem jeziku, prav tako za zdaj pri preddefiniranih naborih armiranja (npr. tipi mrež, stremen, principi armiranja itd.) ni posebnega nabora za Slovenijo oziroma podpore slovenskim nacionalnim dodatkom

evrokodov. Kljub temu pa slovenski zastopnik za programsko opremo Graitec ponuja lokalizacijo, ki obsega izpis dokumentacije v slovenskem jeziku (oznake, kosovnice in sezname, glave risb), kar je dobrodošlo. Programski paket Allplan je v Sloveniji že dobro desetletje razširjen predvsem med arhitekti. Z modulom inženirstvo, ki je namenjen predvsem gradbenim inženirjem in tehnikom, predstavlja učinkovito programsko orodje za risanje armaturnih in opažnih načrtov. Je tudi eden redkih programskih paketov, ki je preveden v slovenski jezik. Za uporabnika, ki je vajen okolja

AutoCAD, je sicer prehod na delo z Allplanom lahko precej zahteven. Proces privajanja na drugačno logiko osnovnih ukazov za risanje zahteva nekaj časa. Prednost risanja armature z Allplanom je velika v primeru, da tudi arhitekt uporablja ta programski paket. Takrat se lahko izkoristijo vse napredne možnosti programa in koncepta BIM.

Program ArmCAD je zelo enostaven za uporabo, nima preveč kompleksne strukture ukazov in zelo dobro sledi inženirski logiki konstruiranja armature. Kljub temu da nima nekaterih naprednih možnosti, kot je konstruiranje armature v 3D, je morda ravno to njegova prednost. Gre za program, ki zagotovo izmed vseh treh, ki so podrobneje predstavljeni v tem članku, zahteva najmanj

učenja in privajanja na delo, kljub vsemu pa s svojo zmogljivostjo bistveno ne zaostaja za drugima dvema, v določenih primerih pa delo z njim lahko poteka celo hitreje.

Vsi trije programi omogočajo uvažanje opažnih risb iz arhitekturnih modelov (Graitec in Allplan) ali iz računskega modela za analizo konstrukcije (Armcad). Osnovna ideja takega pristopa je v prihranku časa pri izdelavi opažnih risb, ki

lahko pri zahtevnejših konstrukcijah pomenijo tudi do 50 odstotkov prihranka celotnega časa izdelave armaturnih risb. Žal se v slovenski praksi tak pristop le s težavo uveljavlja, saj zaradi specifičnosti trga (majhnost) projektant konstrukcije sodeluje z različnimi arhitekturnimi biroji, ki praviloma uporabljajo različna programska orodja za izdelavo arhitekturnih risb. Kljub tej napredni opciji, kjer se lahko izdelava en

model za vse faze projektiranja (arhitektura, konstrukcija, instalacije), je potrebna velika pazljivost, saj lahko manj izkušen projektant (predvsem pri analizi konstrukcije) zaradi zapletenega modela hitro izgubi kontrolo nad rezultati analize.

V preglednici 1 so prikazane osnovne lastnosti štirih obravnavanih programov za risanje armaturnih risb.

	AutoCAD	Graitec Advance Concrete	Allplan Inženirstvo	Armcad 2005
Povezljivost z okoljem AutoCAD	/	Deluje v okolju AutoCAD	Samostojni program – podpira izmenjavo datotek z okoljem AutoCAD	Deluje v okolju AutoCAD
Osnovni koncept dela s programom	Klasično risanje armature, lahko si sami izdelamo knjižnice za tipične elemente	Delo poteka v treh moduli, izdelava 3D-modela konstrukcije, konstruiranje armature, generiranje risb za izris, način risanja enak kot v AutoCAD-u	Načrti organizirani v »projekte« iz več risarskih datotek, ki so združene v mape, svojevrsten način	Priprava opažnih risb v celoti s programom AutoCAD ali s pomočjo čarovnikov za nekatere tipične nosilne elemente, delo poteka v 2D
Standardi	/	SIST EN ISO 3766:2004 SIST EN 1992-1-1:2005	SIST EN ISO 3766:2004 SIST EN 1992-1-1:2005	SIST EN ISO 3766:2004 SIST EN 1992-1-1:2005
Načini risanja armature	/	Dinamični (v tem primeru se armatura samodejno prilagaja spremembi opaža), parametrični (uporabno za tipične nosilne elemente), klasični	Prostorski (model konstrukcije in armature v 3D), hibridni (opaž v 2D, armature v 3D), klasični (opaž in armature v 2D)	Klasičen način (2D), avtomatizirano generiranje prečnih prerezov
Avtomatizacija izdelave armature	/	Da (dinamični in parametrični način)	Da (prostorski in hibridni način risanja armature)	Delno (prečni prerezi, razporeditev mrež v ploskovnih elementih)
Možnost uvažanja arhitekturnih (3D) modelov	/	Da, povezava z Graitec Advance Design (modul za analizo konstrukcij) in Revit Structure (BIM)	Da, Allplan modul Arhitektura in programi za analizo konstrukcij (Scia Engineer, Frilo)	Povezava s programom za analizo konstrukcij Tower 3D
Izdelava izvlečkov in kosovnic materiala	Ročna	Samodejna	Samodejna	Samodejna
Kompleksnost programa	/	Višja, primeren za zahtevnejše konstrukcije	Visoka, primeren za vse vrste konstrukcij	Nizka, primeren za enostavne in zahtevnejše konstrukcije
Slovenski jezik	Ne	Ne, izpis dokumentacije je možen v slovenščini	Da (program in izpis dokumentacije)	Da (program in izpis dokumentacije)
Prednosti	Jih ni	Možnost dinamičnega in parametričnega načina risanja armature, uporabnik si lahko sam izdelava bazo tipičnih elementov, enostavnost izdelave 3D-modela (risanje poteka v tlorisu, 3. dimenzija se generira samodejno), obširna baza konstrukcijskih elementov za izdelavo opažev	V celoti preveden v slovenski jezik, odlična povezljivost z modulom Allplan arhitektura	V celoti preveden v slovenski jezik, enostavnost in učinkovitost ne glede na zahtevnost konstrukcije, čarovniki za nekatere tipične nosilne elemente, nismo vezani na programsko opremo, ki jo uporablja arhitekt
Slabosti	Risanje armature je zamudno, ni možnosti avtomatskega pozicioniranja palic, generiranja prerezov in izdelave seznamov	Prekompleksen za izdelavo armaturnih risb enostavnejših objektov ali posameznih delov konstrukcij	Težaven za učenje, svojevrsten način risanja (od uporabnika, ki je vajen dela v okolju AutoCAD, zahteva nekaj več privajanja), glavne prednosti pridejo do izraza šele, ko je tudi arhitekturni (prostorski) model izdelan z Allplanom	Ni možnosti 3D-risane armature, v določenih primerih nekoliko zamudnejša izdelava opažnih načrtov

Preglednica 1 • Primerjava osnovnih značilnosti vseh štirih programov za risanje armature

5 • LITERATURA

BAMTEC – System, povzeto 16. 9. 2013 po www.bamtec.com, 2013.

GRAITEC SA, brošure in navodila programa, Graitec ADVANCE the structural BIM solution, Evaluation disk 2011, povzeto 22. 4. 2013 po <http://www.graitec.com/index.asp>, <http://www.cgsplus.si/>, 2011.

NEMETSCHKE Allplan GmbH, Allplan Engineering, brošure in navodila programa, povzeto 6. 5. 2013 po <http://www.nemetschke-allplan.eu/>, http://aec.si/programi/inzenirstvo/nemetschke_scia/, 2013.

RADIMPEX SOFTWARE, povzeto 10. 3. 2013 po <http://www.radimpex.rs>, brošure in navodila programa, <http://www.zeia.si/>, 2005.

SIST EN 1992-1-1:2005 – Evrokod 2: Projektiranje betonskih konstrukcij – 1-1. del: Splošna pravila in pravila za stavbe, 2005.

SIST EN ISO 3766:2004: Gradbeniške risbe – Poenostavljeno prikazovanje armature, 2004.

Wikipedia, povzeto 16. 9. 2013 po en.wikipedia.org/wiki/AutoCAD, 2013.

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2014

SEMINARJI	IZPIT	
	Osnovni in dopolnilni	Revidiranje
10. - 12. 02. 2014	25. 03. 2014 (po potrebi še 24. in 26.)	24. 03. 2014
14. - 16. 04. 2014	27. 05. 2014 (po potrebi še 26. in 28.)	
6. - 8. 10. 2014	25. 11. 2014 (po potrebi še 24. in 26.)	21. 10. 2014

A. PRIPRAVLJALNI SEMINARJI:

Seminarje organizira **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Karlovska 3, 1000 Ljubljana**;

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

Uradne ure:

ponedeljek, torek, sredo od 09.00 do 13.00 ure;

četrtek od 12.00 do 16.00 ure.

V petek NI URADNIH UR za stranke!

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 (za kandidate, ki opravljajo dopolnilni strokovni izpit; predavanje se odvija v okviru rednih seminarjev).
5. Kandidati drugih strok lahko poslušajo posamezna predavanja 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 (za predavanje in literaturo) po izpitnih programih pod 1., 2. in 3. točko znaša 623,22 EUR z DDV, pod 4. točko pa 89,10 EUR z DDV. Cena za udeležbo na posameznem predavanju je 89,10 EUR z DDV.

Kotizacijo za seminar je potrebno nakazati ob prijavi na poslovni račun ZDGITS:

SI56 0201 7001 5398 955.

Prijavo je potrebno poslati organizatorju (ZDGITS) najkasneje **14 dni pred pričetkom** seminarja!

Prijavni obrazec je mogoče dobiti na spletni strani ZDGITS (<http://www.zveza-dgits.si>).

Izvedba seminarja je odvisna od števila prijav (najmanj 20).

B. STROKOVNI IZPITI

potekajo pri **Inženirski zbornici Slovenije (IZS), Jarška 10-B, 1000 Ljubljana**. Informacije o strokovnih izpitih in izpitnih programih je mogoče dobiti na spletni strani IZS <http://www.izs.si> ali po telefonu (01) 547-33-19 ob uradnih urah (ponedeljek, sredo, četrtek, petek: od 08.00 do 12.00 ure; v torek od 12.00 do 16.00 ure).

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM I. STOPNJE GRADBENIŠTVO (UN)

Špela Jerončič, Požarna analiza osnovne šole Vič, mentor doc. dr. Mitja Košir, somentorica doc. dr. Živa Kristl

Žiga Frantar, Projekt jeklene industrijske hale, mentor prof. dr. Darko Beg, somentor asist. dr. Primož Može

David Pukšič, Analiza in dimenzioniranje plošče na stebrih, mentor prof. dr. Boštjan Brank, somentor doc. dr. Sebastijan Bratina

Toni Klemenčič, Analiza obnašanja leseno steklenega panela pri horizontalni obtežbi, mentor prof. dr. Boštjan Brank, somentor Boštjan Ber

Barbara Novak, Račun hidrodinamičnih količin v Tržaškem zalivu zaradi spremenljivih meteoroloških parametrov, mentor doc. dr. Dušan Žagar

Peter Vidmar, Idejna zasnova ceste čez Macensnikov plaz, mentor prof. dr. Bojan Majes, somentor viš. pred. mag. Robert Rijavec

Anej Špacapan, Dimenzioniranje sestavljenih lesenih nosilcev, mentor izr. prof. dr. Jože Lopatič, somentor doc. dr. Drago Saje

UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM I. STOPNJE VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO (UN)

Ana Benčina, Uporaba ruševin s področja stare cinkarne v betonskih kompozitih, mentorica izr. prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov, somentorica dr. Alenka Mauko

Sebastijan Robič, Uporaba bele žilindre v betonskih kompozitih, mentorica izr. prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov, somentor dr. Aljoša Šajna

Viktorija Brkovič, Analiza uporabnosti podatkov registra nepremičnin za analizo stanovanjskega fonda na primeru občine Krško, mentorica izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač, somentor asist. mag. Matija Polojnar

ŠTUDIJSKI PROGRAM III. STOPNJE GRAJENO OKOLJE - GRADBENIŠTVO

Elvira Džebo, Simulacije valov zaradi porušitev pregrad z brez mrežno numerično metodo hidrodinamike zgajenih delcev, mentor prof. dr. Matjaž Četina

VISOKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Dejan Durini, Objavljanje študijskih gradiv na priročnih računalniških napravah, mentor doc. dr. Matevž Dolenc

Tomaž Lipušček, Aplikacija za zajemanje podatkov o konstrukcijskih sklopih obstoječih stavb za pametne telefone, mentor doc. dr. Vlado Stankovski

Uroš Golob, Razlike pri gospodarjenju med javnimi in gozdnimi cestami, mentor doc. dr. Alojzij Juvanc, somentor viš. pred. mag. Robert Rijavec

Luka Dončič, Faktorji prilagoditve tržne vrednosti stanovanj v Mestni občini Koper, mentorica izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač

Aleš Miketič, Samozgoščevalni betoni z agregatom iz ekspanzirane gline, mentorica izr. prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Živa Semolič, Analiza in projektiranje armiranobetonske nosilne konstrukcije poslovne stavbe v Ljubljani, mentor doc. dr. Sebastijan Bratina

Florijan Rot, Stopnje izpostavljenosti kot izhodišče za določitev karakteristik betona AB konstrukcijskih elementov, mentorica izr. prof. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov, somentor Zvonko Cofič

Primož Korbar, Analiza in uporabnost črne jeklarne žilindre v bituminiziranih zmesih, mentor prof. dr. Janez Žmavc, somentor mag. Dejan Hribar

Jure Mlakar, Idejna študija odvajanja in čiščenja odpadnih voda v občini Cerkno, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan, somentor asist. dr. Mario Krzyk

Vesna Gros, Hidrološko hidravlična analiza Ljubljanskega barja, mentor prof. dr. Matjaž Mikoš, somentor viš. pred. mag. Rok Fazarinc

Andreja Bernjak, Možnosti uporabe blata iz Centralne čistilne naprave Murska Sobota, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan, somentor asist. dr. Mario Krzyk

Katarina Prislan Kodelja, Analiza osončenosti stavbe v tipičnem vzorcu pozidave in njen zapis s parametrično enačbo, mentor doc. dr. Mitja Košir, somentorica doc. dr. Živa Kristl

Benjamin Resnik, Vzpostavitev interaktivnega izobraževalnega portala za potresno inženirstvo, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentor prof. dr. Matej Fischinger

Teja Török, Metoda za načrtovanje trajnostne stavbe, mentorica doc. dr. Živa Kristl, somentorica asist. dr. Mateja Dovjak

Žiga Šebenik, Testiranje uporabnosti programskega vmesnika SAP2000, mentor izr. prof. dr. Matjaž Dolšek, somentor doc. dr. Matevž Dolenc

Rok Starc, Uporaba metode globinskega mešanja v Luki Koper, mentor izr. prof. dr. Janko Logar

Aljaž Grajš, Sanacija jazu na mestni Ljubljani pri Ambroževem trgu, mentor doc. dr. Andrej Kryžanowski

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

Anita Voh, Idejna zasnova odvajanja in čiščenja odpadnih voda za območje Ponikvske planote, mentor izr. prof. dr. Jože Panjan, somentor asist. dr. Mario Krzyk

Anja Dokl, Priprava pitne vode iz površinske z uporabo ultrafiltracije in reverzne osmoze, mentor prof. dr. Boris Kompare, somentor dr. Sani Bašič

Anja Majcen, Analiza hidroloških metod za ocenjevanje ekološko sprejemljivega pretoka, mentor prof. dr. Matjaž Mikoš, somentorica asist. dr. Nataša Smolar Žvanut

Urban Čepon, Analiza delovanja čistilnih naprav za odpadne vode pri planinskih kočah, mentor prof. dr. Boris Kompare, somentorica doc. dr. Tjaša Griessler Bulc

MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Anton Štampfl, Ocena stanja in potresne ogroženosti sakralnih stavb na Slovenskem, mentor izr. prof. dr. Vlatko Bosiljkov

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Aleš Haužar, Analiza predvidenega vodovodnega sistema za SZ območje Prekmurja, mentor viš. pred. Matjaž Nekrep Perc, somentorica doc. dr. Janja Kramer Stajniko

Andraž Najzar, Ponovna uporaba odpadnih snovi za prihranek surovine in energije na primeru koroške regije, mentorica red. prof. dr. Renata Jecl, somentor viš. pred. Matjaž Nekrep Perc

Anemari Kranjc, Jekleni trietažni poslovni stolpič 20x24x12 m, mentor red. prof. dr. Stojan Kravanja, somentor doc. dr. Tomaž Žula

Branko Vasiljevič, Izvedba pasivne lesene montažne hiše, mentor izr. prof. dr. Andrej Štrukelj, somentor doc. dr. Samo Lubej

Iztok Videmšek, Jekleni trinadstropni trgovski objekt 20x30x12 m, mentor red. prof. dr. Stojan Kravanja, somentor doc. dr. Tomaž Žula

MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Goran Jovanović, Napoved ravni prometne varnosti cestnih infrastrukturnih elementov na podlagi simulacijskih metod – Primer AC priključkov, mentor red. prof. dr. Tomaž Tollazzi, somentor izr. prof. dr. Matjaž Šraml

1. STOPNJA, UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Študij je zaključil z diplomskim izpitom: **Leskovšek Gregor**

3. STOPNJA, DOKTORSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Primož Jelušič, Modeli mehke logike in nevronske mreže za analizo geotehničnih konstrukcij, mentor izr. prof. dr. Bojan Žlender, somentor red. prof. dr. Stojan Kravanja

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO – EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

INTERDISCIPLINARNI UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA – SMER GRADBENIŠTVO

Tea Omulec, Primerjava med gravitacijsko in vakuumsko izvedbo kanalizacije za naselje Cirkovce, mentorica red. prof. dr. Renata Jecl – FG, doc. dr. Andreja Lutar Skerbinjek – EPF

INTERDISCIPLINARNI UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA – SMER GRADBENIŠTVO – Bolonjski študijski program 2. stopnje

Maša Šket, Načini ogrevanja za doseganje zmanjšanja delcev PM10 na primeru Mestne občine Maribor, mentorica doc. dr. Branka Trček, somentor mag. Benjamin Lukan

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

KOLEDAR PRIREDITEV

28.-30.1.2014

International Sustainable Built Environment Conference

Doha, Katar
www.isbe-conference.com

10.-14.2.2014

4th International FIB Congress

Mumbai, Indija
www.fibcongress2014mumbai.com

17.-21.2.2014

GNP 2014

5th International Conference

"Civil Engineering - science and practice"

Žabljak, Črna gora
www.gnp.ac.me

27.3.2014

3. Trienalni znanstveni posvet

Naravne nesreče v Sloveniji

Ig, Slovenija
<http://giam.zrc-sazu.si/?q=sl/nns>

3.-5.4.2014

Structures Congress 2014

Boston, Massachusetts, ZDA
<http://content.asce.org/conferences/structures2014/index.html>

27.4.- 2.5.2014

EGU General Assembly

Dunaj, Avstrija
www.egu2014.eu

2.-6.6.2014

3rd World Landslide Forum "Landslide risk mitigation:

Constructing a safe geo-environment"

Peking, Kitajska
www.wlf3.org

5.-6.6.2014

Prvi srpski kongres o putevima

Beograd, Srbija
www.kongresoputevima.rs

23.-27.6.2014

10th International Symposium on Ecohydraulics

Trondheim, Norveška
<http://www.ntnu.edu/ecohydraulics2014>

30.6.-2.7.2014

EURODYN 2014

9th International Conference on Structural Dynamics

Porto, Portugalska
<http://paginas.fe.up.pt/~eurodyn2014/>

16.-18.7.2014

Footbridge 2014: Past, Present & Future

London, Anglija
www.footbridge2014.com

24.-29.8.2014

2ECEES

2nd European Conference on Earthquake Engineering and Seismology

Istanbul, Turčija
www.2ceeesistanbul.org

3.-5.9.2014

37th IABSE Symposium Madrid 2014

Madrid, Španija
www.iabse.org/Images/Conferences/Madrid/symposium_iabse2014.pdf

15.-19.9.2014

IAEG XII Congress Engineering Geology for Society and Territory

Torino, Italija
www.iaeg2014.com

12.-17.4.2015

7th World Water Forum

Daegu-Gyeongbuk, Republika Koreja
<http://worldwaterforum7.org/en>

25.-29.5.2015

XVth IWRA World Water Congress

Edinburgh, Škotska
www.worldwatercongress.com

22.6.-2.7.2015

XXVIth IUGG General Assembly

Praga, Češka
www.iugg.org/programmes/grants2015.php

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