

GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE
DRUŠTEV
GRADBENIH INŽENIRJEV
IN TEHNIKOV SLOVENIJE
IN MATIČNE SEKCIJE
GRADBENIH INŽENIRJEV
PRI INŽENIRSKI ZBORNICI
SLOVENIJE

Poštšina plačana pri
pošti 1102 LJUBLJANA

MAJ
2003



Glavni in odgovorni urednik:
Prof.dr. Janez **DUHOVNIK**

Lektorica:
Alenka **RAIČ - BLAŽIČ**

Lektorica angleških povzetkov:
Darja **OKORN**

Tehnični urednik:
Danijel **TUDJINA**

Uredniški odbor:
Mag. Gojmir **ČERNE**
Gorazd **HUMAR**
Doc.dr. Ivan **JECELJ**
Jan Kristjan **JUTERŠEK**
Andrej **KOMEL**
Janja **PEROVIC-MAROLT**
Marjan **PIPENBAHER**
Mag. Črtomir **REMEC**
Prof.dr. Franci **STEINMAN**
Prof.dr. Miha **TOMAŽEVIČ**
Doc.dr. Branko **ZADNIK**

Tisk:
TISKARNA LJUBLJANA d.d.

Naklada: 2750 izvodov

Revijo izdajata ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE, Ljubljana, Karlovška 3, telefon/faks: 01 422-46-22 in MATIČNA SEKCIJA GRADBENIH INŽENIRJEV pri INŽENIRSKI ZBORNICI SLOVENIJE ob finančni pomoči Ministrstva RS za šolstvo, znanost in šport, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ter Zavoda za gradbeništvo Slovenije.

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

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

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 5500 SIT; za študente in upokoјence 2200 SIT; za gospodarske naročnike (podjetja, družbe, ustanove, obrtnike) 40.687,50 SIT za 1 izvod revije; za naročnike v tujini 100 USD. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun se nahaja pri NLB, d.d. Ljubljana, številka:

0 2 0 1 7 - 0 0 1 5 3 9 8 9 5 5

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. Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.
4. Besedilo mora biti izpisano z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo imeti naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo prispevka.
6. Besedilo člankov mora obvezno imeti: naslov članka (velike črke); imena in priimke avtorjev; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY, naslov članka v angleščini (velike črke) in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ..., naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so dodatki označeni še z A, B, C, itn.
7. Poglavja in razdelki so lahko oštevilčeni.
8. Slike, preglednice in fotografije morajo biti vključene v besedilo prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino. Slike in fotografije, ki niso v elektronski obliki, morajo biti priložene prispevku v originalu.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki [priimek prvega avtorja, leto objave]. V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c, itn.
11. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela opisana z naslednjimi podatki: priimek, ime avtorja, priimki in imena drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
12. 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.
13. Pod črto na prvi strani, pri prispevkih, krajših od ene strani pa na koncu prispevka, morajo biti navedeni obsežnejši podatki o avtorjih: znanstveni naziv, ime in priimek, strokovni naziv, podjetje ali zavod, navadni in elektronski naslov.
14. Prispevke je treba poslati glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku na naslov: FGJ, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA oz. janez.duhovnik@fgj.uni-lj.si. V spremnem dopisu mora avtor članka napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren. Prispevke je treba poslati v enem izvodu na papirju in v elektronski obliki v formatu MS WORD.

Uredniški odbor

GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE IN MATIČNE SEKCIJE GRADBENIH INŽENIRJEV PRI INŽENIRSKI ZBORNICI SLOVENIJE
UDK-UDC 05:625; ISSN 0017-2774
LJUBLJANA, MAJ 2003
LETNIK LII STR. 98 - 124

VSEBINA - CONTENTS

Članki, študije, razprave
Articles, studies, proceedings

Stran 98

V. Markelj, Z. Šavor, G. Humar

PROJEKT IN GRADNJA MOSTU DOBRA NA AVTOCESTI REKA - ZAGREB

DESIGN AND CONSTRUCTION OF DOBRA BRIDGE ON RIJEKA - ZAGREB HIGHWAY



Stran 107

I. Janežič, B. Dolinšek, J. Kos

POPOTRESNA OBNOVA POSOČJA: TEHNIČNI POSTOPEK IN EKONOMSKI VIDIK PRENOVE STANOVANJSKIH OBJEKTOV

POST-EARTHQUAKE RENEWAL IN THE SOČA VALLEY REGION: TECHNICAL AP- PROACH AND ECONOMIC POINT OF VIEW



Stran 114

M. Rismal

ALTERNATIVNA METODA ZA DIMENZIONIRANJE BIOLOŠKIH REAKTORJEV ZA NITRIFIKACIJO - DENITRIFIKACIJO IN SIMULTANO AEROBNO STABILIZACIJO BLATA

ALTERNATIVE METHOD FOR THE DESIGN OF THE AEROTATION TANK FOR THE NITRIFICATION - DENITRIFICATION AND SIMULTANEOUS STABILISATION OF SLUDGE

Stran 121

J. K. Juteršek

KOLEDAR PRIREDITEV

Stran 122

J. K. Juteršek

NOVI DIPLOMANTI S PODROČJA GRADBENIŠTVA

PROJEKT IN GRADNJA MOSTU DOBRA NA AVTOCESTI REKA - ZAGREB

DESIGN AND CONSTRUCTION OF DOBRA BRIDGE ON RIJEKA - ZAGREB HIGHWAY

STROKOVNI ČLANEK

UDK 624.21 : 625.745.1

VIKTOR MARKELJ, ZLATKO ŠAVOR, GORAZD HUMAR

P O V Z E T E K V prispevku je prikazana zasnova in tehnična rešitev mostu na avtocesti Reka - Zagreb v Gorskem Kotarju na Hrvaškem, ki prečka skoraj 70 m globoko dolino reke Dobra. Glavni projekt za most je izdelal HIMK - Hrvatski institut za mostove i konstrukcije, most pa gradi gradbeno podjetje Primorje d.d. iz Ajdovščine v sodelovanju z hrvaškima podjetjema Cesta Varaždin in Tehnobeton Čakovec po izvedbenem projektu Inženirskega biroja Ponting d.o.o. iz Maribora. Objekt je sestavljen iz dveh mostov, s skupno dolžino 247 in 238 m ter enako širino 13.5 m. Gradnja poteka s segmentno tehnologijo postopnega narivanja. Posebnost mostu so zelo visoki stebri preko 62 m višine ter veliki razponi za to tehnologijo, ki znašajo do 51 m v dolžino. Konstrukcija prvega objekta je bila končana novembra 2002, otvoritev mostu pa je predvidena do turistične sezone 2003.

S U M M A R Y The paper presents the conceptual design and technical solution of the bridge Dobra on the Rijeka - Zagreb highway near Vrbovsko at Gorski Kotor in Croatia. The bridge is crossing almost 70 m deep valley of river Dobra. The tender project was designed by HIMK - Croatian Institute for Bridges and Structures from Zagreb. The building Contractor is Joint venture: Primorje d.d. Ajdovščina (SLO), Cesta Varaždin (CRO), and Tehnobeton Čakovec (CRO), the final executive design project is made by Ponting d.o.o. Maribor (SLO). The bridge consisting of two separated structures with total length of 247 m and 238 m and the same width of 13.5 m. The superstructures are made by incremental launching method. The main characteristics of the bridge are very high piers of 62 m and for this building technology very long spans of 51 m in length. The super structure of the first bridge was finished in November 2002, the opening of the bridge is foreseen before the tourist season 2003.

Avtorji:

Viktor MARKELJ, univ. dipl. inž. grad., PONTING inženirski biro d.o.o., Maribor, Strossmayerjeva 28
mr. sc. Zlatko ŠAVOR, dipl. inž. grad., Građevinski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Kačićeva 2,
Gorazd HUMAR, univ. dipl. inž. grad., PRIMORJE d.d., Ajdovščina, Vipavska cesta 3

UVOD

Investitor Autocesta Rijeka - Zagreb d.d. pospešeno gradi manjkajoči del avtoceste med Karlovcem in Reko na

območju Gorskoga Kotarja. Na odseku Kupjak - Vrbovsko avtocesta prečka dolino reke Dobre, ki teče po skoraj 70 m globokem in 200 m širokem kanjonu z zelo strmimi stenami.

V dolini se ob reki nahaja tudi pomembna železniška proga Reka - Zagreb.

Na mednarodnem razpisu je najugodnejšo ponudbo podal mednarodni

PODATKI O UDELEŽENCIH PRI GRADITVI MOSTU DOBRA

Investitor:	Autocesta Rijeka - Zagreb d.d.
Glavni projekt:	HIMK Hrvatski institut za mostove i konstrukcije, Zagreb projektanta Veljko Prpić, dipl. inž. građ in mr. sc. Zlatko Šavor, dipl. Inž. građ
Izvedbeni projekt:	PONTING inženirski biro d.o.o., Maribor odg. projektant Viktor Markelj, univ. dipl. inž. građ.
Revizija:	Vladimir Rimac, dipl. Inž. građ, IPZ Zagreb
Izvajalec del:	Joint venture: Primorje d.d. Ajdovščina, Cesta Varaždin d.d. in Tehnobeton d.o.o. Čakovec
Nadzor:	IGH Zagreb, mr. sc. Ivica Grginić, dipl. Inž. građ
Čas gradnje:	november 2001 – junij 2003

Joint Venture, sestavljen iz hrvaških podjetij Ceste Varaždin in Tehnobeton Čakovec ter slovenskega podjetja Primorje d.d. iz Ajdovščine. Za najzahtevnejši tehnološki del izgradnje je zadolženo Primorje d.d., ki je prevzelo tudi izdelavo izvedbenega projekta s svojim podizvajalcem Inženirskim birojem Ponting d.o.o. iz Maribora.

RAZPIS IN GLAVNI PROJEKT

Dela so se ponujala na osnovi tako imenovanega glavnega projekta za most, ki ga je izdelal HIMK – Hrvatski institut za mostove. Projekt je predvidel izgradnjo dveh skoraj enakih mostov, ki sta tlorisno razmaknjena, zaradi bližnjega predora na eni strani. Prekladna kontinuirna konstrukcija je bila po glavnem projektu zasnovana za tehnologijo postopnega narivanja z naslednjimi razponi:

Levi objekt:
 $42.6 + 50 + 50 + 40 + 30 = 212.6 \text{ m}$
 Desni objekt:
 $42.6 + 51 + 51 + 40 + 30 = 214.6 \text{ m}$

Prečni prerez mostne konstrukcije je bila betonska škatla višine 4.00 m, prednapeta v vzdolžni in prečni smeri. Dodatno so bili za fazo uporabe predvideni ploščati zunanji kabli sistema Vorspan Technik. Prečni prerez prek-

lade je bil oblikovan skladno s tehnološko opremo za narivanje, ki je na razpolago na Hrvaškem in je že bila uporabljena pri gradnji mosta Bajer.

Stebri višine 30 do 61 m so bili predvideni kot škatlasti prerez s prečno dimenzijo 6.6 m, ki je konstantna po vsej višini stebra. Vzdolžna dimenzija je imela spremenljivo vrednost in se je od najmanjše vrednosti 3.00 m na vrhu stebra povečevala v naklonu 100:1 proti dnu stebra. Debelina stene nizkih stebrov je bila konstantna 30 cm, visokih pa spremenljiva, in sicer v spodnjem 40 cm, v zgornjem delu stebra pa 30 cm. Temeljenje vseh podpor je bilo predvideno plitvo, na točkovnih temeljih v čvrsti skali.

Zaradi nedostopnosti brežin kanjona so bile izdelane geomehanske preiskave le na vrhu kanjona ter na dnu, kjer so geološko vrstno opremo transportirali s pomočjo železnice. Zato je razpis predvidel tudi obveznost izvajalca, da izdela dodatne geomehanske preiskave v brežinah kanjona.

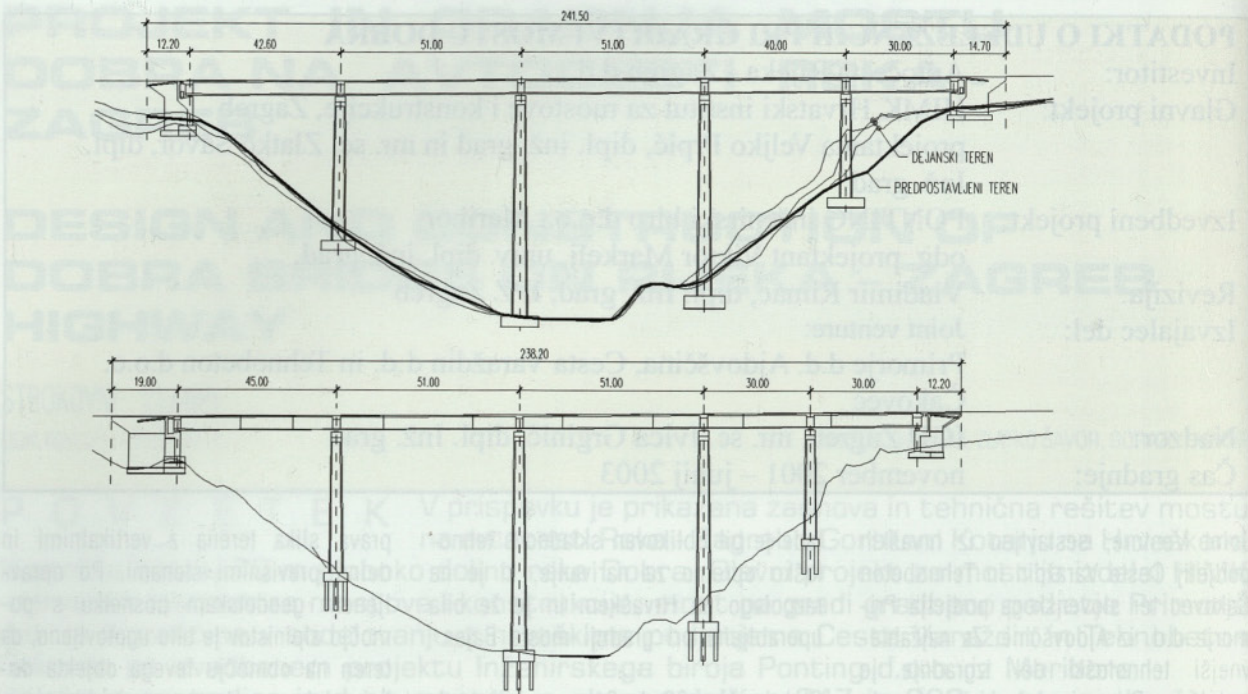
IZVEDBENI PROJEKT

V oktobru 2001 je izvajalec začel s pripravljalnimi deli – čiščenjem terena in posekom dreves na brežinah kanjona. Šele takrat se je pokazala

prava slika terena z vertikalnimi in delno previsnimi stenami. Po opravljenem geodetskem posnetku s pomočjo alpinistov je bilo ugotovljeno, da teren na območju levega objekta dokaj dobro ustreza predvidevanjem, medtem ko se na območju desnega objekta precej razlikuje od predvidenega stanja v glavnem projektu. Posebej kritičen se je pokazal breg v smeri Zagreba, kjer je posneti teren odstopal višinsko tudi do 17 m. Za izdelavo po razpisnem projektu bi bili potrebni izjemno veliki izkopi v skali, kar zaradi stalnega železniškega prometa v vznožju strme brežine ni bilo varno izvedljivo.

Zato je izvajalec ponudil variantno rešitev s povečanimi razponi 54 m preko strme brežine in podporo na vrhu kanjona. Predlagana je bila tudi sprememba temeljenja iz plitvih temeljev na vodnjake, s čimer bi bili posegi tudi v ostale strme bregove manjši. Predlagana rešitev je imela prekladno konstrukcijo daljšo od razpisane za približno 20 m, ocena stroškov pa je bila približno 10 odstotkov večja od osnovne. Investitor je tako rešitev odklonil ter se na desnem objektu odločil za postavitve stebra pod previs, na levem, kjer zemljišče ni odstopalo od predvidevanj, pa za ohranitev razpisanih razponov.

Usklajenost razponov in podpor levega in desnega mostu kot estetska ka-



Slika 1: Zgoraj: desni objekt v glavnem projektu s terenom iz glavnega projekta ter dejanskim terenom
Spodaj: desni steber desnega objekta se je v izvedbenem projektu premaknil pod prepadno steno

rakteristika mostu, v tem nedostopnem kanjonu seveda ni mogla konkurirati kriterijema uporabnosti in gospodarnosti. Tako so bili za izvedbo potrjeni naslednji razponi:

Levi objekt:
 $45 + 50 + 50 + 40 + 30 = 215 \text{ m}$
Desni objekt:
 $45 + 51 + 51 + 30 + 30 = 205 \text{ m}$

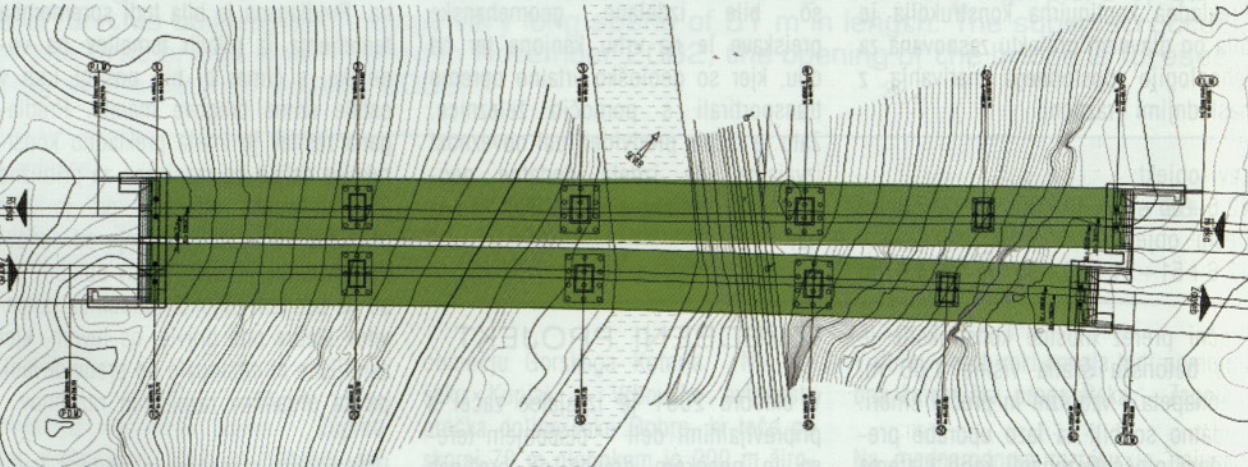
Statično neusklajenost velikega 51 m

dolgega in malega 30 m dolgega razpona smo v prekladni konstrukciji reševali z večjo porabo kablov za prednapenjanje, v podporni konstrukciji pa s posebnimi elastičnimi ležišči.

OPIS KONSTRUKCIJE

Podana geometrija ceste na mostu je imela naslednje karakteristike:

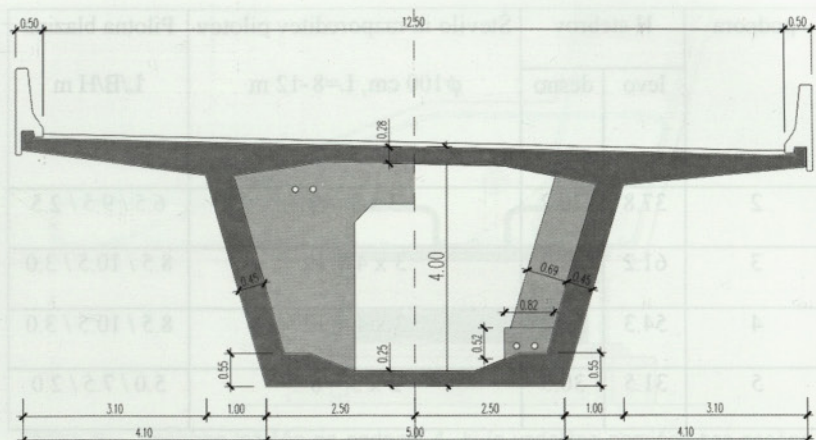
	Vodoravni polmer	Navpični polmer	Vzdolžni naklon
Levi most	$R_H=6745 \text{ m}$	$R_V=23.245 \text{ m}$	0.27-1.20%
Desni most	$R_H=4200 \text{ m}$	$R_V=23.108 \text{ m}$	0.27-1.17%



Slika 2: Tloris mostu in kanjona reke Dobre z železniško progo

Navpična krivina je vbočena, vendar so spremenljivi vzdolžni nakloni vsi enosmerni (dno vbočitve ni na mostu). Prečni naklon na mostu je konstanten in znaša 2.5 %.

Karakteristični profil ceste ima tri prometne pasove po 3.50 m, kar skupaj z robnimi pasovi daje 12.5 m široko cestišče. Le-to je ograjeno z 1.10 m visoko betonsko varnostno ograjo (tipa New Jersey), tako da znaša celotna širina mostu 13.5 m.



PREKLADNA KONSTRUKCIJA

Prekladna konstrukcija je kontinuirna prednapeta betonska greda konstantnega škatlastega prereza višine 4.00 m. Voziščna plošča je široka 13.2 m. Na obeh straneh sta konzoli spremenljive debeline od 22 do 55 cm, dolgi 3.1 m. Spodnja plošča je široka 5.00 m ter debela 25 cm v sredini in 55 cm ob stojinah. Stojini škatle sta poševni zaradi optimiranja razponov voziščne plošče in konstantne debeline 45 cm. Vsi notranji kabli so vgrajeni samo v zgornjo in spodnjo ploščo, v območja največje debeline 55 cm, v stojinah kablov ni. Škatlasti nosilec ima nad stebri naknadno izdelane prečnike debeline 2.00 m, v sredini razpona pa deviatorje za zunanje kable. Deviatorji so sestavljeni iz dveh delov, iz odklonskega bloka dimenzij 1.20 x 0.82 x 0.52 m, ki je izdelan istočasno s prvo fazo betoniranja škatle, in dodatne oporne stene debeline 40 cm, ki je izdelana naknadno, vzporedno z nagnjeno stojino.

Predpisani materiali za preklado so beton trdnosti MB 45, armatura kvalitete BSt 500S ter kabli kvalitete 1770 MPa. Uporabljeni sistem prednapenjanja je Freyssinet, zunanji kabli pa so sestavljeni iz monokablov, zaščiteni z mastmi in v dvojni trdi plastiki. Največji uporabljeni kabli so 19x0.62" s silo napenjanja 3530 kN.

Slika 3: Prečni prerez prekladne konstrukcije v izvedbenem projektu

Glede na projekt za razpis je bila ohranjenost višina konstrukcije, oblika škatle pa je bila prilagojena tehnologiji izvajalca kakor tudi optimiranju obremenitev v voziščni plošči. Bolj nagnjene stojine so zmanjšale dolžino konzol, kar je omogočilo ukinitve prečnih kablov v voziščni plošči. Debelejša spodnja plošča ima sicer večjo porabo materiala, vendar omogoča enostavnejše delo s konstantno debelino brez vut nad stebri. Drugače so izvedeni tudi deviatorji v polju, pa tudi faze betoniranja so drugačne.

PODPORNA KONSTRUKCIJA

Vsak objekt ima po štiri vmesne stebre in po dva opornika.

Projekt za razpis je predvideval stebre v obliki votle pravokotne škatle, ki je za tako visoke stebre najbolj gospodarna. Zato smo jo privzeli tudi v izvedbenem projektu in jo le malo spremenili. Konstantna prečna dimenzija stebrov se je zmanjšala iz 6.6 m na 6.0 m, naklon prečnih sten pa se je povečal iz 1:100 na 1:80, s čimer se je povečala vzdolžna dimenzija stebrov na mestu vpetja v temelj. Najvišji stebel višine 61.2 m ima tako na vrhu zunanje mere 2.80 x 6.00 m, pri dnu pa 4.33 x 6.00

m. Ohranjene so bile predvidene debeline sten 30 cm v zgornjem in 40 cm v spodnjem delu. Predvidena kvaliteta betona je MB 40, armature pa BSt 500 S z zahtevano visoko duktilnostjo (razred B – z deformacijo pri pretrganju >5%).

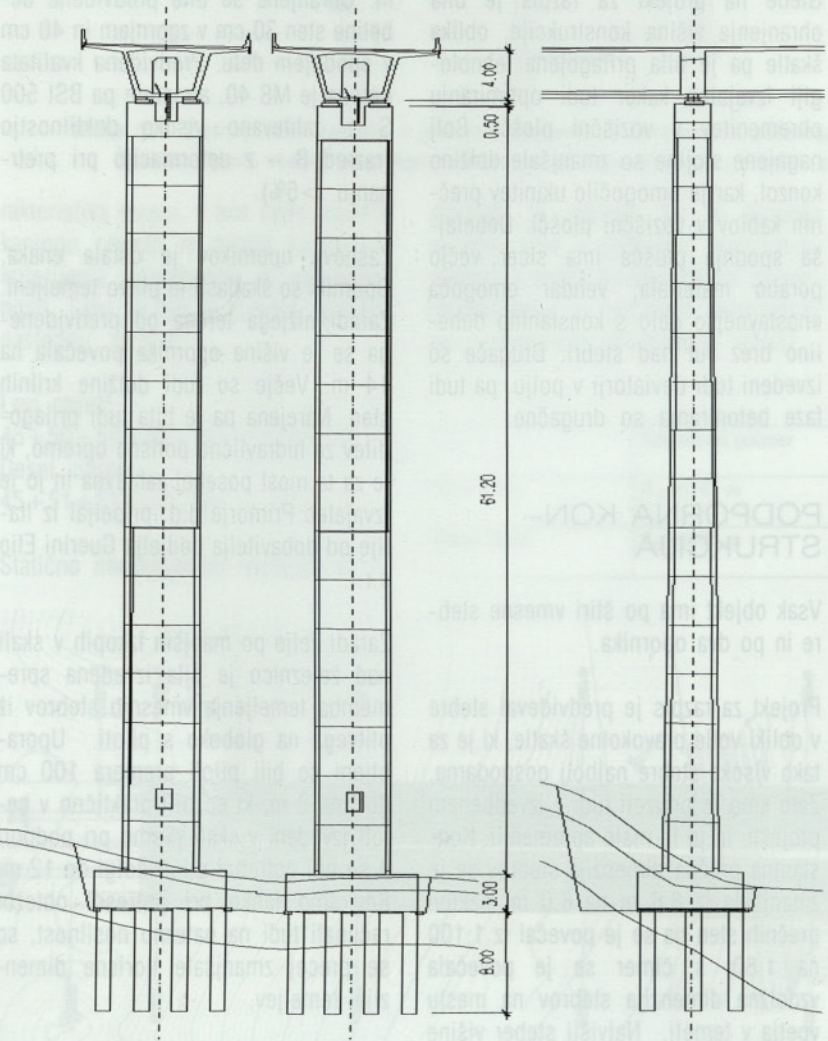
Zasnova opornikov je ostala enaka. Oporniki so škatlasti in plitvo temeljeni. Zaradi nižjega terena od predvidenega se je višina opornika povečala na 14 m. Večje so tudi dolžine krilnih sten. Narejena pa je bila tudi prilagoditev za hidravlično potisno opremo, ki je za ta most posebej zahtevna in jo je izvajalec Primorje d.d. pripeljal iz Italije od dobavitelja podjetja Guerini Elia s.r.l..

Zaradi želje po manjših izkopih v skali nad železnico je bila izvedena sprememba temeljenja vmesnih stebrov iz plitvega na globoko s piloti. Uporabljeni so bili piloti premera 100 cm dolžine 8 m, ki so bili praktično v celoti izvedeni v skali. Samo pri podpori 4 so bili potrebni piloti dolgi do 12 m. Ker smo lahko pri potresni obtežbi računali tudi na natezno nosilnost, so se precej zmanjšale tlorisne dimenzije temeljev.

IGH (Institut građevinarstva Hrvatske) iz Zagreba nam je podal naslednje

podpora	H stebrov		Število in razporeditev pilotov $\phi 100\text{ cm, }L=8-12\text{ m}$	Pilotna blazina $L/B/H\text{ m}$
	levo	desno		
2	37.8	39.2	$3 \times 3 = 9$	6.5 / 9.5 / 2.5
3	61.2	61.2	$3 \times 4 = 12$	8.5 / 10.5 / 3.0
4	54.3	53.4	$3 \times 4 = 12$	8.5 / 10.5 / 3.0
5	31.5	30.5	$2 \times 3 = 6$	5.0 / 7.5 / 2.0

Preglednica 1: višine stebrov, razporeditve in število pilotov in dimenzij pilotnih blazin



Slika 4: Podpora v osi 3

nosilnosti predvidenih pilotov:

Obtežba v fazi uporabe:
 $Q_{\text{tlak}} = -6517\text{ kN,}$
 $Q_{\text{vlek}} = 1580\text{ kN}$

Obtežba pri potresu:
 $Q_{\text{tlak}} = -11623\text{ kN,}$
 $Q_{\text{vlek}} = 4489\text{ kN}$

NEKATERE POSEBNOSTI OBJEKTA

POTRESNA OBTEŽBA

Naročnik je podal potresno obtežbo v velikosti 19.5 % zemeljskega pospeška, kar je imelo vpliv tako na zasnovo objekta kot tudi na dimenzioniranje posameznih elementov, od preklade, stebrov in temeljenja in ne nazadnje na velikost ležišč in dilatacij. Potresna analiza in protipotresno konstruiranje je narejeno skladno z Eurocode EC 8-2, vsi ostali računski dokazi pa so skladni z nemškimi predpisi.

LEŽIŠČA IN DILATACIJE

Statično neusklajeno sosledje razponov (50 m - 30 m), ki je bilo diktirano zaradi oblike terena, je povzročalo veliko problemov, predvsem pri obtežbi vetra in potresa prečno na most. Rešitev smo poiskali v posebnih ležiščih, ki so elastična v prečni smeri ter drsna v vzdolžni smeri. Potrebno elastičnost ležišča smo določili iz potreb celotnega sistema. S tem smo zmanjšali veliko razliko med togostjo visokega in nizkega stebra ter uravnotežili sile po razponih in stebrih. Vsa druga ležišča so prečno nepomična in vzdolžno pomična, razen na glavnih dveh stebrih, kjer so nepomična v vseh smereh.

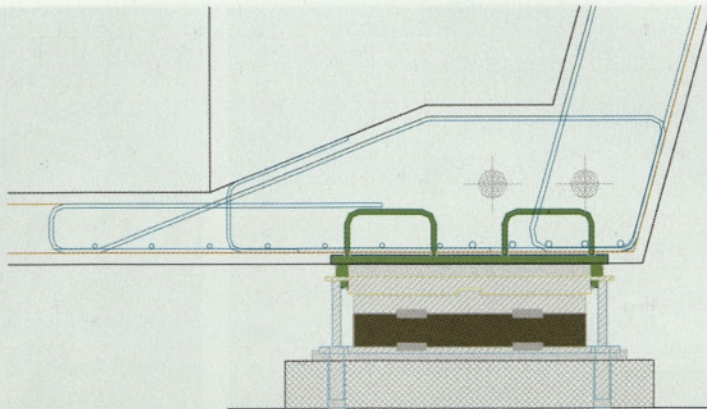
GRADNJA STEBROV

Zaradi opisanih zamud pri začetku

gradnje, je bilo potrebno stebre graditi izredno hitro. Časovno kritična je bila predvsem vezava armature in prestavljanje opažev.

Pri vezanju armature smo uporabili sistem delnih armaturnih košev, ki smo ga uspešno povzeli po gradnji švicarskega viadukta Mentue. Po šest oz. osem palic smo povezali v koše, ki segajo skozi dva segmenta betoniranja (segment je dolžine 3,90 m). Stremena na koših služijo kot montažna armatura in hkrati preprečujejo izbočitev tlačnih vertikalnih armaturnih palic. V prerezu smo podaljševali največ 50 odstotkov košev na enem mestu. Na vogalih pa smo namesto preklapov armature za podaljševanje uporabili navojne palice Betomax $\phi 25\text{mm}$, in sicer po 4 palice na vogal. Postavljenim delnim košem smo dodali še horizontalna stremena za prenos strižne sile ter tako dobili kompletno armaturo za posamezni delovni takt.

Priprava dela izvajalca Primorje d.d. je pripravila sistem opažev s štirimi osnovami (podstavki) ter dvema opažema. Tako je bila mogoča vezava armature na dveh segmentih, tudi v času, ko se je v dveh opažih strjeval beton. Na tak način je izvajalec naredil po dva segmenta stebrov dolžine



Slika 5: Posebno ležišče na podpori 4, ki je vzdolžno pomično ter prečno elastično, je privarjeno na narinjeno prekladno konstrukcijo

3,90 m na dan, po enega na dveh sosednjih stebrih. Dobavitelj opažnega sistema je bilo podjetje DOKA.

GRADNJA PREKLADNE KONSTRUKCIJE

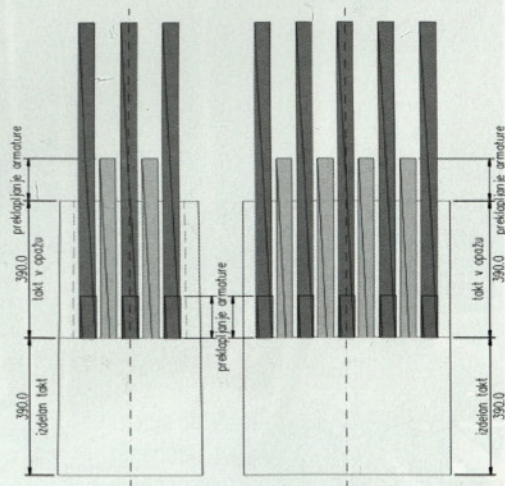
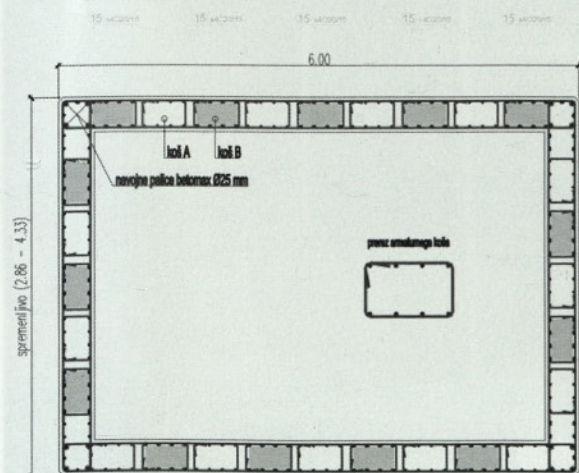
Pri gradnji z narivanjem se za gradnjo prekladne konstrukcije v Sloveniji navadno uporablja tunelski opaž. To pomeni dve fazi betoniranja. Najprej se zabetonira spodnja plošča, v drugi fazi pa stojini skupaj z voziščno ploščo. Deviatorji in prečniki so običajno betonirani kasneje.

Zaradi izredne višine škatle je obstajala možnost naknadnega sesedanja sve-

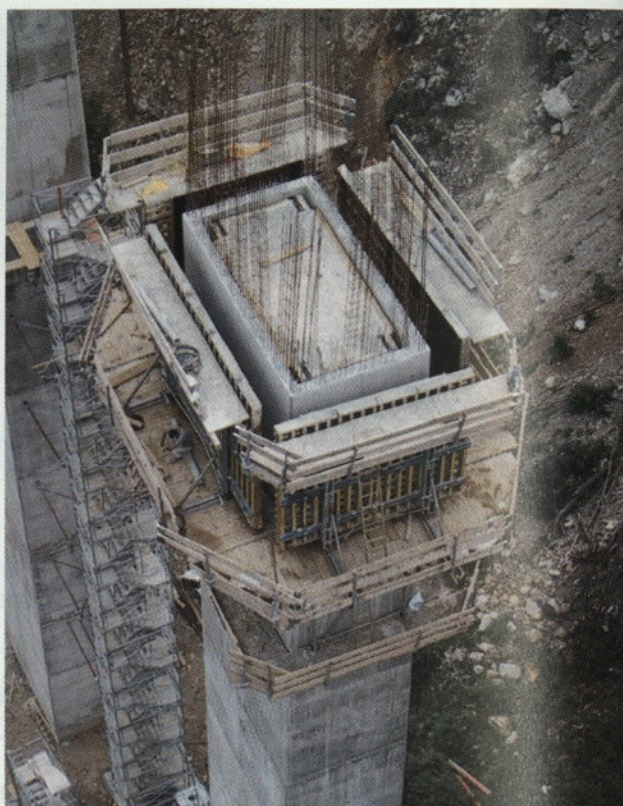
žega betona stojine med vezanjem. To bi lahko povzročilo razpoke na stiku stojine in voziščne plošče. Zato smo uporabili faze, ki so v zadnjem času večinoma uporabljajo tudi v Nemčiji. V prvi fazi se zabetonira spodnja plošča in stojini, v drugi fazi pa voziščna plošča. To omogoča tudi istočasno izdelavo deviatorskega bloka, kar je boljše kot naknadno betoniranje. Obe- nem so ločeni opaži stojin in plošče enostavnejši in cenejši od zahtevnega tunelskega opaža.

SKLEP

Sklepi prispevkov na naših strokovnih zborovanjih vedno nakazujejo pomen



Slika 6: Princip polaganja armature v stebrih z delnimi armaturnimi koši



Sliki 7a in 7b: Dnevnoje sta dva stebra napredovala za takt dolžine 3.9 m



Slika 8: Prva faza betoniranja škatle je spodnja plošča in stojini, druga pa voziščna plošča

I. JANEŽIČ, B. DOLINŠEK, J. KOS

V. MARKELJ, Z. ŠAVOR, G. HUMAR: Projekt in gradnja mostu Dobra na avtocesti Reka - Zagreb



Slika 9: Narivanje prve polovice objekta preko 62 m visokih stebrov



Slika 11: Videz vgrajenega posebnega ležišča s slike 5 pred končno antikorozijsko zaščito

Slika 10: Leva prekladna konstrukcija je bila uspešno končana novembra 2002

znanja in visoke tehnologije za konkurenčnost naših gradbenih podjetij v mednarodni konkurenci. Ti časi so dejansko tukaj. Na slovenskem avto-

cestnem programu nas čaka samo še nekaj odsekov, torej še nekaj intenzivnih gradbeniških let in slovenski avtocestni križ bo zaključen.

Sedaj je torej pravi čas za mednarodno sodelovanje. Opisano projektiranje in izgradnja mostu Dobra je odlična referenca za slovenska in hrvaška podjetja v izvajalskem združenju. Opisana zasnova ter uvedene inovacije pri projektiranju in gradnji bodo nedvomno povečale zanesljivost tega zahtev-

nega objekta na Hrvaškem, pozitivne izkušnje pa bodo uporabljene tudi na naslednjih objektih. Kakovost objekta ni samo zadovoljstvo investitorja, ampak tudi želja projektanta in izvajalca.

Gradnja mostu Dobra je doslej največji skupni projekt slovenskih in hrvaških projektantov in izvajalcev pri gradnji cest na Hrvaškem. Sinergijski učinek tega sodelovanja se je uspešno pokazal v hitrem napredovanju del ter kakovostnem dokončanju gradnje. K

uspešnem poteku del in tehničnim rešitvam so z izredno konstruktivnim pristopom pripomogli tudi inženirji investitorja in nadzora. Boljše sodelovanje med vsemi udeleženci graditve mostu, kot je potekalo na tem projektu, si je težko zamisliti. Tak način dela je samo ponoven dokaz, da lahko zelo zahtevne mostove uspešno gradi le dobro usklajena ekipa strokovnjakov z bogatimi izkušnjami in velikim tehničnim znanjem.



Slika 12: Videz končane konstrukcije obeh polovic mostu v marcu 2003

POPOTRESNA OBNOVA POSOČJA: TEHNIČNI POSTOPEK IN EKONOMSKI VIDIK PRENOVE STANOVANJSKIH OBJEKTOV

POST-EARTHQUAKE RENEWAL IN THE SOČA VALLEY REGION: TECHNICAL APPROACH AND ECONOMIC POINT OF VIEW

STROKOVNI ČLANEK

UDK 699.841.059.25

IGOR JANEŽIČ, BLAŽ DOLINŠEK, JOŽE KOS

P O V Z E T E K Podana je analiza stroškov potresne obnove klasičnih kamnitih zidanih zgradb, ki so bile poškodovane v potresu leta 1998 v Posočju. Večina poškodovanih objektov je starejših, zidanih, eno- do dvoetažnih konstrukcij, ki predstavljajo značilen primer tukajšnje arhitekture. Osnovna ideja obnove je bila, da se v čim večji meri ohranijo in popravijo obstoječi objekti in obnovijo vaška jedra, zato je imela obnova objektov prednost pred novogradnjami. Opisani so tudi glavni ukrepi za obnovo in utrditev objektov.

S U M M A R Y The paper contains an analysis of the costs involved in the repair and strengthening of the traditional stone-masonry buildings which were damaged in the western part of Slovenia, next to the River Soča, by the earthquake of 1998. Most of the damaged buildings consisted of older, stone-masonry buildings having one or two storeys, which are typical for the local architecture. The general post-earthquake renewal policy required that as many existing buildings as possible be repaired and strengthened so that villages as a whole retained their previous appearance, and that such works should have priority over the construction of new buildings. A description of the main techniques used for repair and strengthening works is given.

Avtorji:

Igor Janežič, univ. dipl. inž. grad., Gradbeni inštitut ZRMK, Dimičeva 12, Ljubljana, tehnični vodja DTP, ijanezic@gi-zrmk.si

dr. Blaž Dolinšek, univ. dipl. inž. grad., Gradbeni inštitut ZRMK, Dimičeva 12, Ljubljana, vodja nadzora DTP, blaz.dolinsek@gi-zrmk.si

Jože Kos, univ. dipl. inž. grad., Gradbeni inštitut ZRMK, Dimičeva 12, Ljubljana, namestnik tehničnega vodje DTP, jkos@gi-zrmk.si

UVOD

12. aprila 1998 je potres z magnitudo 5,5 in močjo VII. do VIII. stopnje po evropski makroseizmični lestvici prizadel zahodni del Slovenije – Posočje. Na srečo potres ni povzročil smrtnih

žrtev, je pa poškodoval približno 4000 objektov, med katerimi je približno 3000 stanovanjskih. Prednostno naj bi z državno pomočjo obnovili približno 1700 močnejše poškodovanih objektov. V času nastajanja članka se obnova bliža koncu, saj je saniranih že prek

1400 objektov, okoli 100 pa jih je trenutno v različnih fazah priprave in gradnje.

Večino poškodovanih objektov predstavljajo klasične kamnite zidane zgradbe, ki so bile zgrajene po prvi

svetovni vojni na pogoriščih frontne črte, ki je potekala na tem območju (soška fronta). Kakovost gradnje in uporabljenih materialov, predvsem malte, je razmeroma slaba. Kljub temu objekti predstavljajo lep primer tradicionalne zidarske obrti na Slovenskem, hkrati pa imajo tudi svojstven arhitekturni slog, ki ga je vredno ohraniti.

Zaradi ohranjanja te značilne arhitekturne krajine, vaških in mestnih jeder, je imela obnova objektov prednost pred novogradnjami. Pri tem pa se postavlja vprašanje, kolikšni so stroški obnove v primerjavi z novogradnjo. Zato bomo predstavili analizo stroškov obnove kamnitih zidanih objektov, ki smo jo izvedli na podlagi vzorca štirinajstih tipičnih obnovljenih objektov, ki predstavlja večino poškodovanih objektov na tem področju. Medtem ko so bili stroški novogradnje objektov natančneje predvidljivi že na začetku, je bila ocena stroškov obnove poškodovanih objektov le približna, saj se ponavlja med obnovo velikokrat pojavijo dodatne nepričakovane situacije, ki so predvsem posledica dotrajanosti objektov in jih v predhodnih postopkih brez podrobnejših preiskav ni bilo mogoče predvideti. Po petletni obnovi, ko smo obnovili že večino poškodovanih objektov, smo zato lahko izdelali natančnejšo analizo stroškov obnove za kamnite zidane objekte. V nadaljevanju bo opisan način popotresne obnove, konstrukcijske značilnosti obravnavanih objektov, najpogostejše poškodbe in uporabljeni postopki.

NAČIN OBNOVE

To področje Slovenije je potresno precej aktivno. V zadnjih 30 letih je bil to že drugi močnejši potres. Prejšnji močnejši potres se je zgodil leta 1976, z epicentrom v Furlaniji v Italiji. Tudi takrat je na tem področju nekaj objektov že utrpelo škodo, vendar v sklopu takratne obnove bistvenejših

ojačitvenih posegov, razen zamenjave nekaterih lesenih stropov z armiranobetonskimi ploščami, niso izvajali. Te plošče pa praviloma niso bile sicerane v nosilno zidovje, zato med sedanjim potresom niso zagotavljale ustrezne protipotresne zaščite. Tudi razpokani zidovi so se na večjem delu objektov sanirali le s popravilom ometov.

SedANJI potres je razkril in kaznoval vse napake in pomanjkljivosti, ki so se dogajale med gradnjo in prejšnjo obnovo. Potres so dobro prenesli armiranobetonski objekti, spodbudno pa je tudi to, da so potres brez znatnih poškodb prenesle moderne zidane zgradbe, ki so bile izvedene v skladu s slovenskimi protipotresnimi predpisi, in tudi starejše zidane zgradbe, ki so bile po prejšnjem potresu ustrezno obnovljene. Nasprotno smo lahko ugotovili, da je prišlo do poškodb na že obnovljenih objektih povsod tam, kjer so bili po prejšnjem potresu neutemeljeno opuščeni predvideni sanacijski ukrepi.

Zaradi teh napak pri prejšnji obnovi in zaradi dobrih rezultatov pravilno obnovljenih objektov je bila na državni ravni sprejeta odločitev, da se je treba tokrat resneje lotiti obnove. Pri obnovi zidanih objektov so bili uporabljeni v potresu že preizkušeni principi obnove in utrditve, ki bodo podrobneje predstavljeni v nadaljevanju.

Za ta namen je bila ustanovljena posebna služba Vlade Republike Slovenije, tako imenovana Državna tehnična pisarna (DTP), ki deluje neposredno na terenu. Nosilec projekta je Gradbeni inštitut ZRMK, ki je v Sloveniji med najbolj izkušenimi na področju popotresne obnove objektov, tako na področju projektiranja kot tudi na področju izvedbe. Gradbeni inštitut ZRMK je prevzel skrb za tehnični del delovanja pisarne, medtem ko je partner, podjetje Projekt, d. d. iz Nove Gorice, prevzel odgovornost za organiza-

cijsko plat delovanja. Fakulteta za arhitekturo je v prvem letu obnove prevzela skrb za arhitekturno-krajinski del stroke.

Na časovni potek popotresne obnove Posočja je poleg razpoložljivih proračunskih sredstev precej vplivalo tudi dejstvo, da se je država odločila za normalne zakonsko predpisane postopke v primerih pridobivanja upravnih dovoljenj ali reševanja lastninskih in drugih problemov, vezanih na popotresno obnovo objektov, ki so jih imeli upravičenci oz. lastniki poškodovanih objektov.

Pri organiziranosti DTP smo v veliki meri, predvsem pri sistematizaciji postopkov, poleg veljavne zakonodaje upoštevali tudi smernice novih evropskih predpisov za potresno varno gradnjo Eurocode 8.

Državna pomoč pri popotresni obnovi je omejena na statično obnovo objektov oz. do izvedbe t. i. S-projekta. S-projekt pomeni obnovljen in utrjen objekt s konstrukcijskega vidika, tako da bo sposoben prevzeti predvideno potresno obtežbo za to področje. V ta projekt je vključena tudi cena glavnih razvodov elektro in strojnih inštalacij, obnova ometov brez opleškov ter konstrukcij tlakov brez finalnih oblog.

Temeljni postopek obnove zidanih objektov je bil v osnovi enak kot leta 1976 po prvem potresu. Gre za povezovanje objekta na nivojih etaž, injektiranje zidov s cementno suspenzijo ter po potrebi še ojačenje temeljev ter obnovo streh in dimnikov. Cilj teh ukrepov je, da se objekti obnovijo in dodatno utrdijo, da bodo sposobni prenesti potrese do VIII. stopnje ($a = 0,2 \text{ g}$), kolikor se za to področje predvideva po slovenski seizmični karti s povratno periodo 500 let. Ugotovljeno je, da so zidani objekti, ki so bili pravilno obnovljeni s temi postopki, uspešno

kljubovali vsem naknadnim potresom. Leta 1976, takoj po prvem potresu v Furlaniji, sta bila v mestu Bardo v Italiji pod vodstvom ZRMK po tem postopku obnovljena dva objekta, ki sta bila drugače predvidena za rušenje. Po drugem potresu, ki se je zgodil čez tri mesece in je imel enako intenziteto kot prvi, sta oba objekta prestala brez poškodb.

OPIS OBJEKTOV IN NAJZNAČILNEJŠIH POTRESNIH POŠKODB

Večina poškodovanih objektov so zidane enonadstropne, nepodkletene kamnite zgradbe, stare približno 80 let [Janežič, 2000], (slika 1). Tlorisna razporeditev zidov je dokaj ugodna in enakomerna. Povprečna debelina zidov znaša približno 70 cm, površina zidov v vsaki smeri objekta pa znaša okrog 10 odstotkov celotne tlorisne površine. Z insitu preizkusi je bilo ugotovljeno [Tomažević, 1999], da znaša tlačna trdnost zidovja na tem področju približno 0,5 MPa, natezna trdnost pa 0,1 MPa.

Zidovi so izdelani iz lokalnega neobdelanega kamna. Zgrajeni so iz dveh zunanjih slojev, ki so iz večjih, delno oblikovanih kosov kamnitega materiala, vmesni prostor pa je zasut z

drobnim kamnitim materialom in nezvezno porazdeljeno apneno malto, katere trdnost po preiskavah le redko preseže vrednost 0,5 MPa.

Stropovi so večinoma leseni, v primerih, ko so dotrajali ali pa med obnovo po prejšnjem potresu, so jih zamenjali z novimi armiranobetonskimi ploščami. Plošče nalegajo na notranji sloj zidu v globino okoli 15 cm, z zunanjim slojem zidu pa niso povezane. Zato je med potresom prihajalo do različnega gibanja plošče in zidu, posledica pa je, da je v veliko primerih prišlo do izbitja in izbočenja zunanjega sloja zidov.

Precej poškodb na zidovih je nastalo tudi zaradi slabega temeljenja objektov in s tem povezanega diferenčnega posedanja tal [Ribičič, 1998]. Objekti namreč nimajo temeljev, zidovi so postavljeni neposredno na podlago, in to dokaj plitvo. Zaradi precejšnje deževnice po bočjih hribov proti rekam je v veliko primerih prišlo do izpiranja finih delcev iz podlage, posledica tega pa je nastanek votlih prostorov v temeljni zemljini in posedanje objektov, ki ga je potres zaradi dokaj velike vertikalne komponente še pospešil.

Poškodbe so nastajale tudi na strehah in dimnikih. Ostrejša starejših objek-

tov večinoma niso sidrana v zidove. Tipične bovške strehe imajo zelo strm naklon in so nezavetrovane. Prosta višina zidanih dimnikov znaša 5 - 7 m. Pri potresu se je tako celotna streha zamajala in s tem porušila dimnik in čelne zidove.

OPIS POSTOPKOV OBNOVE TIPIČNEGA KAMNITEGA STANOVANJSKEGA OBJEKTA

Glavni mehanizem za prevzem horizontalnih obremenitev zidanih konstrukcij je dovolj visoka strižna nosilnost zidov, ki je odvisna od materialno-tehničnih karakteristik zidov, še posebej od natezne trdnosti. S konstrukcijskimi ukrepi pa je treba zagotoviti, da se ta strižni mehanizem lahko med potresom vzpostavi in v čim večji meri izkoristi. Treba je zagotoviti, da ne pride do lokalnih porušitev in izgube stabilnosti objekta, še preden se izkoristi vsa strižna nosilnost. Najpomembnejši ukrepi, ki so preizkušeni tudi v praksi, so:

- medsebojno povezovanje zidov na nivojih medetažnih konstrukcij (sliki 2 in 3)

Zidove na višini etaž medsebojno toga povežemo s ploščo ali jeklenimi vezmi. S tem zagotovimo celovitost



Slika 1: Tipične potresne poškodbe na starejši bovški stanovanjski hiši.



Slika 2: Povezovanje zidov z jeklenimi vezmi in sistematično injektiranje kamnitih zidov.

obnašanja konstrukcije, horizontalna obtežba se na zidove razporedi v razmerju togosti, hkrati pa so zidovi zavarovani pred nihanjem v smeri pravokotno na svojo ravnino. V okviru obnove objektov sta se uporabljali predvsem dve varianti:

1. Dotrajani leseni stropovi so bili v celoti zamenjani z novo armiranobetonsko ploščo. Če plošče ni možno položiti prek celotne širine zidu, je treba posamezne plošče prek vmesnih zidov medsebojno povezati z armaturo. Obodni zidovi pa so z zunanje strani objeti z enostransko jekleno vezjo, dodatno pa so s prečnimi vezmi povezani s ploščo.
2. Lesen strop se je ohranil. V tem primeru se posamezni zidovi obojestransko vzdolžno povežejo z jekleno vezjo, vezi pa se prek širokih sidrskih plošč sidrajo na kra-



Slika 4: Izvajanje obojestranske zidne vezi – detajl vogala. Po končani obnovi so ti posegi nevidni, v celoti se ohrani arhitektura objekta.

jeh. Za ta namen se z obeh strani zidov na enaki višini izreže utor 4 x 5 cm, v katerega se položi jek-

lena vez, ki se potem sidra in napne prek matice na krajni strani zidu. Obe vezi se medsebojno po-



Slika 3: Detajl sistematičnega injektiranja zidov.



Slika 5: Ski hotel Vogel – med najhuje poškodovanimi objekti. Zaradi torzije so bili praktično porušeni kamniti nosilni zidovi kleti in pritličja na jezerski strani tlorisa.

vežeta na presledkih po dva metra, nato pa se utori z vzemi zamečejo s cementno malto.

- injektiranje zidov (sliki 1 in 2)

Zaradi značilne dvoslojne strukture zidu je v sredini zidu veliko praznin. Z injektiranjem takih zidov s cementno suspenzijo lahko precej izboljšamo materialno-tehnične lastnosti. Rezultati insitu preiskav na tem področju [Tomažević, 1999] kažejo, da se lahko natezna trdnost in strižni modul injektiranega zidovja povečata za 100 do 150 %. Praksa in preiskave so pokazale, da je najprimerneje izvajati sistematično injektiranje vseh nosilnih zidov po celotni višini, saj se je izkazalo, da je pasovno injektiranje le po vogalih težko izvedljivo, povzroča pa lahko tudi nehomogenosti v strukturi zidu. Injektiramo po končanem povezovanju objekta. Injekcijsko maso uvajamo v zid skozi cevke, ki se pritrdijo na predhodno izvrtane vrtine v enakomernem medsebojnem razmiku okoli 50 cm po celotni površini zidu. Injekcijsko maso uvajamo v zidove pod pritiskom 4 do 5 barov. Za doseg dobrih rezultatov injektiranja je zelo pomembna izkušnost osebja, ki injektira, saj je izbira pravilnega načina injektiranja precej odvisna od različnih faktorjev: trdnosti zidu, sestave zidu, zapolnjenosti zidu, vrste malte, obdelave kamnitih blokov, opreme za injektiranje itd. Izvajalcem so bili vedno pripravljeni pomagati izkušeni strokovnjaki inštituta, ki so svoje ekspertno znanje pridobivali in dopolnjevali v številnih praktičnih aplikacijah.

- utrditev temeljev

V primeru slabih temeljev je treba razširiti in poglobiti temeljno peto, kar izvedemo v obliki armiranobetonskega venca po zunanjem obodu temeljev. Nov beton s prečnimi sidri sidramo v obstoječi kamniti temelj. Če je do zmanjšanja nosilnosti temeljnih tal prišlo zaradi izpiran-

ja finih frakcij, smo lahko podlago utrdili tudi z injektiranjem, vendar le v posebnih primerih, ko ni bilo nevarnosti iztekanja mase v podlago.

- izdelava AB vencev na zidovih pod ostrešjem

Zaradi nepovezanosti ostrešja z zidovi je prišlo do zamika celotne strešne konstrukcije, posledica tega pa so bile poškodbe na kritini in strešnih elementih. Pogosto je prišlo tudi do porušitve nezavarovanih zatrepnih zidov. Med obnovo smo zato zidove pod ostrešjem povezali z armiranobetonskimi venci, nato pa ostrešje prek vencev sidrali v zidove.

bomo obravnavali v tej analizi.

Analiza je zajela stroške prenove 14 tipičnih stanovanjskih hiš, obnovljenih v letih 1999 in 2000. Pri tem smo za čim boljše vrednotenje stroškov obnove želeli pokazati naslednje parametre:

F neto bivalna površina objekta (m^2);

S-proj skupni stroški izvedbe obnove do tako imenovane faze S-projekta, kar pomeni, da so na zgradbi izvedena vsa dela v zvezi z ojačitvijo nosilnih konstrukcij, vsa zidarska dela, vključno s podometnim razvodom inštalacij, niso pa vključeni stroški izvedbe finalnih tlakov in ometov;

S-kons stroški izvedbe vseh najnujnejših ojačitvenih del;

S-nov povprečni stroški gradnje novega nadomestnega objekta na kvadratni meter površine (skupaj s stroški rušenja in projekta), ki smo jih določili na osnovi analize treh tako rešenih zgradb. Stroški v tem primeru znašajo 126.000 SIT/ m^2 ;

Iz rezultatov je razvidno, da so se celotni stroški popotresne obnove gibali

ANALIZA STROŠKOV OBNOVE ZIDANIH OBJEKTOV

Do konca leta 2002 je bilo v sklopu organizirane protipotresne obnove objektov v Posočju obnovljenih že okoli 1400 zgradb 1. prioritete oz. 90 odstotkov zgradb, predvidenih za obnovo. V obnovo je bilo skupaj z nepovratno pomočjo države in lastnimi sredstvi lastnikov vloženo približno 15 milijard tolarjev. Od tega je bilo več kot polovica sredstev namenjenih tipičnim manjšim stanovanjskim hišam, kot jih

Zap. št.	F (m^2)	S-proj SIT	S-kons SIT	S-kons/Sproj (%)	Cena/ m^2 SIT/ m^2	S-proj/S-nov (%)
1	134	5 503 680	2 543 520	46%	41072	33%
2	188	4 201 120	2 757 440	66%	22346	18%
3	144	5 255 040	3 738 560	71%	36493	29%
4	70	5 295 360	2 513 280	47%	75648	60%
5	213	4 786 880	3 241 280	68%	22474	18%
6	180	6 110 720	3 819 200	63%	33948	27%
7	263	13 478 080	8 495 200	63%	51247	41%
8	117	4 654 720	3 100 160	67%	39784	32%
9	139	3 972 640	3 134 880	79%	28580	23%
10	186	16 280 320	10 878 560	67%	87529	70%
11	207	9 970 240	7 649 600	77%	48165	38%
12	152	6 092 800	4 653 600	76%	40084	32%
13	120	2 973 600	2 499 840	84%	24780	20%
14	200	10 064 320	7 320 320	73%	50322	40%
S	2 308,00	98 639 520	66 345 440	67%	42738	34%
	(EUR)	440 355	296 185	67%	191	34%

Preglednica 1: Rezultati analize stroškov obnove

I. JANEŽIČ, B. DOLINŠEK, J. KOS: Popotresna obnova Posočja: tehnični postopek in ekonomski vidik prenove stanovanjskih objektov

od 21.000 do 87.000 SIT/m² obnovljene stanovanjske površine, v povprečju, če upoštevamo vse obnovljene zgradbe, pa so ti stroški znašali 43.000 SIT/m² (191 evrov/m²).

Pri tem so glede na zasnovo in poškodovanost objekta razmerja med stroški obnove konstrukcije in celotnimi stroški prenove posamezne zgradbe znašali od 46 do 84 odstotkov, v povprečju pa 67 odstotkov. Pri tem je bilo

pri izvedbi konstrukcijskih del povprečno 70 odstotkov sredstev namenjenih za protipotresno povezovanje zidov in injektiranje (od tega vsak postopek približno po polovico).

V zadnjem stolpcu je prikazano razmerje med stroški izvedbe obnove in stroški nadomestne gradnje novih objektov. Ta kaže, da znašajo stroški obnove 18 - 70 odstotkov stroškov nadomestne gradnje ali v povprečju za vseh

14 objektov le 34odstotkov.

SKLEP

Potres, ki je prizadel Posočje aprila leta 1998, ni imel take moči, kot se po prognozah in seizmoloških kartah pričakuje za to področje. Kljub temu pa je povzročil veliko poškodb na objektih, še posebej na zidanih kamnitih konstrukcijah, ki predstavljajo večino stavbnega fonda na tem področju. Potres nas je pravzaprav resno opozoril na slabo potresno odpornost teh objektov in nam dal čas, da se pripravimo na potrese večjih rušilnih moči. Takšne priložnosti nekatere države, ki so v zadnjem času doživele katastrofalne potrese, niso imele.

Pri večini objektov, ki so bili poškodovani v tem potresu, poškodbe niso bile tolikšne, da bi jih bilo treba porušiti. Dejstvo, da so objekti, ki so bili po prvem potresu leta 1976 pravilno obnovljeni, preživeli potres brez večjih posledic in primerjava stroškov utrjevanja konstrukcije s stroški novogradnje kažeta na pravilnost pristopa k popotresni obnovi, ki je dala prednost obnovam pred zamenjavo z novogradnjami. Z razmeroma nizkimi stroški je bilo veliko objektov obnovljenih in utrjenih do te mere, da lahko upravičeno predvidevamo, da bodo brez pomembnejših poškodb na nosilni konstrukciji prenesli potres VIII. stopnje po evropski lestvici. S tem pa smo tudi ohranili tipično, nenadomestljivo krajinsko arhitekturo za kasnejše generacije.

Pomembno je tudi to, da so objekti, ki so bili zgrajeni v zadnjem času skladno z veljavnimi protipotresnimi predpisi za gradnjo, preživeli potres brez večjih posledic. Popotresna obnova bi se lahko tudi hitreje pričela, če bi bilo v državi pripravljenih in usposobljenih dovolj strokovnjakov za projektiranje in izvajanje obnovitvenih del takoj po potresu. Ker je Slovenija pretežno na



Slika 6: Celoten hotel je bil konstrukcijsko ojačen: porušene zidove so zamenjali armirani opečni zidovi in z vogalne armiranobetonske vezi. Razmeroma draga popotresna obnova je bila ekonomsko upravičena le zaradi nedostopne lege objekta in specifične arhitekture.

aktivnem seizmičnem področju, bi bilo smiselno začeti sistematično utrjevati potresno najbolj občutljive in pomembne objekte in stara mestna jedra po Sloveniji. S tem bi bila potresna škoda precej nižja, zmanjšala bi se tudi ver-

jetnost človeških žrtev. Hkrati bi to omogočilo stalno aktivnost večjega števila strokovnjakov in izvajalcev in s tem tudi hitrejši začetek obnove objektov po naravni nesreči, kakršna je prizadela Posočje 12. 4. 1998. Vsi se

moramo namreč zavedati, da hiter začetek izvajanja del na terenu po tovrstni naravni nesreči izredno pozitivno psihološko učinkuje na prizadete prebivalce.



Slika 7: Ski hotel po končani obnovi – v celoti je ohranjena njegova arhitekturna podoba.

LITERATURA

- Ribičič, M., Analiza potresa v Posočju glede na različne vrste podlage. Gradbeni inštitut ZRMK, Ljubljana, 1998.
- Tomažević, M. in sod., Vpliv potresa 12. 4. 1998 na zgradbe, ljudi in okolje. Zavod za gradbeništvo Slovenije, Ljubljana, 1999.
- Janežič, I., Post Earthquake Renewal in the Soča Valley Region: Two Years After the Earthquake. International workshop on urban heritage and building maintenance. Swiss Federal Institute of Technology, Zuerich, Švica, 2000.

ALTERNATIVNA METODA ZA DIMENZIONIRANJE BIOLOŠKIH REAKTORJEV ZA NITRIFIKACIJO-DENITRIFIKACIJO IN SIMULTANO AEROBNO STABILIZACIJO BLATA

ALTERNATIVE METHOD FOR THE DESIGN OF THE AERATION TANK FOR THE NITRIFICATION-DENITRIFICATION AND SIMULTANEOUS STABILISATION OF SLUDGE

ZNANSTVENI ČLANEK

UDK 628.35

MITJA RISMAL

P O V Z E T E K Prispevek obravnava primerjavo med dimenzioniranjem aerobnega reaktorja biološke čistilne naprave po navodilih ATV in alternativnim postopkom, ki ločuje med organskim in mineralnim delom suspendiranih snovi v odpadni vodi.

S U M M A R Y The paper compares the aeration tank of WWTP design by ATV and the alternative method which is discerning between the biodegradable and the mineral part of the suspended solids in raw waste water.

Avtor:

prof. dr. Mitja Rismal, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Hajdrihova 28, 1000 LJUBLJANA

UVOD

Za dimenzioniranje bioloških čistilnih naprav najdemo v predpisih ATV dva modela. Prvi model sloni [Imhoff, 1999, str. 195] izključno na empiričnih meritvah delovanja čistilnih naprav. Drugi model [Imhoff, 1999, str. 244], ki se uporablja tudi za dimenzioniranje nitrifikacije in denitrifikacije efluenta, pa sloni na matematični formulaciji masne bilance biološkega blata.

Kot je razvidno iz slike 1, se rezultati obeh modelov močno razlikujejo. Za

isto starost biološkega blata θ_b dobimo po drugem modelu manjše specifične obremenitve L_s (kg BPK₅/kg SS) biološkega blata in posledično znatno večje potrebne prostornine načrtovanih reaktorjev.

Oba modela se razlikujeta tudi v oceni aerobne stabilizacije biološkega blata. Medtem ko zahteva prvi model za stabilizacijo blata 40 dni (pri $L_s = 0,05$ kg BPK₅/kg SS), zahteva drugi le $\theta_c = 25$ dni, vendar pri manjši specifični obremenitvi blata ($L_s = 0,04$ kg BPK₅/kg SS). To pomeni, da zahteva drugi model ATV za stabilizacijo

25 odstotkov večjo prostornino reaktorja.

Ker je za načrtovanje nitrifikacije in denitrifikacije odločilna določitev realne starosti blata θ_c , tolikšne razlike v starosti blata in specifični obremenitvi blata za racionalno načrtovanje čistilnih naprav niso utemeljene, saj gre pri eliminaciji organskega onesnaženja BPK₅, kot denitrifikaciji za identične procese oksidacije organskega ogljika.

V prispevku skušamo za navedene razlike ugotoviti vzroke in jih s predlogom alternativnega modela tudi odpraviti.

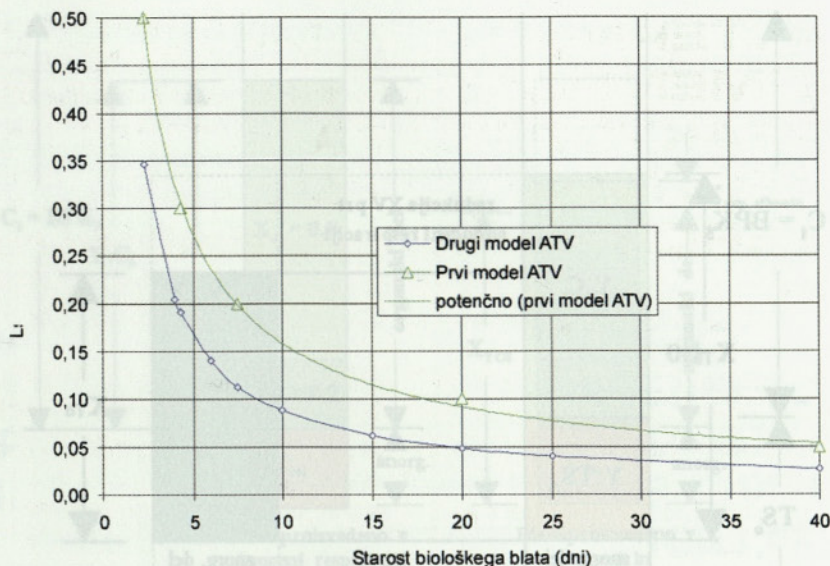
PRVI MODEL ATV ZA DIMENZIONIRANJE AEROBNIH BIOLOŠKIH REAKTORJEV ČN

Ta postopek je zasnovan na rezultatih empiričnih meritev čiščenja na obstoječih čistilnih napravah. V odpadni vodi upošteva le organsko onesnaženje (BPK_5). Prav tako tudi v proizvedenem biološkem blatu ne ločuje med organskim in anorganskim delom. Postopek torej ne sloni na računsko uravnoteženi masni bilanci dotoka in iztoka vseh snovi, temveč izključno na izmerjeni eliminaciji organskega onesnaženja (BPK_5) in na izmerjeni količini celotne organske in anorganske mase proizvedenega (odvišnega) biološkega blata. Ker postopek ne ločuje med organskim in anorganskim delom blata, ni mogoča računsko presoja stabilizacije blata na podlagi endogene respiracije organskega dela blata. Postopek ne obravnava denitrifikacije, nitrifikacijo pa je mogoče oceniti le orientacijsko v območju pod $L_s < 0,15$ (kg BPK_5 /kg SS d). Zato za dimenzioniranje čistilnih naprav tretje stopnje ta postopek ni več uporaben.

Njegova vrednost pa je v tem, da sloni na empiričnih podatkih, pridobljenih pri meritvah delovanja čistilnih naprav, ki jih je mogoče pri preverjanju drugih modelov koristno uporabiti. Izmerjeni tehnološki parametri tega modela, starost θ_c , proizvodnja Y_{obs} in specifična obremenitev biološkega blata L_s so podani v preglednici 1.

DRUGI MODEL ATV ZA RAČUN BIOLOŠKIH REAKTORJEV Z NITRIFIKACIJO - DENITRIFIKACIJO EFLUENTA

Drugi model ATV ločuje onesnaženje



Slika 1: Razlike med prvim in drugim modelom ATV

θ_b (dni)	1,2	2,3	4,3	7,5	20	40
Y_{obs} (kg SS/kg BPK_5)	1,1	0,95	0,83	0,75	0,75	0,54
L_s (kg BPK_5 /kg SS)	1	0,5	0,3	0,2		0,05

Preglednica 1: Specifična proizvodnja biološkega blata v odvisnosti od starosti q_c in specifične obremenitve L_s .

odpadne vode na topni organski (kg BPK_5 /m³) in netopni del TS_o (kg SS/m³) z delci, ki so večji od 0,45 μ m. Ne ločuje pa med organsko in anorgansko vsebino teh delcev, čeprav slednjih po količini v masni bilanci ne kaže zanemariti (slika 2 in preglednica 3). Z uvedbo stehiometričnega razmerja 2,9 kgN/kgO₂ in z določitvijo minimalne potrebne starosti nitrifikantov θ_n pa je mogoče z modelom določiti tudi potrebno velikost reaktorjev za nitrifikacijo in denitrifikacijo. V modelu je predvideno, da se okoli 60 odstotkov TS_o pretvori v maso biološkega blata, kar ustreza koeficientu biokemične sinteze $Y = 0,6$ (enačba 1). V modelu je torej privzeta poenostavitev, da so vsi delci TS_o organskega izvora, čeprav je pomemben del tudi anorganskega (mineralnega) izvora (glej preglednico 3). Predpostavka o organski sestavi TS_o pa ni upoštevana v enačbi 3 za porabo kisika, saj za privzeto sintezo TS_o v organsko blato ne upošteva pripadajoče katabolične porabe kisika

(faktor $a = 0,5$). Zaradi omenjene poenostavitve masne bilance (slika 2) je izračunan prirast biološkega blata večji od izmerjenih vrednosti po prvem modelu, potrebna prostornina reaktorja za aerobno stabilizacijo pa večja za 25 odstotkov (slika 1).

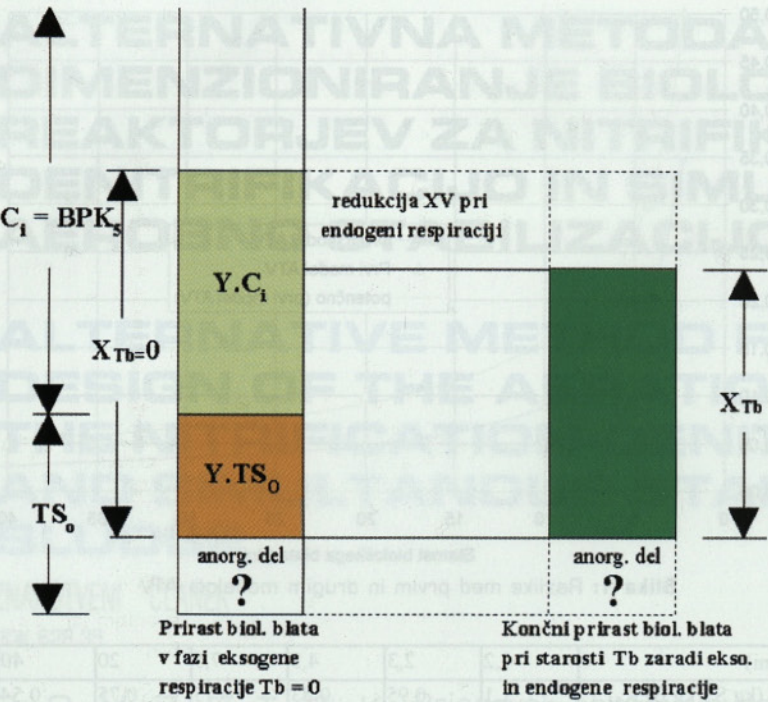
Po navodilih ali drugem modelu ATV je prirast biološkega blata ΔW_{tot} (kg SS/d) in ostali parametri biološkega čiščenja podani z naslednjimi enačbami [Imhoff, 1999, str. 245-247]:

Masna bilanca biološkega blata:

$$\Delta W_{tot} = q_R [Y(TS_o + C_i)] - k_d \cdot X \cdot F \quad (\text{kg SS/m}^3 \text{d}) \quad (1)$$

Prirast Y_{obs} na enoto eliminiranega BPK_5 :

$$Y_{obs} = Y \left[\frac{TS_o}{C_i} + 1 \right] - \frac{\eta Y k_d \theta_{tot} F}{1 + k_d \theta_{tot} F} \quad (\text{kg SS/kg } BPK_5) \quad (2)$$



Slika 2: Sestava biološkega blata po modelu ATV

Poraba kisika na kg BPK₅ očiščenega onesnaženja za eksogeno in endogeno respiracijo biološkega blata podaja enačba:

$$O_2 = a + \frac{\eta \cdot b \cdot Y \cdot \theta_{tot} \cdot F}{1 + k_d \cdot \theta_{tot} \cdot F}$$

(kg O₂/kg BPK₅) (3)

Potrebna prostornina anoksičnega reaktorja V_d in skupna prostornina za nitrifikacijo in denitrifikacijo V_{tot} = V_n + V_d po tem modelu je določena z enačbama 4 in 5.

$$\theta_{tot} = \frac{\theta_n}{1 - \frac{V_d}{V_{tot}}}$$
 (4)

z upoštevanjem stehiometričnega razmerja

$$\frac{V_d}{V_{tot}} = \frac{2,9}{0,75 \cdot 0,8} \cdot \frac{(kg \text{ BPK}_5 / m^3)}{O_2 (kg \text{ BPK}_5 / m^3)}$$
 (5)

Razmerja med starostjo, koeficientom proizvodnje in obremenitvijo biološkega blata po tej metodi so za razmerje TS₀/BPK₅ = 1,2 podana v preglednici 2.

ALTERNATIVNI MODEL Z UPOŠTEVANJEM IZGUB ORGANSKE MASE BIOLOŠKEGA BLATA

Ta model upošteva organsko in anorgansko sestavo odpadne vode ter bio-

loškega blata. Poleg neočiščenega ostanka BPK₅ (izraženega z učinkom čistilne naprave η) je v masni bilanci reaktorja upoštevana tudi izguba neusledljive suspenzije biološkega blata ΔX_v, ki z efluentom odteče iz čistilne naprave. Raztopljene anorganske snovi v nespremenjeni obliki in količini dotekajo in iztekajo iz reaktorja. Privzeto pa je, da se lebdeči anorganski delci večinoma adsorbirajo na organsko blato in se z njim in odsedlim anorganskim delom vračajo v reaktor. Če navedenih izgub ΔX_v v masni bilanci biološkega blata ne upoštevamo, so računski prirastki blata večji, izračunane starosti blata pa manjše od dejanskih.

Predvideno je, da je tudi netopni del organskega onesnaženja z velikostjo delcev nad 0,45 μm vključen v izmerjenem BPK₅. V nizko obremenjenih aerobnih reaktorjih, ki danes prevladujejo, so poleg bakterijske populacije prisotne protozoje, ki razgradijo tudi od 0,45 μm večje delce organskega onesnaženja (kar pomeni, da morajo biti vzorci za meritev BPK₅ cepljeni z vodo iz bioloških reaktorjev s podaljšano aeracijo). Skupna teža lebdečih in usedljivih mineralnih snovi v povprečni odpadni vodi znaša 125 g SS/m³ (preglednica 3). Biološko razgra-

θ _b (dni)	4	6	8	10	15	25
Y _{obs} (kg SS/kg BPK ₅)	1,22	1,18	1,15	1,12	1,07	1,00
L _s (kg BPK ₅ /kg SS.d)	0,20	0,14	0,109	0,09	0,062	0,04

Preglednica 2: Specifična proizvodnja biološkega blata Y_{obs} po ATV za razmerje TS₀/BPK₅ = 1,2.

	(mg/l)			
	anorg.	org.	skupaj	BPK ₅
Usedljive snovi	100	150	250	100
Neusedljive – lebdeče snovi	25	50	75	50
Raztopljene snovi	375	250	625	150
Skupaj	300	450	950	300

Preglednica 3: Sestava odpadnih vod po [Ilmhoff, 1999, str. 244]

dljivi del onesnaženja je 300 g BPK₅/m³. Razmerje med obema v povprečni komunalni odpadni vodi pa je $C_{iin}/C_i = 125/300 = 0,4167$. Lebdeče in usedljive mineralne snovi se torej akumulirajo v biološkem blatu in tvorijo skupaj z biološko nerazgradljivim organskim delom biološkega blata njegov »nerazgradljivi« del. Slika 3 prikazuje razmerje med razgradljivim in nerazgradljivim organskim ter mineralnim delom biološkega blata pri starosti blata $\theta_c = 0$ (sinteza org. blata pri eksogeni respiraciji) in pri starosti θ_c (po zaključku endogene respiracije). Zaradi endogene respiracije se prirast sintetizirane organske mase s starostjo blata manjša, količina mineralnih snovi v blatu pa linearno povečuje.

Biološko razgradljivi del organske mase biološkega blata kot produkt sinteze pri eksogeni respiraciji (starost biološkega blata $\theta_c = 0$) označimo z $x_d' = 0,8$ in nerazgradljivi organski del z $x_n' = 0,2$, z x_d in x_n pa ostanek razgradljivega in nerazgradljivega dela organske mase endogene respiracije pri starosti biološkega blata θ_c .

Delež biološko razgradljive mase v biološkem blatu v odvisnosti od starosti blata določa enačba:

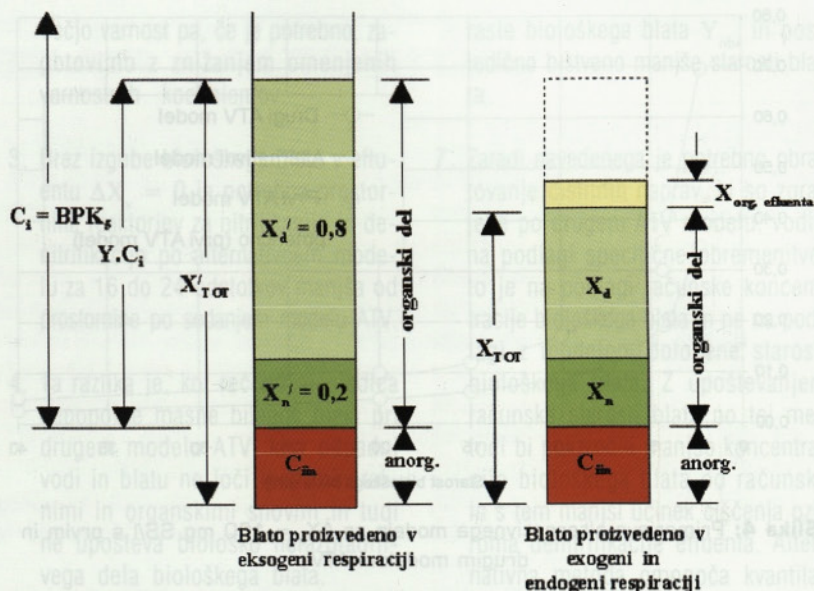
$$x_n' X_{nv} = x_n X_{ov} \quad (6)$$

$$x_d = \frac{x_d'}{1 + k_d x_n' \theta_c F} \quad (7)$$

Če v masni bilanci biološkega blata v aeracijskem bazenu upoštevamo, da lebdeči, neusedljivi del organske mase biološkega blata (suspendiranih snovi) ΔX_v z efluentom odteče iz reaktorja, lahko zapišemo:

$$V \frac{dX_v}{dt} = Y L - k_d x_d X_v V F - Q \Delta X_v \quad (8)$$

Pri tem se privzame, da z efluentom odtekle lebdeče snovi ne vsebujejo težjih anorganskih snovi, ker se skupaj z usedljivim delom biološkega blata iz naknadnega usedalnika vrnejo v reaktor.



Slika 3: Sestava biološkega blata po Eckenfelderju z upoštevanjem izgube blata v efluentu čistilne naprave [Eckenfelder, 1989]

Po integraciji enačbe 8 dobimo:

$$L_{sv} = \frac{1}{Y} \left[\frac{1 + k_d \theta_c F}{\theta_c (1 + k_d x_n' \theta_c F)} + \frac{\Delta X_v}{\theta_H X_v} \right] \quad (9)$$

Nato lahko določimo še druge tehnološke parametre čiščenja [Rismal, 1980-1997]. Specifična obremenitev biološkega blata:

$$L_s = \frac{1}{\frac{1}{L_{sv}} + \theta_c \frac{C_{iin}}{C_i}} \quad (10)$$

Hidravlični čas zadrževanja odpadne vode v reaktorju

$$\theta_H = \frac{V}{Q} \quad (11)$$

Prirast organske mase Y_{obs} biološkega blata na kg BPK₅:

$$Y_{obs,v} = \frac{Y}{1 + k_d x_d \theta_c F} \quad (12)$$

(kg YSS/kg BPK₅)

Poraba kisika na enoto oksidiranega organskega ogljika O_{2c} kot:

$$O_2 = \eta a L + b x_d X_v V \theta_c F \quad (13)$$

(kg O₂/kg BPK₅)

Endogeno respiracijo organskega dela biološkega blata določa enačba:

$$O_2' = b d X_v \text{ (kg O}_2\text{/kg VSS d)} \quad (14)$$

Celotna poraba kisika za endogeno in eksogeno respiracijo blata pa znaša na kgBPK₅:

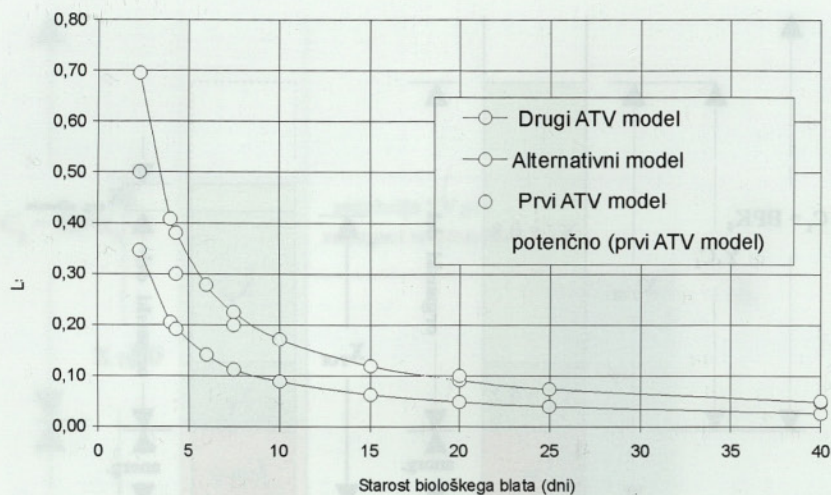
$$O_2 = \eta \left[a + \frac{b x_d' Y \theta_c F}{1 + k_d \theta_c F} \right] \quad (15)$$

Potrebno starost blata in velikost reaktorjev za nitrifikacijo in denitrifikacijo je tudi v tem modelu določena z enačbami 4 in 5.

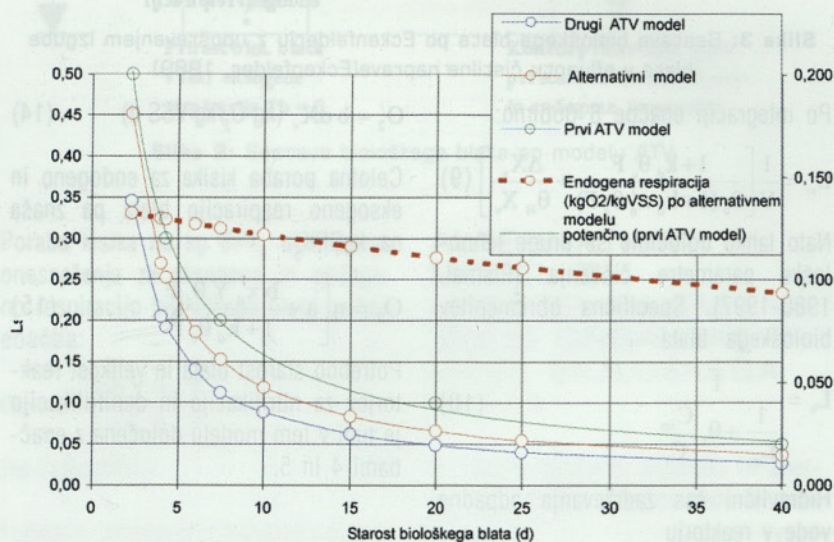
PRIMERJAVA ALTERNATIVNEGA MODELA S PRVIM IN DRUGIM MODELOM ATV

Krivulje na slikah 4 in 5 prikazujejo sovisnost med specifično obremenitvijo in starostjo biološkega blata $L_s = f(\theta_c)$ za vse tri obravnavane modele. Krivulja na sliki 4 prikazuje rezultate alternativnega modela za koncentracijo $\Delta X_v = 100$ mg SS/l suspendiranih snovi v efluentu čistilne naprave, slika 5 pa za $\Delta X_v = 0$ (mgSS/l).

Primerjava obravnavanih modelov na sliki 4 pokaže, da se rezultati alterna-



Slika 4: Primerjava alternativnega modela za $\bar{A}X_v = 100 \text{ mg SS/l}$ s prvim in drugim modelom ATV



Slika 5: Primerjava alternativnega modela za $\bar{A}X_v = 0 \text{ mg SS/l}$ s prvim in drugim modelom ATV

ativnega modela pri starostih blata nad petnajst dni dobro ujemajo z rezultati empiričnih meritev prvotnega modela ATV, ki povzema podatke čistilnih naprav izpred dvajset in več let, ko so se gradile čistilne naprave z aerobno stabilizacijo po enkrat blažjem kriteriju $L_s < 0,08 \text{ (kg BPK}_5\text{/d)}$ in za starosti blata $\theta_c = \text{pribl. } 20 \text{ dni}$.

Razlike obeh modelov pri manjših starostih blata si je mogoče razložiti s tem, da so imele naprave z manjšo starostjo blata primarne usedalnike, pri katerih se v alternativnem modelu

predvideno razmerje za surovo odpadno vodo $C_{i, \text{in}}/C_i$ spremeni, s tem pa tudi razmerja specifične obremenitve in pripadajoče starosti biološkega blata.

Ker zahteva danes obvezna denitrifikacija ugodnejše razmerje C/N , se vse bolj uveljavljajo čistilne naprave brez primarnih usedalnikov, to je za primere, kjer se rezultati alternativnega in prvotnega ATV modela dobro ujemajo.

V alternativnem modelu privzeta koncentracija suspenzij $\Delta X = 0,1$

(kgVSS/m³) v efluentu (slika 4) zaradi večjih hidravličnih obremenitev naknadnih usedalnikov verjetno ni pretirana (Pri indeksu blata $SVI = 100 \text{ (ml/g SS)}$ pomeni v menzuri 0,1 (kgVSS/m³) le 10(ml/l) usedline.).

Ker se kriteriji o vsebnosti suspenzij v efluentu zaostrejejo, tehnologija separacije pa se izboljšuje (manjša površinska obremenitev naknadnih usedalnikov, mikrofiltracija efluenta), lahko v prihodnosti pričakujemo efluente brez suspenziranih snovi. To smo, kot je razvidno iz slike 5, za končno uporabo modela tudi upoštevali.

Iz slik 4 in 5 je razvidno, da je po alternativnem modelu pri isti starosti blata, pripadajoča specifična obremenitev biološkega blata večja od specifične obremenitve po ATV modelu. Z drugimi besedami: ATV postopek zahteva pri enaki obremenitvi naprave večje prostornine biološkega reaktorja.

Črta respiracije na sliki 5 po alternativni metodi tudi kaže, da po drugem modelu ATV predvidena stabilizacija (kg O₂/kg VSS d < 0,1) ni dosežena v 25 dneh, temveč v pribl. 40 dneh, kar potrjujejo tudi empirični rezultati prvotnega modela ATV.

SKLEP

Vzrok za večje prostornine bioloških reaktorjev po sedanjem ATV modelu je že opisana poenostavitev masne bilance. Zaradi te poenostavitve je velikost reaktorjev za nitrifikacijo in denitrifikacijo po tem modelu večja od alternativnega modela za 16 do 24 odstotkov.

Slika 6. prikazuje rezultate računa tehnoloških parametrov V_d/V_{tot} in θ_b za nitrifikacijo – denitrifikacijo efluenta v odvisnosti od razmerja N/BPK_5 v odpadni vodi po novjšem ATV in alternativnem modelu. Račun je izveden za temperaturo odpadne vode 10°C in starost nitrifikantov $\theta_n = 10 \text{ d}$. Iz dia-

gramov na sliki 6 je razvidno, da je skupna prostornina bioloških reaktorjev po alternativni metodi med 16 do 24 odstotkov manjša od prostornine po ATV.

Iz navedenega je mogoče povzeti :

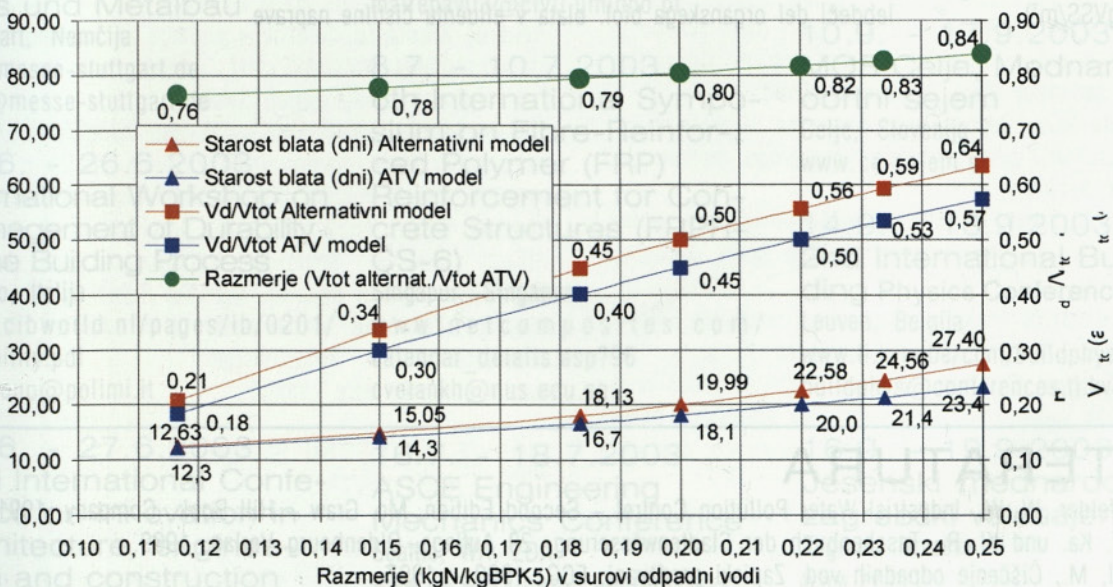
1. Ob upoštevanju z efluentom izgubljenega biološkega blata $\Delta X_v = 100$ mg/l se rezultati o proizvodnji in starosti biološkega blata med alternativnim in prvotnim modelom ATV (ki sloni na rezultatih meritev), praktično prekrivajo. Ker so imele naprave ob času konstrukcije prvotnega ATV modela verjetno v efluentih več suspendiranih snovi kot danes, lahko sklepamo, da so rezultati alternativne metode blizu realnosti.
2. Če želimo povečati varnost delovanja čistilne naprave (preko v modelu že privzete varnosti z 2,3 krat povečano starostjo nitrifikantov in faktorjema 0,8 in 0,75 (enačba 5) na račun varnejše oskrbe reaktorja s kisikom in kinetike denitrifikantov, je primernejše, če v masni bilanci upoštevamo dejansko sestavo odpadne vode (organski in anorganski del).

Večjo varnost pa, če je potrebno, zagotovimo z znižanjem omenjenih varnostnih koeficientov.

3. Brez izgube biološkega blata v efluentu $\Delta X_v = 0$ je potrebna prostornina reaktorjev za nitrifikacijo in denitrifikacijo po alternativnem modelu za 16 do 24 odstotkov manjša od prostornine po sedanjem modelu ATV.
4. Ta razlika je, kot rečeno, posledica nepopolne masne bilance blata pri drugem modelu ATV, ki v odpadni vodi in blatu ne loči med mineralnimi in organskimi snovmi in tudi ne upošteva biološko nerazgradljivega dela biološkega blata.
5. Alternativni model omogoča kvantitativno presojo aerobne stabilizacije blata na podlagi endogene respiracije organskega dela blata, medtem, ko 25 dnevna starost blata po sedanjem ATV pogoja za stabilizacije 0,1 (kg BPK₅/kg VSS d) ne izpolnjuje.
6. Pri enakih specifičnih obremenitvah biološkega blata daje drugi ATV model, od obeh drugih modelov (prvotni ATV in alternativni model), večje pri-

raste biološkega blata Y_{obs} in posledično bistveno manjše starosti blata.

7. Zaradi navedenega je potrebno obratovanje čistilnih naprav, ki so zgrajene po drugem ATV modelu, voditi na podlagi specifične obremenitve, to je na podlagi računske koncentracije biološkega blata in ne na podlagi z modelom določene starosti biološkega blata. Z upoštevanjem računske starosti blata po tej metodi bi povzročili manjšo koncentracijo biološkega blata od računske in s tem manjši učinek čiščenja oziroma denitrifikacije efluenta. Alternativna metoda omogoča kvantitativno oceno stabilizacije in endogene respiracije blata v odvisnosti od starosti oziroma od specifične obremenitve blata.
8. Ker imata oba modela z 2,3 krat povečano starostjo nitrifikantov in s faktorji f_c in f_N , še upoštevano visoko stopnjo varnosti, 16 do 24 odstotkov večje prostornine reaktorjev po ATV niso dovolj utemeljene. Razlika v ceni, ki jo prinašajo manjši reaktorji in posledično tudi



Slika 6: Primerjava rezultatov alternativnega in ATV modela

manjša poraba energije za posamezno napravo morda ni toliko po-

membna. Drugače pa je z investicijskimi stroški pri gradnji večjega

števila naprav, ki jih že in jih bomo v Sloveniji še gradili.

POMEN SIMBOLOV

η (%)	učinek čistilne naprave
$b = 0,24$ (kg O_2 /kg VSS d)	koeficient endogene respiracije organske mase biološkega blata
C_i (kg BPK ₅ /m ³)	koncentracija organskega onesnaženja v odpadni vodi
C_{iin} (kg SS _{anorg} /m ³)	koncentracija suspendiranih anorganskih – mineralnih snovi v odpadni vodi
C_{iin}/C_i	razmerje med koncentracijo suspendiranih anorganskih snovi in koncentracijo organskega onesnaženja BPK ₅ v odpadni vodi
$F = 1,072^{(T-15)}$	koeficient kinetike biokemijskih reakcij v odvisnosti od temperature čiščene odpadne vode
k_d (1/d)	koeficient razgradnje biološkega blata pri endogeni respiraciji
L (kg BPK ₅ /d)	dnevna obremenitev čistilne naprave
L_s (kg BPK ₅ /kg SS)	specifična obremenitev biološkega blata
L_{sv} (kg BPK ₅ /kg SS)	specifična obremenitev organskega dela biološkega blata
q_R (kg BPK ₅ /m ³ d)	specifična obremenitev prostornine biološkega reaktorja
SVI	indeks voluminoznosti blata
q_c (d)	starost biološkega blata
q_H (m ³ /d)	hidravlična obremenitev čistilne naprave – čas pretoka, zadrževanja vode v reaktorju
q_n (d)	računska starost nitrifikantov
TS_0 (kg SS/m ³)	koncentracija snovi, v odpadni vodi, ki se zadržijo na membranskem filtru 0,45 μ m, vendar zaradi velikosti za razgradnjo bakterijski populaciji niso dostopni.
V_{tot} (m ³)	skupna velikost reaktorja za nitrifikacijo in denitrifikacijo
V_d (m ³)	velikost reaktorja za denitrifikacijo
X (kg SS/m ³)	koncentracija biološkega blata v biološkem reaktorju
$x'_d = 0,8$	biološko razgradljivi del celotne organske mase biološkega blata pri $q_c = 0$ kot produkta eksogene respiracije
$x'_n = 0,2$	biološko nerazgradljivi del organske mase biološkega blata kot produkta eksogene respiracije
X_{v0}	razgradljivi del organskega dela biološkega blata pri starosti blata $q_c = 0$ d
X_n	nerazgradljivi del organskega dela biološkega blata pri starosti blata q_c dni
X_v (kg VSS/m ³)	koncentracija organske mase biološkega blata
$Y_{obs, v}$ (kg VSS/kg BPK ₅)	specifična proizvodnja biološkega blata
ΔX_v (kgVSS/m ³)	lebeđi del organskega biol. blata v efluentu čistilne naprave

LITERATURA

- Eckenfelder, W. W., Industrial Water Pollution Control – Second Edition, Mc. Graw – Hill Book Company, 1991.
 Imhoff, Ka. und Kl. R., Taschenbuch der Stadtentwässerung, 29 Auflage, Oldenbourg Verlag, 1999.
 Rismal, M., Čiščenje odpadnih vod, Zapiski predavanj, FGG, 1980 – 1997.

KOLEDAR PRIREDITEV

2.6. - 5.6.2003

11th International Conference on Wind Engineering

Lubbock, Texas, ZDA

www.icwe.ttu.edu

kishor.mehta@coe.ttu.edu

9.6. - 12.6.2003

4th International Conference on Behaviour of Steel Structures in Seismic Areas (STESSA 2003)

Neapel, Italija

www.stessa2003.unina.it

fmm@unina.it

15.6. - 18.6.2003

Cold Climate HVAC 2003, 4th International Conference on Cold Climate Heating, Ventilation and Air-Conditioning

Trondheim, Norveška

www.energy.sintef.no/arr/cc2003

elisabeth.sognen@energy.sintef.no

19.6. - 21.6.2003

FGM 2003, Fenster, Glas und Metalbau

Stuttgart, Nemčija

www.messe-stuttgart.de

info@messe-stuttgart.de

25.6. - 26.6.2003

International Workshop on Management of Durability in the Building Process

Milano, Italija

www.cibworld.nl/pages/ib/0201/Durability.pdf

abcgroup@polimi.it

25.6. - 27.6.2003

2nd International Conference on Innovation in architecture, engineering and construction (AEC)

Loughborough, Anglija

www.lboro.ac.uk/cice/AEC2003/index.htm

j.c.brewin@lboro.ac.uk

27.6. - 29.6.2003

Intersolar 2003. 4th International Solar Energy Trade Fair and Conference

Freiburg, Nemčija

www.intersolar.de

info@intersolar.de

2.7. - 5.7.2003

CBD 2003, China International Building & Decoration Fair

Guangzhou, Kitajska

www.merebo.de

info@merebo.de

5.7. - 11.7.2003

Mairepav 03, 3rd International Symposium on Maintenance and Rehabilitation of Pavements and Technical Control

Guimaraes, Portugalska

www.civil.uminho.pt/mairepav03

mairepav03@civil.uminho.pt

8.7. - 10.7.2003

6th International Symposium on Fibre-Reinforced Polymer (FRP)

Reinforcement for Concrete Structures (FRPR-CS-6)

Singapur, Singapur

www.netcomposites.com/calendar_details.asp?96

cvetankh@nus.edu.sg

16.7. - 18.7.2003

ASCE Engineering Mechanics Conference

Seattle, WA, ZDA

www.ce.washington.edu/em2003

sm03@cae4.ce.washington.edu

27.8. - 29.8.2003

Structures for High-Speed Railway Transportation

Antwerpen, Belgija

www.ti.kviv.be/conf/iabse.htm

iabse@conferences.ti.kviv.be

4.9. - 8.9.2003

Building & Modernizing 34th Swiss Trade Fair Building & Modernizing

Zürich, Švica

www.fachmessen.ch

info@fachmessen.ch

8.9. - 12.9.2003

FEHAB Anamaco

19th International Construction Material Fair

Sao Paulo, Brazilija

www.guazelli.com.br

9.9. - 12.9.2003

MALBEX 2003, The

20th Malaysian International Building Exposition

Kuala Lumpur, Malezija

www.nucciainvernizzi.it

info@nucciainvernizzi.it

10.9. - 17.9.2003

MOS Celje, Mednarodni obrtni sejem

Celje, Slovenija

www.ce-sejem.si

14.9. - 18.9.2003

2nd International Building Physics Conference

Leuven, Belgija

www.ti.kviv.be/conf/buildphys.htm

buildphys@conferences.ti.kviv.be

16.9. - 19.9.2003

Jesenski mednarodni zagrebški velesejem

Zagreb, Hrvaška

www.zv.hr

Zagreb, Hrvaška
www.zv.hr
zagvel@zv.hr

17.9. - 20.9.2003

Building Integration Solutions

Austin, Texas, ZDA

www.asce.org/conferences/aei2003
AEI2003@aeiinstitute.org

21.9. - 24.9.2003

20th International Symposium on Automation and Robotics in Construction

Eindhoven, Nizozemska

www.isarc2003.bwk.tue.nl
isarc2003@bwk.tue.nl

23.9. - 26.9.2003

2nd International Structural Engineering and Construction Conference (ISEC-02)

Rim, Italija

www.isec-02rome.com
info@isec-02rome.com

30.9. - 5.10.2003

CERSAIE 2003, International Exhibition of Ceramics for the Building Industry and Bathroom Furnishings

Bolonija, Italija

www.cersaie.it
info@edicer.it

Rubriko ureja Jan Kristijan Juteršek, univ. dipl. inž. grad., ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: msg@izs.si.

NOVI DIPLOMANTI S PODROČJA GRADBENIŠTVA

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Franci Malenšek, Analiza odstopanj med izvedbo in operativnim planom projekta, mentor doc. dr. Dušan Zupančič, somentor mag. Aleksander Srdič

Aleš Merkun, Zagotavljanje prometne varnosti na nivojskih prehodih cest preko železniške proge, mentor doc. dr. Alojz Juvanc

Andrej Cuznar, Uporabnost recikliranega betona kot agregat v betonu, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor izr. prof. dr. Roko Žarnić

Tadej Kodrič, Projekt zasneževanja smučišča Bukovnik, mentor izr. prof. dr. Boris Kompare

Janja Logar Cuznar, Izdelava postopka preverjanja primernosti industrijskega odpadka kot agregat v betonu, mentor izr. prof. dr. Roko Žarnić, somentor doc. dr. Jana Šelih

Josip Antunović, Primerjava stroškov vzdrževanja proge za različne tipe zgornjega ustroja na odsekih Rakek-Postojna, Postojna-Prestranek in Prestranek-Pivka, mentor doc. dr. Bogdan Zgonc

Saša Mohorič, Prostorski, tehnični in ekonomski vidik izgradnje stanovanjskega bloka v Ljubljani, mentor prof. dr. Mirko Pšunder, somentor izr. prof. dr. Albin Rakar

Mirjam Pavšek, Tehnični pregled in uporabno dovoljenje objektov, mentor izr. prof. dr. Albin Rakar

Marinka Žibert, Standardizacija risb in seznamov armature, mentor prof. dr. Janez Duhovnik

Andrej Kastelic, Strokovne podlage za pripravo programa obnavljanja občinskih cest, mentor doc. dr. Marijan Žura, somentor mag. Bojan Strah

Dejan Misja, Ocenjevanje uspešnosti investiranja gradnje na primeru štirih stanovanjskih oziroma poslovno stanovanjskih sosesk, mentor doc. dr. Maruška Šubic Kovač

Matjaž Stele, Analiza nekaterih tehničnih in ekonomskih vidikov graditve poslovno stanovanjske soseske v Domžalah, mentor doc. dr. Maruška Šubic Kovač

Marjan Zbačnik, Vzroki nastanka in omejitvev razpok v armiranobetonskih konstrukcijah, mentor doc. dr. Jože Lopatič

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Saša Zaman, Račun nosilnosti pilota po standardu EC 7 in primerjava s statično obremenilno preizkušnjo, mentor doc. dr. Janko Logar

Matija Gams, Povezan prenos vlage in toplote v poroznem materialu, mentor izr. prof. dr. Stanislav Srpčič, somentor izr. prof. dr. Goran Turk

Barbara Gorenc, Račun jeklenih rezervoarjev po standardu ENV 1993-1-6, mentor prof. dr. Darko Beg

Igor Mozetič, Analiza čašastega armiranobetonskega temelja montažnega stebra, mentor prof. dr. Janez Duhovnik

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Irena Arcet, Sovprežni most razpona 50 metrov, mentor izr. prof. dr. Stojan Kravanja, somentor pred. Boris Visočnik

Anton Bezovnik, Dvonadstropna jeklena hala razpona 25 metrov, mentor izr. prof. dr. Stojan Kravanja, somentor pred. Boris Visočnik

Roman Černivec, Sistem rednega vzdrževanja državnih cest v Republiki Sloveniji, mentor izr. prof. dr. Tomaž Tolazzi, somentor mag. Vlasta Rodošek

Matej Frešer, Odvisnost tlačne in upogibne trdnosti visokovrednega betona od uporabljenega agregata, mentor pred. Samo Lubej, somentor mag. Barbara Treppo Mekiš

Danilo Karner, Analiza sovprežnega cestnega mostu razpona 60 metrov, mentor izr. prof. dr. Stojan Kravanja, somentor doc. dr. Miroslav Premrov

Tatjana Kozel, Zgodovinski pregled jeklenih gradenj, mentor izr. prof. dr. Stojan Kravanja, somentor pred. Boris Visočnik

Damjan Merzdovnik, Projekt organizacije gradbišča za objekt "stanovanjski blok Meža", mentor pred. Meta Zajc Pogorelčnik

Tjaša Simonič, Jekleni most razpona 50 metrov iz jekla Fe 360, mentor izr. prof. dr. Stojan Kravanja, somentor pred. Boris Visočnik

MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Ildiko Merta, Strižna nosilnost armiranobetonskih elementov krožnega prereza, mentor red. prof. dr. Branko Bedenik, somentor red. prof. dr. Lutz Sparowitz

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO - EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODAR- SKEGA INŽENIRSTVA

Aleš Rudl, Geotehnična izvedba enkrat sidranega pilotnega zidu in stroškovna analiza statičnih variant, mentor red. prof. dr. Ludvik Trauner, somentor viš. pred. Vukašin Ačanski

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

1/1
165 x 245 mm

2/3
108 x 223 mm

1/2
165 x 115 mm

1/4
165 x 60 mm

1/3
52 x 223 mm

Gradbeni vestnik je strokovno znanstvena revija, s katero predstavljamo slovenski in tuji strokovni javnosti dosežke z vseh področij gradbeništva. Revija je tudi člansko glasilo Zveze gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije ter Matične sekcije gradbenih inženirjev pri Inženirski zbornici Slovenije.

Revija izhaja mesečno v nakladi 2860 izvodov. Med naročniki je tudi 52 naslovov iz tujine; z nekaterimi tujimi naslovi pa si revijo izmenjujemo.

Leta 2001 smo skromno obeležili 50 letnico neprekinjenega izhajanja in si želimo, da bi se slovensko gradbeništvo z revijo ponašalo tudi v prihodnosti, ko bo z širjenjem globalizacije na veliki preizkušnji naša strokovna in nacionalna zavest. Če bomo sodelovali, bomo ohranili svojo prestižno, v slovenskem jeziku pisano revijo, ki nas bo povezovala, nas izobraževala, preko katere bomo lahko komunicirali s kolegi v domovini in tujini, se spoznavali in merili med seboj v znanju.

Bodočnost Gradbenega vestnika je odvisna od nas, zato Vas vabimo k pisanju člankov, v družbo naročnikov in k prispevanju reklamnih oglasov.

Uredništvo

NAVODILA ZA ODDAJO OGLASA

Oglas lahko oddate kot:

- rastrski format
JPEG, TIFF, EPS
- CDR (ver 8.0 ali manj),
pri čemer je potrebno
vse črke spremeniti v
krivulje

Vsebine je mogoče poslati z
redno pošto (disketa) ali po
E-pošti na naslednja
naslova:
gradb.zveza@siol.net
jtd.robert@siol.net

Za reklamne oglase se priporočamo po naslednjem ceniku:

Ovitek: zadnja stran 1/1 (165 x 245 mm)	200.000,00 SIT + DDV
Notranja stran 1/1 (165 x 245 mm)	150.000,00 SIT + DDV
N.S. 2/3 (108 x 233 mm)	130.000,00 SIT + DDV
N.S. 1/2 (165 x 115 mm)	100.000,00 SIT + DDV
N.S. 1/3 (52 x 233 mm)	75.000,00 SIT + DDV
N.S. 1/4 (165 x 60 mm)	40.000,00 SIT + DDV



**Kakovost
s
tradicijo**

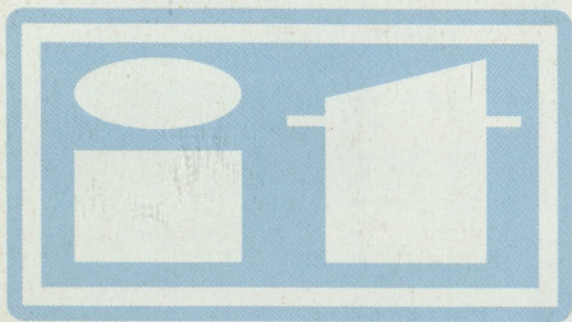
**ISO
9001**



**tiskarna
ljubljana, d.d.**

Poslovna enota:
1295 Ivančna Gorica, Stantetova 9
SLOVENIJA
telefon: ++386 (0)1 7887 222
telefax: ++386 (0)1 7887 237
e-mail: tiskarna.ljubljana@mrak.si





PRIPRAVLJALNI SEMINARJI ZA STROKOVNI IZPIT V GRADBENIŠTVU, V LETU 2003

MESEC	SEMINAR	IZPITI	
		REDNI	INŽ./TEH. Iz poseb. Imenika IZS
Junij			7.6.
September	22. - 26.		27.9.
Oktober	20. - 24.	pisni: 25.10.	
November	17. - 21.	ustni: 3. - 7.11. pisni: 22.11.	15.11.
December	15. - 19.	ustni: 1. - 4.12	

A. PRIPRAVLJALNE SEMINARJE

organizira **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS)**, Karlovška 3, 1000 Ljubljana (telefon/fax: 01 / 422-46-22), E-mail: gradb.zveza@siol.net

Redni seminar za GRADBENIKE poteka 5 dni (46 ur) in pripravlja kandidate za splošni in posebni del strokovnega izpita. Cena seminarja znaša 102.000,00 SIT z DDV.

Seminar za ARHITEKTE IN KRAJINSKE ARHITEKTE poteka (prve) 3 dni in jih pripravlja za splošni del strokovnega izpita. Cena seminarja je 51.600,00 SIT z DDV.

V sklopu rednih seminarjev pripravljamo za strokovni izpit tudi **INŽENIRJE in TEHNIKE, ki so vpisani v posebni imenik ODGOVORNIH PROJEKTANTOV pri IZS-MSG**. Njim so namenjena predavanja iz področij "Predpisi in standardi v gradbeništvu" ter "Investicijski procesi in vodenje projektov". Cena predavanj in literature je 51.600,00 SIT z DDV.

K seminarju vabimo tudi kandidate, ki so že opravili strokovni izpit po določeni stopnji izobrazbe, pa so s študijem pridobili višjo in morajo opravljati **dopolnilni strokovni izpit**. Ponujamo jim predavanje iz področja "Investicijski procesi in vodenje projektov". Cena predavanj in literature je 14.400,00 SIT z DDV.

Seminar ni obvezen! Izvedba seminarja je odvisna od števila prijav (najmanj 20). Udeleženca prijavi k seminarju plačnik (podjetje, družba, ustanova, sam udeleženec ...). Prijavo v obliki dopisa je potrebno poslati organizatorju (ZDGITS) **najkasneje 20 dni** pred pričetkom določenega seminarja. Prijava mora vsebovati: priimek, ime, poklic (zadnja pridobljena izobrazba), in naslov prijavljenega kandidata ter naslov in davčno številko plačnika. Samoplačnik mora k prijavi priložiti kopijo dokazila o plačilu. Poslovni račun ZDGITS je 02017-0015398955; davčna številka 79748767.

B. STROKOVNI IZPITI

potekajo pri **Inženirski zbornici Slovenije (IZS)**, Jarška 10-B, 1000 Ljubljana. Informacije je mogoče dobiti vsak delavnik pri ge. Terezi Rebernik od 10.00 do 12.00 ure, po telefonu 01 / 547-33-15; fax. 01 / 547-33-20, spletna stran: <http://www.izs.si> (kjer se nahajajo vse informacije o strokovnih izpiti, izpitni programi in prijavni obrazec!).

K strokovnemu izpitu se je obvezno prijaviti 20 dni pred razpisanim izpitnim rokom.