

GRADBENI VESTNIK

Poštnina plačana pri
pošti 1102 LJUBLJANA

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

DECEMBER 2002



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

Lektorica:
Alenka **RAIČ - BLAŽIČ**

Tehnični urednik:
Danijel **TUDJINA**

Uredniški odbor:
Mag. Gojmir **ČERNE**
Gorazd **HUMAR**
Doc. dr. Ivan **JECELJ**
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: 2860 izvodov

Revijo izdajata **ZVEZA DRUŠTEV GRAD-
BENIH 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 5000 SIT; za
študente in upokoјence 2000 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 desni 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: FGG, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA oz. janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V spremnem dopisu mora avtor članka napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren. Prispevke je treba poslati v enem izvodu na papirju in v elektronski obliki v formatu MS WORD.

Uredniški odbor

VSEBINA - CONTENTS

Uvodnik

Stran 336
M. Vengust

NOVOLETNO VOŠČILO



Nagrajeni gradbeniki

Stran 337
B Zadnik

MIHA REMEC,
univ.dipl.inž.grad.



Stran 338

VUKAŠIN AČANSKI,
univ.dipl.inž.grad.



Stran 339

GORAZD PUST,
univ.dipl.inž.grad.



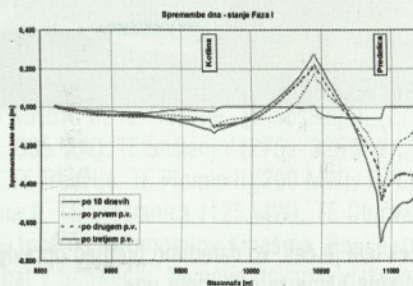
Članki, študije, razprave

Articles, studies, proceedings

Stran 339

M. Mikoš, L. Štravs, G. Petkovšek, M. Brilly
**PRODNA BILANCA POVODJA REKE
KORITNICE -
2. MORFOLOŠKE SPREMEMBE**

**SEDIMENT BUDGET OF THE KORITNICA
RIVER BASIN - 2. MORPHOLOGICAL
CHANGES**



Stran 346

A. Petkovšek

**POMEN GEOTEHNIČNIH RAZISKAV PRI
PREUČEVANJU DROBIRSKIH TOKOV IN
PRVE SLOVENSKE IZKUŠNJE**

**THE IMPORTANCE OF GEOTECHNICAL
RESEARCH IN STUDYING DEBRIS
FLOWS AND THE FIRST SLOVENIAN
EXPERIENCES**



M. VENGUST: Predsednikovo voščilo



PREDSEDNIKOVO VOŠČILO

Zaključek leta je čas, ko naredimo pregled opravljenega dela in pripravljamo plane za prihodnje leto.

Gradbeniki največkrat ne znamo primerno poudariti in predstaviti svojega dela pri načrtovanju, pripravi programov, nadzoru, kontroli kvalitete, izvedbi del in vzdrževanju.

Zaradi marljivega dela naših strokovnjakov in v sodelovanju z mnogimi drugimi strokami, smo zaslužni tako za sanacije plazov kakor tudi zahtevne sanacije zgradb po potresu v Posočju. Zaslužni smo za nove kilometre avtocestnih odsekov, številnih regulacij rek, gradimo energetske objekte. Rastejo novi stanovanjski in poslovni objekti, vključeni smo v procese vzgoje in izobraževanja na vseh nivojih.

Združeni v zbornici (IZS-MSG) in povezani v naši že 52 let stari stanovski zvezi (ZDGITS) smo prispevali pomemben delež pri pripravi zakonodaje. V prihodnjem letu bomo dobili v rabo nov zakon o graditvi objektov. Inženirska zbornica (IZS) skrbi za evidenca pooblaščenih inženirjev, za mednarodne povezave in izmenjave izkušenj.

Obe organizaciji sta letos združili sredstva in omogočili nemoteno izdajo GRADBENEGA VESTNIKA, ki mu v letu 2003 obljublamo novo obliko in več dodanih uporabnih vsebin.

Naša naloga je, da osvežitev svojega glasila dosežemo z lastnimi prispevki in manj s kritikami na račun tistih, ki se vsa leta trudijo, da glasilo izhaja. Glasilo bo zanimivo, če bodo v njem članki iz vsakdanje prakse, uvedbe novih materialov, novih tehnologij, izkušnje pri sanacijah, problematika vzgoje in izobraževanja kadrov, politika šolskega sistema itd. Za takšen strokovni časopis sem prepričan, da bo "po meri članstva". Veseli bomo prispevkov, ki bodo obravnavali problematiko, s katero se srečujemo pri svojem vsakdanjem ustvarjalnem delu.

Na koncu se želim zahvaliti za sodelovanje vsem posameznim društvom ter obema strokovnima sodelavkama.

V letu 2003 želim vsem članicam in članom veliko zdravja, osebne sreče, poslovnih in delovnih uspehov.

Srečno!

Predsednik ZDGITS
Marjan Vengust

Uredniški odbor

NAGRAJENI GRADBENIKI



MIHA REMEC,
univ. dipl. inž. grad.,

**NAGRADA IZS ZA
INŽENIRSKÉ DOSEŽKE
2002**

Miha Remec, univerzitetni diplomirani inženir gradbeništva, je ob zaključku svoje bogate profesionalne kariere prejel nagrado Inženirske Zbornice Slovenije za izjemne inženirske dosežke. Nagrajenec je eden najuglednejših projektantov termoelektričnih in industrijskih objektov v Sloveniji in v bivši Jugoslaviji. Vse svoje poklicno življenje je posvetil gradbenemu projektiranju ter vodenju projektov s tega zelo specializiranega področja, pa tudi mnogim drugim.

Rodil se je na Lancovem pri Radovljici l. 1934 in diplomiral l. 1959 na FAGG v Ljubljani na gradbenem oddelku. Še istega leta je pričel strokovno pot projektanta pri firmi Zueblin v Stuttgartu v Nemčiji. Po letu dni dela v tujini se je vrnil v domovino in bil dve leti zaposlen na Fakulteti za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo kot asistent pri predmetu Statika na oddelku za arhitekturo. Od l. 1963, ko se je zaposlil pri Inženirskem biroju Elektroprojekt (IBE), do upokojitve l. 2002 pri isti firmi, je projektiral številne termoelektrične in industrijske objekte doma in v tujini. Imel je tudi posebno srečo, ki si jo želi vsak projektant, saj so bili praktično vsi projekti, ki jih je načrtoval, tudi realizirani in pričajo o uspešnih in inovativnih zasnovah, ki jih je prispeval s svojim znanjem, ustvarjalnim instinktom, trdim delom in uspešnim vodenjem svoje ekipe. V svoji strokovni karieri je prešel vse razvojne stopnje inženirja, od samostojnih strokovnih del statika do vodje projekta za najzahtevnejše objekte termoelektrarn. Sodeloval je tudi pri projektiranju in izgradnji številnih industrijskih objektov predvsem v Sloveniji, Kosovu, Bosni in Hercegovini, Nemčiji in takratni Sovjetski zvezi. Od objektov, ki jih je projektiral oziroma pri njihovi zasnovi in

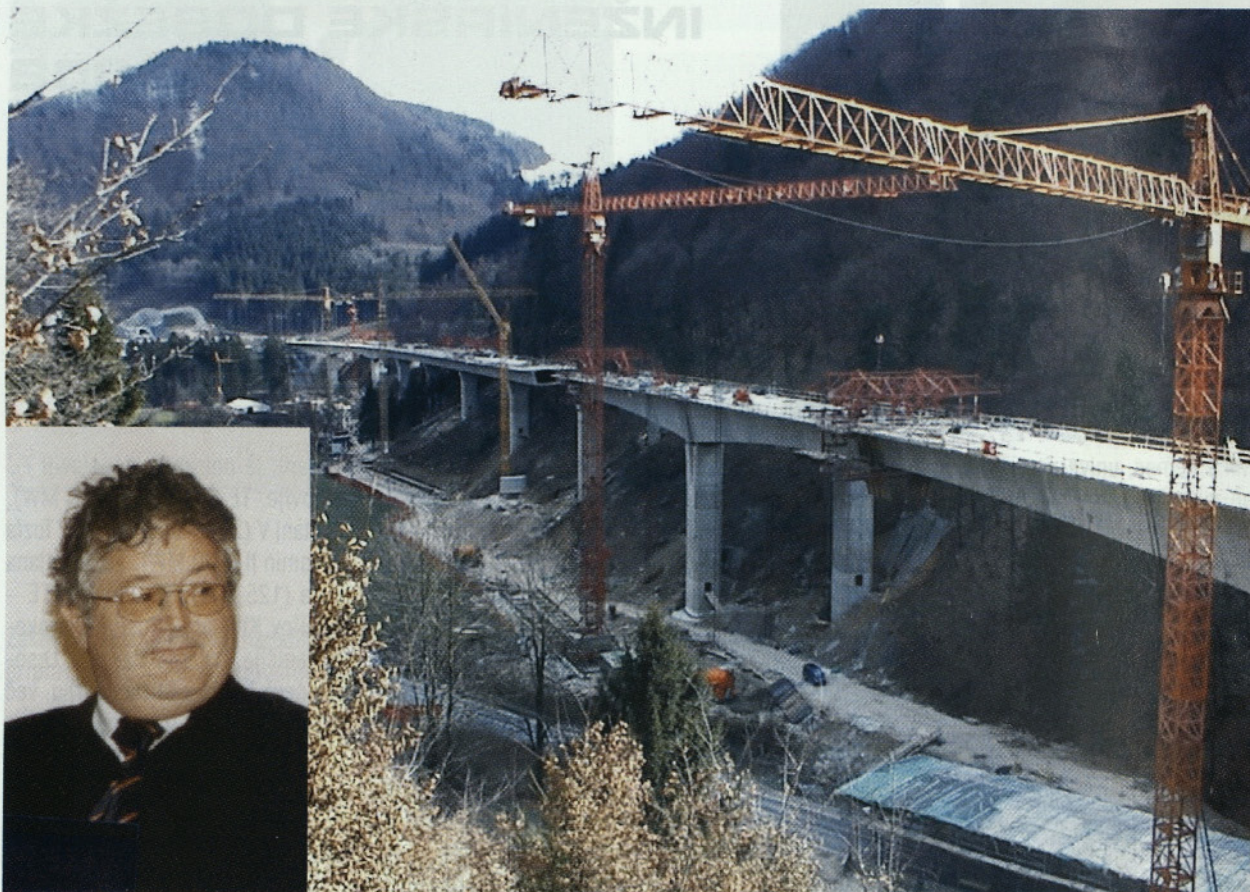
izgradnji sodeloval kot konzultant, je potrebno izpostaviti TO Kosovo I, TO Kosovo II, TE Trbovlje, TE Šoštanj III (275 MW), TE Šoštanj IV (335 MW), TE Šoštanj V (275 – 325 MW), TE Tuzla B (500 MW), TE Trbovlje, TE Plomin II (200 MW), TO Ljubljana I, TO Ljubljana II, TE Brestanica (125 MW), TE Obrovac, TE – TO Ljubljana, tovarno avtomobilov Kinešma, Rusija, petrokemijski kombinat v Schwedtu, Nemčija, tovarno vlaknenk Lesonit v Ilirski Bistrici, tovarno vlaknenk Lesna v Otiškem Vrhu, več objektov v sklopu tovarne Belinka Ljubljana in druge.

Realizirane projektne rešitve kažejo na veliko mero inženirskega občutka za optimalne konstrukcijske rešitve in inovativni pristop pri reševanju najtežjih inženirskih problemov. Tako je na primer temeljenje posameznih vitalnih objektov v TE Šoštanj rešil s takrat originalno idejo seizmične izolacije temeljev.

S svojim delom je izredno uspešno promoviral svoj poklic in s tem tudi inženirsko stroko v širšem smislu, kar je zelo pomembno za napredek stroke in zaradi česar mu je Inženirska zbornica Slovenije podelila častno nagrado.

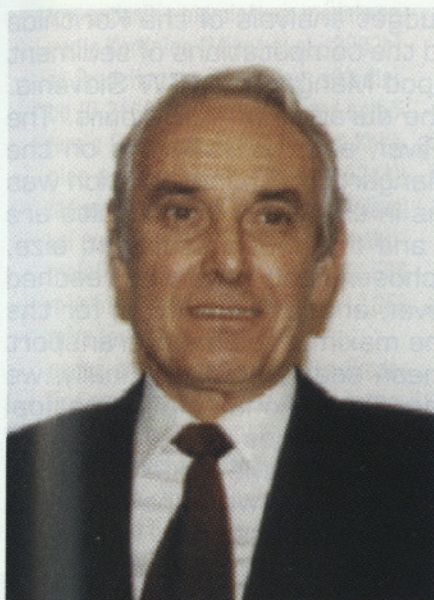
VUKAŠIN AČANSKI,
univ. dipl. inž. grad.,

NAGRADA IZS ZA INŽENIRSKÉ DOSEŽKE 2002



Vukašin Ačanski, univ. dipl. inž. grad., je nagrado za inženirske dosežke dobil za projekt armiranobetonske in prednapete konstrukcije viadukta Ločica na avtocestnem pododseku Vransko – Trojane. Viadukt Ločica sestavljata dve ločeni konstrukciji dolžine okoli 869 oz. 849 m. Poleg velikih razponov polj ($70 + 104 + 2 \times 70 + 3 \times 70,06 + 90,08 + 125 + 80 + 50$ in $70 + 104 + 2 \times 70 + 4 \times 69,94 + 125 + 80 + 50$) ima viadukt, katerega prekladna konstrukcija je bila zgrajena s prosto konzolno gradnjo, še več posebnosti. Potek avtoceste je bil izbran tako, da je bilo neposrednih vplivov gradnje na okolje čim manj. Oblika podporne in prekladne konstrukcije viadukta je prilagojena oblikam terena in obstoječim cestam. S temeljnimi vodnjaki so bili posegi v strma pobočja doline zmanjšani na najmanjši možni obseg. Pri viaduktu Ločica je bila prvič v Slove-

niji uporabljena potresna izolacija mostne konstrukcije, kar bo tudi po najmočnejših predvidenih potresih omogočalo nemo-teno uporabo viadukta. Vse navedeno je bilo zaradi številnih faz gradnje in reoloških lastnosti mogoče obvladati le z najsodobnejšimi orodji za projektiranje konstrukcij. Ker prekladna konstrukcija ni toga povezana s stebri, je bilo med gradnjo potrebno njeno začasno stabiliziranje s posebnimi zategami, pritrjenimi v temelje stebrov. Posebnost konstrukcije je tudi regulacija položaja prekladne konstrukcije na vrhu stebrov s sinhroniziranimi hidravličnimi dvigalkami. K uspešnemu zaključku gradnje so poleg nagrajenca pomemben delež prispevali tudi sodelavci Janez Pugelj, Marko Završki, Peter Gabriječič, Bojan Majes, Marko Fašalek, Matej Fischinger, Milenko Pržulj, Pavel Saje, Jože Herga, Aleksander Milojevič in Mirko Hausmeister.



GORAZD PUST,
univ. dipl. inž. grad.,

ČASTNI ČLAN
INŽENIRSKÉ ZBORNICE
SLOVENIJE 2002

Med prvimi, ki jih je Inženirska zbornica Slovenije na drugem dnevu inženirjev in arhitektov v Mariboru proglasila za svoje častne člane, je tudi gradbenik Gorazd Pust. Kot kandidat Matične sekcije gradbenih inženirjev je bil na prvi skupščini IZS 17.03.1997 izvoljen za predsednika zbornice. S svojimi vodstvenimi izkušnjami na področju inženiringa doma in v tujini ter dela v državni upravi je odločilno prispeval k premagovanju ovir, ki so se pojavljale v prvih letih po ustanovitvi zbornice. Zaslužen je za sodelovanje z Bavarsko inženirsko zbornico, kar je poleg spoznavanja tamkajšnjih izkušenj pospešilo tudi sodelovanje z drugimi evropskimi inženirskimi združenji.

PRODNA BILANCA POVODJA REKE KORITNICE - 2. MORFOLOŠKE SPREMEMBE

SEDIMENT BUDGET OF THE KORITNICA RIVER BASIN - 2. MORPHOLOGICAL CHANGES

ZNANSTVENI ČLANEK

UDK 551.3 : 532.57 : 627.157

MATJAŽ MIKOŠ, GREGOR PETKOVŠEK, LUKA ŠTRAUS, MITJA BRILLY

P O V Z E T E K Kot del prodne bilance povodja reke Koritnice smo opravili račune profilne premestitvene zmogljivosti reke Koritnice na območju Loga pod Mangartom. Izbrali smo poplavni val z 2-letno povratno dobo, ki ima maksimalni pretok na reki Koritnici $34,586 \text{ m}^3/\text{s}$ in na hudourniku Predelica $12,958 \text{ m}^3/\text{s}$ ter traja skupaj 133 ur. Račune smo izvedli za značilna padca struge obeh vodotokov na območju Loga pod Mangartom ter rezultate prikazali v odvisnosti od širine dna struge obeh vodotokov ter srednjega zrna plavin v premeščanju. Maksimalna profilna premestitvena zmogljivost je za izbrani poplavni val na Predelici dosežena za širino dna struge do največ 6 m in na reki Koritnici za širino dna struge največ 10 m. Izračunana optimalna širina dna za doseg maksimalne profilne premestitvene zmogljivosti je izrazito odvisna od srednjega zrna plavin v premeščanju. Na koncu smo še opravili račun gibanja izbranih poplavnih valov s pomočjo enodimenzijskega matematičnega modela z namenom prikazati morfološke spremembe dna struge Koritnice na območju sotočja s Predelico. Model je kljub dotoku plavin iz zaledja napovedal poglobitev dna struge Koritnice na območju sotočja s Predelico velikostnega reda do 1 m po prehodu treh zaporednih izbranih poplavnih valov.

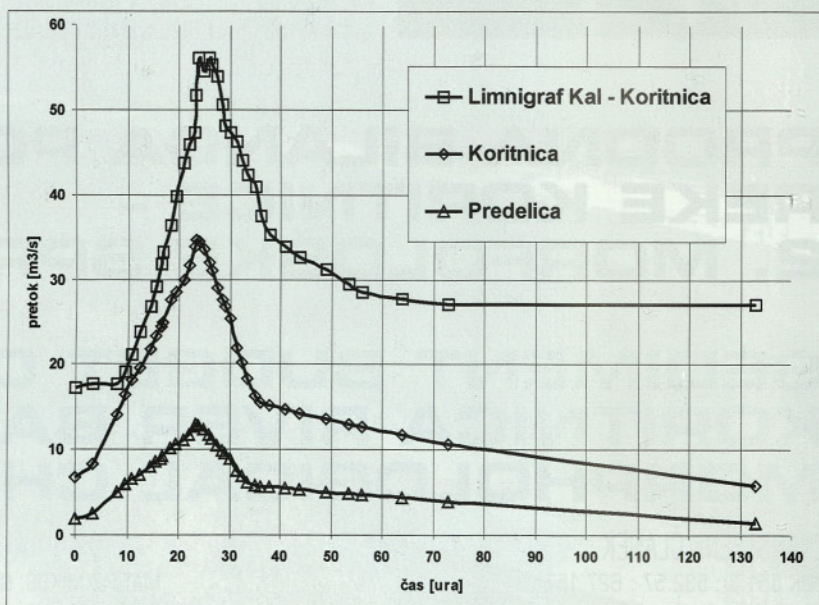
S U M M A R Y As a part of the sediment budget analysis of the Koritnica River basin we first performed the computations of sediment transport capacity in the river reach in the village of Log pod Mangartom, SW Slovenia. We chose a flood wave with a 2-year return period and the duration of 133 hours. The peak flood discharge was 34,586 m³/s on the Koritnica River, and 12,958 m³/s on the Predelica Torrent, its right-hand side tributary in Log pod Mangartom. The calculation was based on the characteristic bed slopes of the two streams in this area. The results are shown as a function of the bed width of both streams, and the mean sediment size, respectively. Maximal sediment transport capacity for the chosen flood wave was reached for the river bed width less than 10 m for the Koritnica River, and less than 6 m for the Predelica Torrent. The computed optimal bed width giving the maximal sediment transport capacity in a cross section was strongly related to the mean sediment size. Finally, we computed the routing of several flood waves using one dimensional mathematical sedimentological and hydraulic model to show the morphological changes of the channel of the Koritnica River. Despite intensive sediment supply from headwaters, the model predicted the erosion of the Koritnica River bed in the section of the confluence with the Predelica Torrent to be up to 1 m after three consecutive chosen flood waves passed.

1. UVOD

V prvem delu prispevka o prodni bilanci povodja reke Koritnice [Mikoš et al., 2002c] smo opisali znavostno analizo sedimentov (odkladnin drobirskega toka po plazu Stože) in račun letne profilne premestitvene zmogljivosti reke Koritnice na območju Loga pod Mangartom. V tem delu nadaljujemo z računom profilne premestitvene zmogljivosti krajšega poplavnega vala in te račune primerjamo z rezultati enodimenzijskega matematičnega modela sprememb dna struge Koritnice na območju sotočja s Predelico.

2. RAČUNI PREMESTITVENE ZMOGLJIVOSTI REKE KORITNICE ZA IZBRANI POPLAVNI VAL

Postopek računa profilne premestitvene zmogljivosti smo že opisali v prvem delu prispevka [Mikoš et al., 2002c]. Tako smo tudi račune profilne premestitvene



Slika 1: Izbrani poplavni val na Predelici in Koritnici s povratno dobo 2 leti.

zmogljivosti reke Koritnice za izbrani poplavni val (slika 1) izvedli s pomočjo programa MPM. Račune prodne premestitvene zmogljivosti reke Koritnice in Predelice za izbrani poplavni val smo izvedli s pomočjo naslednjih vhodnih podatkov

oziroma za naslednje pogoje:

- uporabili smo letne krivulje trajanja pretokov voda, ki smo jih izračunali iz rezultatov hidrološke analize podatkov za vodomerno postajo Kal-Koritnica (limnigraf) ob uporabi utežnih koeficien-

Avtorji:

izr. prof. dr. Matjaž Mikoš, univ.dipl.inž.grad., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, Ljubljana

dr. Gregor Petkovšek, univ.dipl.inž.grad., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, Ljubljana

Luka Štraus, univ.dipl.inž.grad. Ministrstvo za okolje, prostor in energijo, UPP, Dunajska 21, Ljubljana

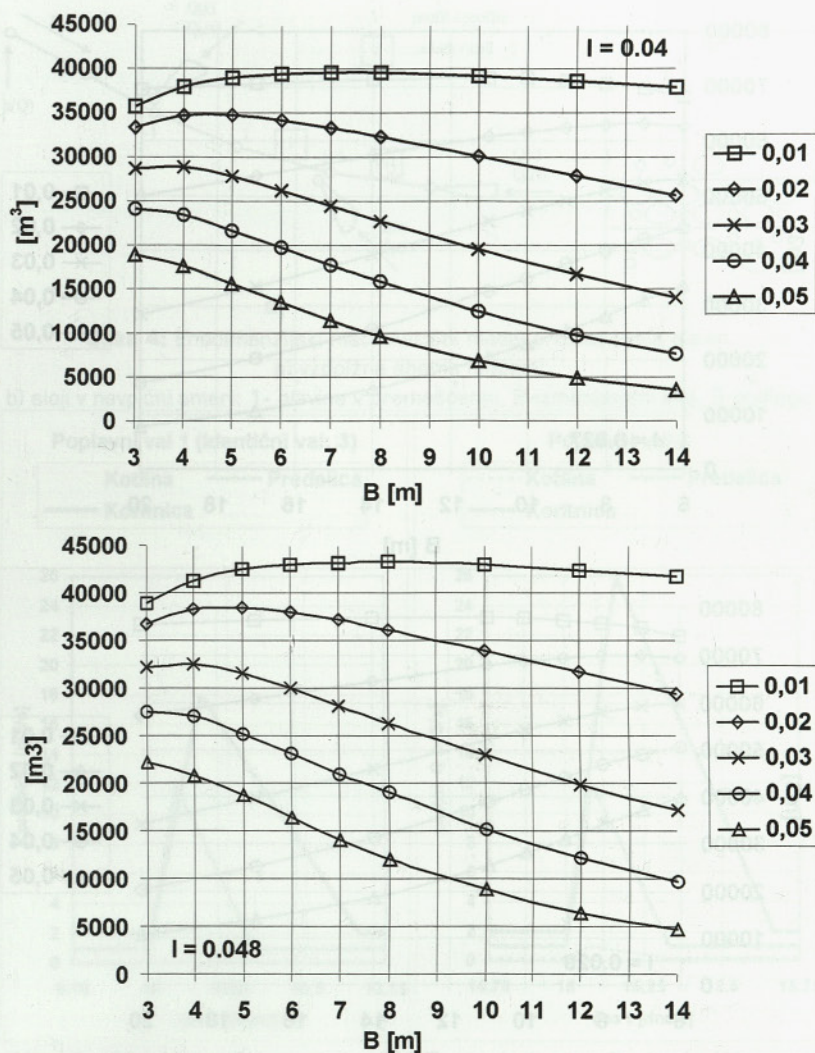
prof. dr. Mitja Brilly, univ.dipl.inž.grad., Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Jamova 2, Ljubljana

- tov, podanih v hidrološkem modelu povodja Koritnice [Mikoš et al., 2002b]: za Predelico pred sotočjem s Koritnico (0,2160), za Koritnico pred sotočjem s Predelico (0,3084) in za Koritnico pred sotočjem z Rojo (0,5244);
- račune smo izvedli za izbrani poplavni val povratne dobe 2 leti, ki ima maksimalni pretok na reki Koritnici 34,586 m³/s in na hudourniku Predelica 12,958 m³/s ter traja skupaj 133 ur;
 - padec dna struge Koritnice in Predelice smo privzeli iz idejne zasnove ureditve strug obeh vodotokov od Gorenjega Loga do Možnice [VGI, 2001];
 - širino dna struge Koritnice smo spreminjali od 6 do 11 m in struge Predelice od 3 do 8 m, da bi prikazali vpliv spremembe širine dna vodotoka na njegovo premestitveno zmogljivost;
 - nagib brežin prečnih prerezov smo privzeli kot 1:2 iz idejnih zasnov ureditve strug Koritnice in Predelice od Gorenjega Loga do Možnice [VGI, 2001];
 - aritmetično srednje zrno plavin smo spreminjali od 10 mm do 50 mm, da bi prikazali vpliv spremembe zrnivosti dotekajočih plavin in zrnivosti spiranih odloženih mas murastega toka v dnu strug obeh vodotokov na premestitveno zmogljivost;

Rezultati računov profilne premestitvene zmogljivosti so za izbrani poplavni val z 2-letno povratno dobo za Predelico in Koritnico prikazani na slikah 2 in 3.

3. NAPOVED HIDROMORFOLOŠKEGA RAZVOJA STRUGE REKE KORITNICE

Do sedaj smo vrednotili povprečno letno profilno premestitveno zmogljivost Koritnice in Predelice v različnih hidroloških letih [Mikoš et al., 2002c] in njuno profilno premestitveno zmogljivost v času trajanja izbranega poplavnega vala z 2-letno povratno dobo, pri čemer smo spreminjali širino dna struge obeh vodotokov ter zrnavost plavin ter kot konstanto upoštevali predlagani vzdolžni padec obeh strug v idejnem projektu ureditve [VGI,



Slika 2: Premestitvena zmogljivost Predelice [m³] za poplavni val povratne dobe 2 leti v odvisnosti od širine dna struge vodotoka [m]. Rezultati so prikazani za dva izbrana vzdolžna padca struge vodotoka 0,040 in 0,0428, vsakič za pet različnih zrnavosti plavin d_m [m]. Privzeta je trapezna oblika prečnega prereza in naklon brežin 1:2 [VGI, 2001].

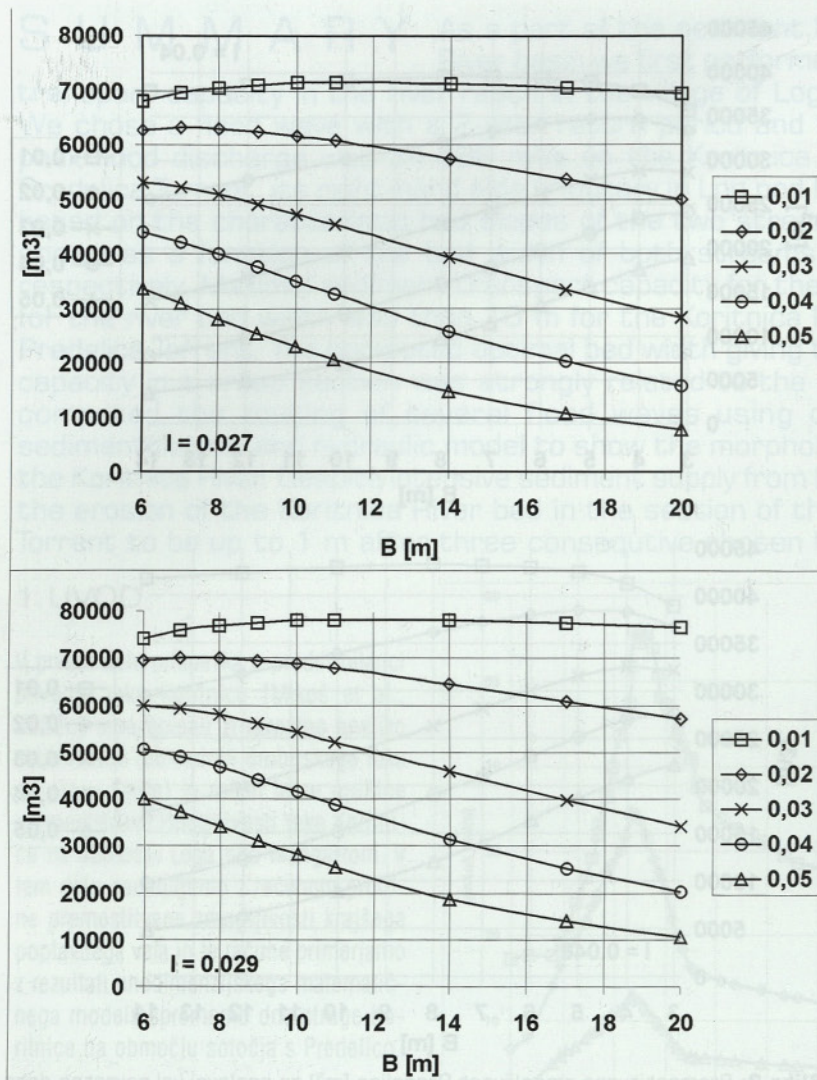
2001]. Takšna analiza lahko da le prvi vpogled v primernost izbranih širin in vzdolžnih padcev strug obeh vodotokov, saj ne upošteva dinamike razvoja strug, predvsem:

- vplivov dotokov plavin iz zaledja na zasičenost vodnih tokov;
- časovnega spreminjanja pretokov;
- nenehnega prilagajanja struge pretokom voda in plavin (odlaganje in erodiranje plavin, skladno z dejanskimi pretoki in njihovo premestitveno zmogljivostjo).

Če želimo napovedati hidromorfološki

razvoj struge reke Koritnice, bi morali strogo znanstveno uporabiti popolni tri-dimenzionalni model toka vode in plavin, torej kompleksen hidrodinamični in sedimentološki model. Tovrstni modeli zahtevajo vrsto zelo podrobnih terenskih podatkov, ki za naš primer niso na razpolago. Zato smo pri obravnavi hidromorfološkega razvoja struge reke Koritnice izbrali enodimenzijski matematični model premeščanja rinjenih plavin na nivoju povodja, ki je bil razvit za primer povodja Save Dolinke [Petkovšek, 1998].

Sedimentološki in hidravlični del sta v



Slika 3: Premestitvena zmogljivost Koritnice [m³] pod sotočjem s Predelico za poplavni val povratne dobe 2 leti v odvisnosti od širine dna struge vodotoka [m]. Rezultati so prikazani za dva izbrana vzdolžna padca struge vodotoka 0,027 in 0,029, vsakič za pet različnih zrnivosti plavin d_m [m]. Privzeta je trapezna oblika prečnega prereza in naklon brežin 1:2 (VGI, 2001).

matematičnem modelu ločena. Sedimentološki del modela je frakcijski, s čimer je omogočena simulacija procesov razvrščanja plavin. Pri tem račun premeščanja rinjenih plavin temelji na Hunzikerjevih enačbah [Hunziker, 1997], kontinuitetna enačba za zrnavost izmenjevalnega sloja pa je privzeta po Hiranu [Hirano, 1971]. Hidravlični del modela omogoča račun stalnega mirnega neenakomernega toka v strugi s spremenljivo širino dna vzdolž struge. Širina struge je upoštevana kot nespremenljiva s časom (bočna erozija ni upoštevana), zanemaren je tudi upor

brežin. Mogoče je upoštevati vplive stranskih dotokov vode in plavin v poljubni količini in zrnivosti. Model je z vsemi naštetimi komponentami primeren za simulacijo pojavov iz hidrotehnične prakse, kot so zaprojevanje akumulacij, erozija rečnih strug zaradi povečane premestitvene zmogljivosti ali prekinjenega dotoka plavin in podobno.

Vse enačbe modela so frakcijske, kar nam ne omogoča samo vpogled v skupno količino plavin v premeščanju, temveč tudi v njihovo zrnavostno porazdelitev. Tako

lahko modeliramo tudi zahtevnejše pojave, kot sta razvrščanje plavin in nastanek posteljice. V vzdolžni smeri tvorijo model profili in odseki med njimi. V profilih je možen dotok vode in plavin iz pritokov (slika 4a). V vertikalni smeri je model sestavljen iz treh slojev (slika 4b). Za debelino izmenjevalnega sloja večina avtorjev [Hoey in Ferguson, 1994] priporoča vrednost $\delta = 2 d_{90}$ oziroma $\delta = 2 d_{84}$, kar so potrdili tudi z laboratorijskimi poskusi.

Premeščanje rinjenih plavin se v modelu računa na podlagi Meyer-Petrove in Müllerjeve enačbe (MPM) ob upoštevanju sprememb zaradi nastanka posteljice [Günter, 1971] in razširitve s Hunzikerjevimi frakcijskimi enačbami (1995). Podrobnejši opis modela je možno najti v [Petkovšek, 1998]. Robni pogoji v spodnji točki je krivulja pretok vode - kota gladine $Q(h)$, v zgornji točki in na pritokih pa so robni pogoji vhodni hidrogrami $Q(t)$ ter količina in zrnavost dotekajočih plavin $Q_B(t)$.

Za potrebe napovedi razvoja morfoloških sprememb struge reke Koritnice je bilo potrebno matematični model nadgraditi, in sicer:

- v sedimentološki del modela je bil dodan člen, ki omogoča upoštevanje prehoda drobnih zrn plavin, ki se erodirajo v dnu struge, v lebdeče stanje in nadaljnje premeščanje v obliki lebdečih plavin, ki se ne odlagajo ali posejajo;
- hidravlični del modela je bil izpopolnjen tako, da je bil stabilen tudi v težkih računskih razmerah, ko so prehodi hitri in je razlika kot dna dveh zaporednih profilov večja ali komaj manjša od globine vodnega toka.

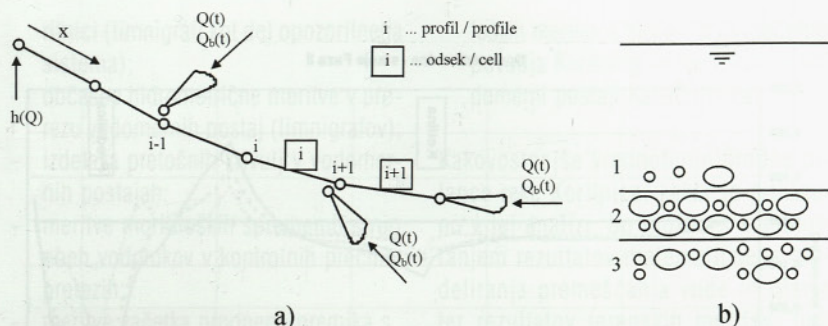
Za umerjanje modela ni bilo na voljo nobenih podatkov. Zato so bili parametri modela, tako hidravlični (dejanski Manningov koeficient upora toku) kot sedimentološki (npr. brezdimenzijska kritična strižna napetost), izbrani na podlagi oglada oziroma podobnih primerov. Izkušnje kažejo, da so rezultati kljub temu

kvalitativno pravilni, tj. kažejo prava mesta poglobljanja oziroma zasipavanja dna.

Območje simulacije zajema strugo Koritnice od novega mostu do 200 m nad so-točjem Koritnice in Predelice. To je območje, ki je obdelano v idejni zasnovi ureditev strug Predelice in Koritnice. Na tem odseku Koritnice sta kot pritoka v modelu prikazana pritoka Kotlina in Predelica. Vhodni hidrogram smo sestavili iz treh poplavnih valov, ki nastopijo v desetem, petnajstem in dvajsetem dnevu (slika 5). Konice poplavnih valov predstavljajo približno srednjo letno visoko vodo. Prvi in tretji val sta identična, drugi val pa je na Koritnici nekoliko višji. Na začetku in med poplavnimi valovi je pretok vode v hudourniškem pritoku Kotlina $0,2 \text{ m}^3/\text{s}$, po Predelici $1 \text{ m}^3/\text{s}$ in po Koritnici $2 \text{ m}^3/\text{s}$, kar približno ustreza srednjim pretokom. Dotok plavin v sistem je bil enak premestitveni zmogljivosti obravnavanih vodotokov.

Izvedeni sta bili dve računalniški simulaciji: prva s širinami dna strug vodotokov, kot so predvidene v prvi fazi (Koritnica 8 m, Predelica 6 m), druga pa s širinami dna, kot so predvidene v drugi fazi izvedbe (Koritnica 18 m, Predelica 14 m). Začetne kote dna so bile pri obeh omenjenih simulacijah enake, in sicer take, kot so izvedene po prvi fazi urejanja. Prav tako je bila v obeh primerih uporabljena enaka zrnastost plavin. Velikost srednjega zrna plavin je znašala 45 mm. Rezultati razvoja dna v prvi simulaciji so prikazani na sliki 6, v drugi pa na sliki 7. Prodna bilanca v obliki prostorninskih sprememb dna in prostornin dotekajočih in iztekajočih plavin iz obravnavanega odseka je podana v preglednici 1.

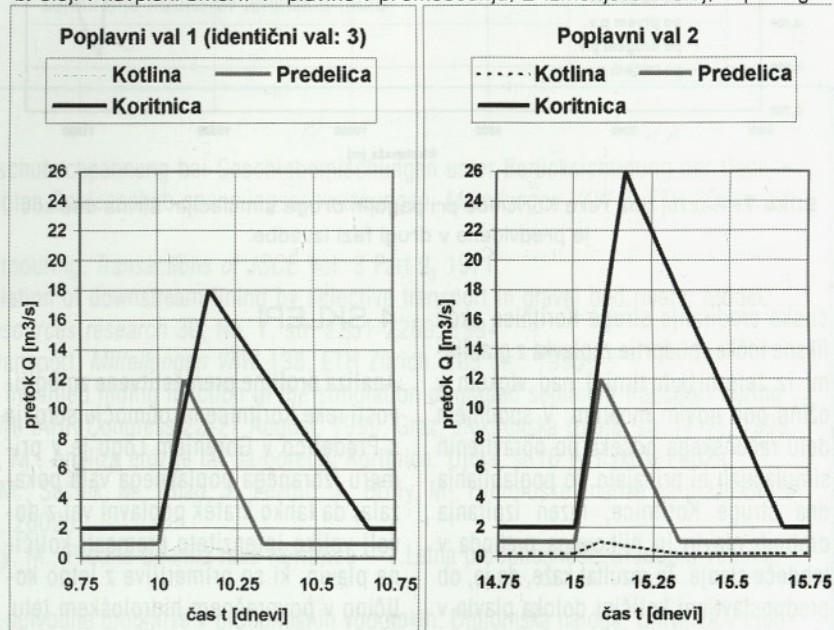
Na podlagi preliminarne računov lahko ugotovimo, da izbrana širina 8 m in 6 m za strugi Koritnice in Predelice v 1. fazi njihove ureditve resnično omogočata intenzivno poglobljanje pri povišanih pretokih. Spiranje in poglobljanje dna se tako začne pri pretočnih globlinah 20 do 30 cm, kar ustreza dejanskemu stanju na terenu. S časom lahko pričakujemo rota-



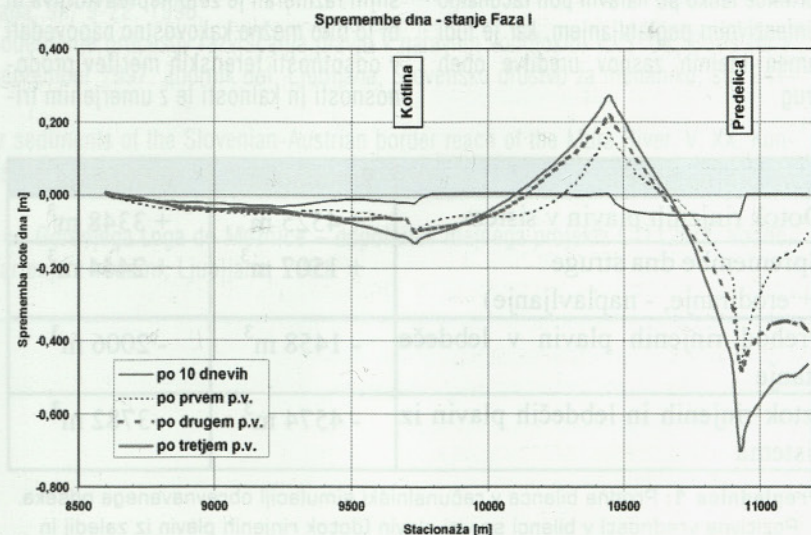
Slika 4: Enodimenzijski matematični model premeščanja plavin.

a) vzdolžna shema modela;

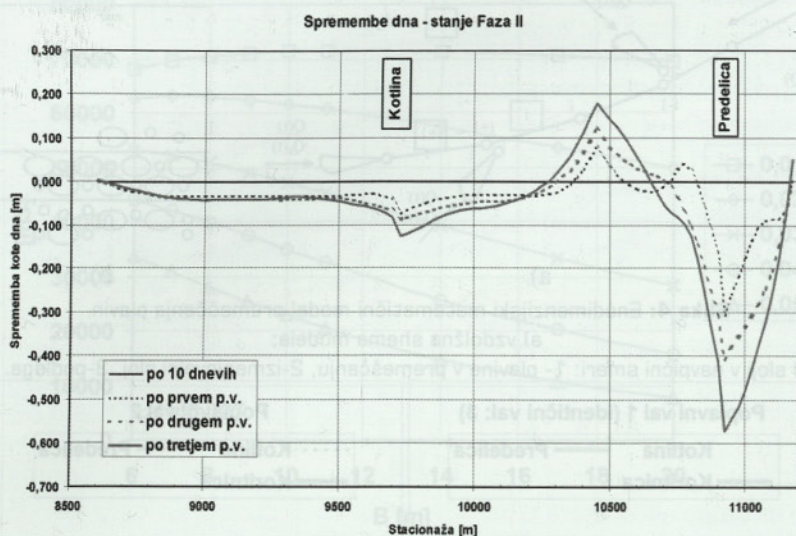
b) sloji v navpični smeri: 1- plavine v premeščanju, 2-izmenjevalni sloj, 3-podlaga.



Slika 5: Vhodni hidrogram za računalniško simulacijo razvoja dna: prvi in tretji poplavni val (levo) in drugi poplavni val (desno).



Slika 6: Razvoj dna reke Koritnice pri pogojih prve simulacije: širina dna, kot je predvidena v prvi fazi izvedbe.



Slika 7: Razvoj dna reke Koritnice pri pogojih druge simulacije: širina dna kot je predvidena v drugi fazi izvedbe.

cijsko erodiranje struge Koritnice okoli fiksne točke (podprtje zaplavlka z grabljami iz železniških tirnic) nad vtokom v ožino pod novim mostom. V spodnjem delu računskega odseka po opravljenih simulacijah ni prihajalo do poglobljanja dna struge Koritnice, razen izpiranja drobnih plavin in njihovega prehoda v lebdeče stanje. Ta rezultat kaže, da je, ob predpostavljeni količini dotoka plavin v sistem, padec dna na tem odseku ustrezen. Na območju sotočja Predelice in Koritnice lahko po naravni poti računamo z intenzivnim poglobljanjem, kar je tudi namen idejnih zasnov ureditve obeh strug.

4. SKLEPI

Analiza profilne premestitvene zmogljivosti reke Koritnice na območju sotočja s Predelico v Gorenjem Logu je v primeru izbranega poplavnega vala pokazala, da lahko kratek poplavni val z dovolj veliko intenziteto premesti količine plavin, ki so primerljive z letno količino v povprečnem hidrološkem letu.

Prodna bilanca reke Koritnice v današnjih razmerah je zelo nepredvidljiva in bi jo bilo možno kakovostno napovedati v odsotnosti terenskih meritev prodonosnosti in kalnosti le z umerjenim tri-

dimenzijskim modelom gibanja vode in plavin, kar presega trenutne možnosti ter obenem zahteva veliko preveč kakovostnih podatkov, ki jih ni na voljo. Tako smo razvili in umerili enodimenzijski model premeščanja vode in plavin, in sicer na podlagi razpoložljivih podatkov in dosedanjih lastnih izkušenj s takimi modeli oziroma navedbami v literaturi. Z modelom smo poskušali napovedati trende v prihodnjem hidromorfološkem razvoju dna struge reke Koritnice.

Obdobje izvajanja del na oblikovanju obeh strug ni bil ravno primeren čas za umerjanje enodimenzijskega modela. Ker je 1. faza ureditve strug Predelice in Koritnice končana, je sedaj nujno začeti z meritvami v kontrolnih prečnih prerezi na obeh vodotokih ob istočasnem merjenju pretokov z limnigrafom kot delom bodočega opozorilnega sistema. Takšna podatkovna baza bi omogočila kakovostnejše umerjanje modela in nato napoved prihodnjega morfološkega razvoja struge reke Koritnice. Največja ovira je seveda dejstvo, da je model enodimenzijski in ne omogoča upoštevanje bočnega erodiranja brežin. V nadaljnjih fazah dela na določanju prodne bilance reke Koritnice bi bilo možno uporabljati tudi zahtevnejše modele, npr. dvodimenzijski model GSTARS, ki omogoča vrednotenje vpliva širjenja struge prodonosnega vodotoka.

Odprto je tudi vprašanje dotokov plavin po Predelici in Koritnici. Predvsem bi bilo treba ugotoviti, kolikšno količino dotekajočih plavin lahko pričakujemo po obeh vodotokih. Na možne scenarije bo vsekakor vplivala odločitev o gradnji objektov na Predelici in Mangartskem potoku, ki bodo na eni strani preprečevali razmakanje možne plazovine v strugi Mangartskega potoka, na drugi strani pa (predvsem objekt v strugi Predelice nad Gorenjim Logom) preprečevali sunkovite dotoke plavin v

Prostornina plavin	Simulacija 1	Simulacija 2
Dotok rinjenih plavin v sistem	+ 4525 m ³	+ 3348 m ³
Spremembe dna struge (+ erodiranje, - naplavljanje)	+ 1507 m ³	+ 2444 m ³
Prehod rinjenih plavin v lebdeče stanje	- 1458 m ³	- 2006 m ³
Iztok rinjenih in lebdečih plavin iz sistema	- 4574 m ³	- 3782 m ³

Preglednica 1: Prodna bilanca v računalniški simulaciji obravnavanega odseka.

Pozitivne vrednosti v bilanci so viri plavin (dotok rinjenih plavin iz zaledij in erozija dna), negativne vrednosti pa iztok rinjenih in lebdečih plavin iz sistema (računskega odseka).

območje vršaja Predelice ob sotočju s Koritnico. Razmere v oktobru in novembru 2002 so pokazale, da brez objektov po Predelici doteka v območje sotočja s Koritnico veliko proda, ki tam zastaja in preprečuje lokalno poglabljanje.

Izboljšanje obstoječega enodimenzionalnega matematičnega modela bo torej možno, ko bodo na razpolago naslednji podatki za boljše umerjanje modela:

- meritve vodostajev v Predelici in Ko-

ritnici (limnigrafi kot del opozorilnega sistema);

- občasne hidrometrične meritve v pre-rezu vodomernih postaj (limnigrafov);
- izdelava pretočnih krivulj v vodomernih postajah;
- meritve morfoloških sprememb strug obeh vodotokov v kontrolnih prečnih prerezhih;
- meritve začetka prodnega premika s hidrofonii ali vsaj obarvanimi sledilnimi prodniki
- koreliranje rezultatov terenskih hidro-

loških meritev s hidrološkim modelom povodja Koritnice in meritvami v vodomerni postaji Kal-Koritnica.

Kakovostnejše vrednotenje prodne bilance reke Koritnice, kakor je prikazano v tej analizi, bo možno s kombiniranjem rezultatov matematičnega modeliranja premeščanja vode in plavin ter rezultatov terenskih meritev, tudi prodonosnosti in kalnosti.

LITERATURA

- Günter, A., Die kritische mittlere Sohlenschubspannung bei Geschiebemischungen unter Berücksichtigung der Deckschichtbildung und der turbulenzbedingten Sohlenschub-spannungsschwankungen. *Mitteilungen VAW* 3, ETH Zürich. 69 str., 1971.
- Hirano, M., River bed degradation with armouring. *Transactions of JSCE* Vol. 3 Part 2, 1971.
- Hoey, T.B., Ferguson, R., Numerical simulation of downstream fining by selective transport in gravel bed rivers: Model development and illustration. *Water resources research* 30, No. 7, str. 2251-2260, 1994.
- Hunziker, R., Fraktionsweiser Geschiebetransport. *Mitteilungen VAW* 138, ETH Zürich. 209 str., 1995.
- Mikoš, M., Pender, G., Hoey, T., Use of a modified hiding function in the simulation of graded sediment transport during degradation. V: *Proceedings of the XXVIII IAHR Congress 22-27 August, 1999, Graz*, elektronska izdaja, str. [1-7], 1999.
- Mikoš, M., Petkovšek, G., Šraj, M., Brilly, M., Analiza erozije tal na porečju Koritnice. *Ujma*, št.16 (v tisku), 2002a.
- Mikoš, M., Vidmar, A., Šraj, M., Kobold, M., Sušnik, M., Uhan, J., Pezdič, J., Brilly, M., Hidrološke analize na plazu Stože pod Mangartom. *Ujma*, št.16 (v tisku), 2002b.
- Mikoš, M., Štravs, L., Petkovšek, G., Brilly, M., Prodna bilanca reke Koritnice – 1.Letna prodonosnost. *Gradbeni vestnik*, letnik 51, str. 316-321, 2002c.
- Petkovšek, G., Matematični opis procesov dolvodne drobnitve v prodonosnih vodotokih. *Diplomska naloga*, Univerza v Ljubljani, FGG, 55 str., 1997.
- Petkovšek, G., Modeliranje premeščanja plavin na nivoju povodja = Sediment dynamics modelling at basin scale. *Acta hydrotechnica*, letnik 16, št.23, Ljubljana, str. 9-22, 1998.
- Petkovšek, G., Mikoš, M., Matematično modeliranje procesov razvrščanja plavin v naravnih vodotokih. V: *ŠTOK, Boris (ur.). Kuhljevi dnevi '97, Mokrice, 25.-26. september 1997. Zbornik del.* Ljubljana, Slovensko društvo za mehaniko, str. 241-248, 1997.
- Petkovšek, G., Mikoš, M., Analysis of river sediments of the Slovenian-Austrian border reach of the Mura River. V: *XX. Konferenz der Donauländer über hydrologische Vorhersagen und hydrologisch-wasserwirtschaftliche Grundlagen.* Elektronska izd. Bratislava, str. 1-8, 2000.
- VGI, Ureditev strug Predelice in Koritnice od Gorenjega Loga do Možnice – dopolnitev idejnega projekta C-1129/2. *Vodno-gospodarski inštitut družba za gospodarjenje z vodami*, Ljubljana, 2001.

POMEN GEOTEHNIČNIH RAZISKAV PRI PREUČEVANJU DROBIRSKIH TOKOV IN PRVE SLOVENSKE IZKUŠNJE

THE IMPORTANCE OF GEOTECHNICAL RESEARCH IN STUDYING DEBRIS FLOWS AND THE FIRST SLOVENIAN EXPERIENCES

STROKOVNI ČLANEK

UDK 551.3

ANA PETKOVŠEK

P O V Z E T E K Drobirski tokovi so plastični tokovi zmesi kohezivnega, največkrat slabo sortiranega materiala in vode. Uvrščamo jih med sedimentno težnostne tokove. Njihove lastnosti so odvisne od vsebnosti posameznih komponent (vode, zraka in trdnih delcev) v zmesi ter od zrnastosti sestave in lastnosti trdnih delcev. Še vedno velja, da so razmeroma slabo znani in slabo raziskani. Sistematično so jih v svetu pričeli raziskovati relativno pozno, šele v osemdesetih letih 20. stoletja. V Sloveniji smo drobirske tokove sicer poznali in opisovali, z raziskavami njihovih lastnosti pa se vse do leta 2000 nismo ukvarjali. Drobirski tok izpod Stožja, ki je novembra l. 2000 povzročil razdejanje v Logu pod Mangartom, viskozna blatna tokova Slano blato v Vipavski in Macesnikov plaz v Logarski dolini ter drobirski tokovi, ki se že od zgodnje pomladi l. 2002 prožijo nad vasjo Koseč v krnskem pogorju, so tragično in zelo resno opozorilo, da se bomo morali tudi pri nas lotiti načrtnega preučevanja in ukvarjanja s problematiko drobirskih tokov.

V prispevku so predstavljene geotehnične lastnosti zemljin in poudarjen njihov pomen pri proženju drobirskih tokov, opisane so objektivne težave, s katerimi se srečujemo pri raziskavah reoloških lastnosti toka, ter predstavljeni rezultati raziskav, ki smo jih opravili na materialih iz vplivnega območja plazu Stože. Pridobljene izkušnje so pokazale, da je možno s standardnimi postopki raziskovanja zemljin, dopolnjenimi s postopki za raziskovanje reološkega obnašanja suspenzij, dokaj dobro opisati reološke lastnosti drobirskega toka. Rezultati v prispevku predstavljenih raziskav so bili že uporabljeni v matematičnem modelu, s katerim so bila opredeljena območja ogroženosti Loga pod Mangartom v primeru sprožitve novega toka.

Avtorica:

mag. Ana Petkovšek, univ.dipl.inž.geol., Gradbeni inštitut ZRMK Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

S U M M A R Y Debris flows are plastic flows consisting of cohesive, mainly poorly sorted materials and water. They are classified among sedimentally gravity flows. Their properties depend on the content of individual components (water, air and solid particles) in the mixture, on the grain composition and properties of solid particles. There is still a considerable lack of knowledge about them and they are poorly researched. A systematic research in the world started relatively late, not before 1980-ies. In Slovenia, debris flows were known and reported, but the research of their properties has not started until 2000. The debris flow from beneath Stože that caused devastation in Log pod Mangartom in November 2000, the viscous muddy flows Slano blato in the valley of Vipavska dolina and Macesnikov plaz in the valley of Logarska dolina, and the debris flows that have been triggering since the early spring of 2002 above the village Koseč in the mountainous region of Krn represent a tragic and serious warning that also in Slovenia the problems of debris flows demand a planned study and solving.

The paper presents the geotechnical properties of soils and emphasises their importance in the triggering of debris flows. It describes objective problems that we are dealing with in research of rheological properties of flows and presents the results of tests that we have carried out at the materials from the influential area of the landslide Stože. The acquired experiences have shown that the standard procedures of soil testing, completed with the procedures for testing the rheological behaviour of suspensions, allow fairly good description of rheological properties of debris flows. The results of the tests, presented in the paper, were already used in a mathematical model which defined the areas of danger in Log pod Mangartom in case of another debris flow.

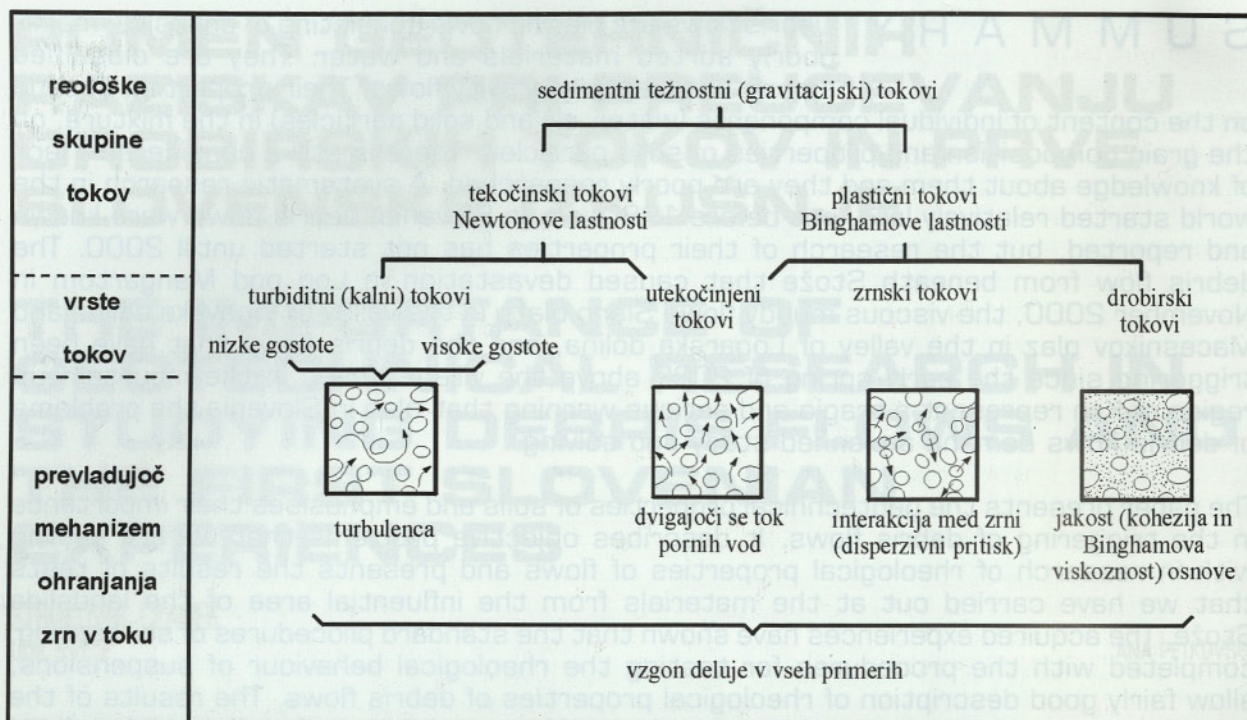


Slika 1: Translacijski zdrs zemljine po predkvartarni hribinski podlagi iz oligocenske sivice. Zelo pogost, za geotehnične raziskave in analizo »zelo hvaležen« plaz.

1. UVOD

Drobirske tokove uvrščamo med zemeljske plazove. Zemeljski plazovi so geološko pogojeni dejavniki tveganja, ki se sprožijo na površini zemeljske skorje sami od sebe, kot del naravnih procesov, ali pa jih povzroči človek s svojimi posegi in aktivnostmi. Nekatere med njimi lahko hitro opazimo, jih z raziskavami opredelimo, se jim izognemo ali saniramo, drugi pa nas znova in znova prese- nečajo s svojo silovitostjo in rušilno močjo.

Pod pojmom zemeljski plaz razumemo različne oblike porušitve naravnega ravnotežja na zemeljskem površju zaradi delovanja gravitacije in zunanjih procesov denudacije [Ribičič, 1999]. V osnovi jih delimo na tiste, ki nastanejo v hribini in na tiste, ki se razvijajo v zemljini. Med naravne porušitve v hribini uvrščamo hribinske zdrse po ploskvah diskontinuitet, kamnite podore ob strmih trdnih stenah, kotaljenje skalnih blokov ali drsenje nezasičenega podornega ali erozijskega



Slika 2: Sedimentni težnostni tokovi in prevladujoči mehanizmi ohranjanja zrn v toku (privzeto iz [Skaberne, 2001]).

grušča po strmih brežinah. Plazovi v hribinah so težko ali praktično nenapovedljivi. Materialnih karakteristik nestabilne hribske mase (z redkimi izjemami) z geotehničnimi raziskavami ne določamo.

V zemljinah so najbolj pogosti plazovi, pri katerih pride do plazjenja zemljin po pogojenih ploskvah šibkosti v zemljini ali na stiku med krovno zemljino in hribino v podlagi (slika 1). Z geotehničnimi raziskavami lahko takšne plazove zelo dobro opišemo, natančno določimo materialne parametre zemljin, jih analiziramo in se jim po inženirski presoji umaknemo, ali pa se z ustreznimi gradbeno tehničnimi ukrepi pred njimi zavarujemo.

V najbolj neugodni kombinaciji naravnih dejavnikov, med katerimi so običajno plazjenja tal, ki jih spremljajo obilne in dolgotrajne padavine ali potres, taljenja snega, vulkanske aktivnosti, močna erozija brežin v hudourniških strugah, notranja erozija umetno nasutih zemeljskih pregrad itd, pa se iz mešanice zemeljskega materiala in vode razvijejo

sedimentno težnostni tokovi, med katere uvrščamo tudi drobirske tokove. V svetu in pri nas še ni izdelane enotne terminologije za klasifikacijo pobočnih tokov, zato prihaja do različne rabe izrazov za enake ali podobne pojave (gruščnati, blatni, murasti tok, hudourniška lava). V nadaljevanju tega članka se bomo držali definicije [Skaberne, 2001], da so drobirski tokovi reološka oblika blatnih tokov. To so plastični tokovi zmesi kohezivnega, pogosto slabo sortirane materiala in vode, s spremenljivo porazdelitvijo velikosti zrn, koncentracijo, hitrostjo in notranjo dinamiko. Večja zrna ohranja v toku moč drobno zrnate osnove z Binghamovimi silami ob pomoči povečanega pornege tlaka vode, vzgona in pri velikih hitrostih tokov tudi trki med zrni ter turbulenca (slika 2).

Drobirski tokovi sodijo med najbolj nevarna, geološko pogojena naravna tveganja, ker se pojavijo nenadno, brez predhodnega opozorila, zato ni prav velikih možnosti, da bi se pred njimi umaknili. Drobirski tok, ki se je med hudim deževjem v decembru leta 1999 sprožil

na 2000 m visokem grebenu hribovja Cordillera de la Costa (Venezuela) in se nato pomikal proti ca 10 km oddaljeni obali, je na svoji poti porušil 126 000 hiš in zahteval okoli 30 000 žrtev. Plaz, ki se je novembra 1. 2000 sprožil na pobočju Stože nad Mangartsko planino, na višini 1200 - 1600 m, je zahteval 7 življenj v 3 km oddaljenem in 1000 m nižje ležečem Logu pod Mangartom.

Veliki plazovi, ki so se (ponovno) sprožili v Sloveniji po letu 2000, plaz Stože, ki je spremenjen v drobirski tok tragično zaznamoval Log pod Mangartom, plaz Slano blato, ki kot viskozni blatni tok ogroža vas Lokavec, Macesnikov plaz, plaz Koseč, kjer imamo opraviti s kar tremi tipi porušitev pobočja, so med drugimi pokazali, da bomo morali pri preučevanju plazov svojo dejavnost razširiti tudi na tiste dejavnike tveganja, s katerimi se doslej nismo sistematsko ukvarjali in jih preučevali. To je na preučevanje nevarnosti nastanka drobirskih tokov in na določanje reoloških lastnosti nekaterih njihovih značilnih pojavnih oblik.

2. SLOVENSKE IZKUŠNJE PRI PREUČEVANJU DROBIRSKIH TOKOV

S prvimi, sistematsko zasnovanimi raziskavami za določitev materialnih in reoloških lastnosti drobirskega toka smo začeli leta 2001 po naročilu Ministrstva za okolje in prostor R Slovenije z namenom, da bi pridobili podatke o reoloških lastnostih toka, ki so pomembni za matematično modeliranje in izdelavo ocene ogroženosti Loga z morebitnimi novimi tokovi.

Začeli smo brez lastnih izkušenj, saj so bila vsa dotedanja znanja, s katerimi smo razpolagali v Sloveniji, omejena na podatke iz tuje literature in na splošne opise dogodkov v Sloveniji v preteklosti [Horvat, 1993]. Drobirski tokovi v Sloveniji sicer niso redko opazovan in opisan pojav. Po velikonočnem potresu v Posočju l. 1998 so geologi celo vnaprej opozarjali na nevarnost njihovega proženja zaradi razpok, ki so se po potresu odprle na travnih pobočjih, zgrajenih iz vršajev [Vidrih in Ribičič, 1999], vendar pa so se opisi vselej omejili na geološki ali hidrotehnični opis dogajanj, s komaj omembe vrednimi ali le ocenjenimi materialnimi, ne pa tudi reološkimi parametri toka.

Pri načrtovanju raziskav smo se tako naslonili predvsem na podatke in parametre, predstavljene v navodilih za uporabo matematičnega modela FLO-2D in drugih virih [O'Brien in Julien, 1988], [O'Brien in Julien, 1997], predvsem pa na lastna znanja in izkušnje o obnašanju granuliranih zemljin v stiku z vodo. Vzpostavili smo stik z domačimi in tujimi laboratoriji, ki razpolagajo z znanji in z raziskovalno opremo, ki smo jo ocenili za potencialno primerno za izvedbo raziskav v okviru sredstev, ki so bila na voljo. Vse tiste raziskave, ki so dale zanesljive in ponovljive rezultate, s katerimi smo uspeli sestaviti celovito sliko o obnašanju toka, so bile nato izvedene v štirih slovenskih laboratorijih, in sicer na UL FGG

Katedri za mehaniko tal z laboratorijem, na UL FKKT Katedri za kemijsko inženirstvo, v Geomehanskem laboratoriju in Laboratoriju za konstrukcije Zavoda za gradbeništvo Slovenije.

V nadaljevanju predstavljamo glavne ugotovitve raziskav, dopolnjene z nekaterimi, žal vse prepogosto pozabljenimi osnovnimi vedenji o obnašanju zemljin, brez katerih ni možno vrednotiti in razumeti obnašanja zemljinskih materialov v drobirskem toku.

3. DROBIRSKI TOK – VEČFAZNI SISTEM

3.1 LASTNOSTI DROBIRSKIH TOKOV

Na obnašanje drobirskega toka vplivajo štirje glavni vplivni faktorji [Jan in Shen, 1997]:

- viskoznost
- turbulenca,
- drsenje delcev med seboj
- medsebojni trki delcev.

Z materialnega vidika so drobirski tokovi trifazni sistemi, sestavljeni iz trdne faze, iz zraka in vode. V trdni fazi so zastopane predvsem zemljine, prisotna pa so tudi drevesa, korenine in različni materiali, ki jih tok na svoji poti poruši in odnaša s seboj. Če predpostavimo, da so lastnosti vode in zraka konstantne, je značaj toka odvisen od:

- relativne zastopanosti posameznih faz (sestave in koncentracije toka),
- velikosti in porazdelitve trdne faze (zrnavostne sestave trdne faze),
- lastnosti posameznih tvorcev trdne faze, med katerimi je zelo pomembna plastičnost drobnih delcev.

Navedene lastnosti vplivajo nepsredno na dinamiko toka. V bistvu pa se pri načrtovanju raziskav za določitev materialnih lastnosti moramo zavedati, da je vsak drobirski tok enkraten in neponovljiv v svoji sestavi in gibanju in da intaktnega, reprezentativnega vzorca iz toka ni možno

dobiti. Na verjetno sestavo že sproženega drobirskega toka lahko sklepamo posredno, in sicer iz:

- geoloških in geotehničnih podatkov o sestavi materialov na izvornem plazu,
- iz podatkov raziskav materialov, ki so se odložili iz toka vzdolž poti in na razlivnem območju,
- iz razpoložljivih podatkov o hitrosti potovanja toka,
- iz opazovanja sledov, ki jih je tok pustil vzdolž svoje poti.

Le pri počasnih, homogenih drobnozrnatih tokovih lahko vzorčujemo »kvazi intakten« material iz toka med premikanjem, merimo hitrost gibanja in tako določimo njegove realne reološke lastnosti (slika 3). Pridobivanje takšnih in-situ podatkov ima vrhunsko vrednost. Strokovnjaki, ki so prvi poklicani na kraj dogodka, so žal največkrat preobremenjeni z drugimi, v tistem trenutku pomembnejšimi skrbmi, tako da tokovi pogosto odtečejo v dolino, ne da bi se jim posrečilo zabeležiti nekatere zelo pomembne podatke.

3.2 ZAKAJ SO POTREBNE RAZISKAVE DROBIRSKIH TOKOV

S trenutnim stanjem znanj še ne moremo napovedati nastanka drobirskih tokov. S poznavanjem geološke zgradbe in geotehničnih značilnosti tal pa lahko s precejšnjo zanesljivostjo ocenimo, ali lahko neugodna struktura tal, skupaj z npr. potresom ali visoko vodo, povzroči, da na določenem ozemlju pride do nastanka drobirskega toka. Z raziskavami lastnosti tal lahko torej napovemo tveganje nastanka drobirskega toka in v grobem opredelimo njegove reološke lastnosti.

Raziskave drobirskih tokov so potrebne za organizacijo učinkovite zaščite pred njimi. Izvajamo jih z namenom, da bi lahko čim bolj zanesljivo ocenili ogroženost ozemlja in z matematičnim modeliranjem znali napovedati hitrost in obseg širjenja obstoječih tokov (Slano blato nad Lokavcem), vrednotiti nevarnost proženja no-

A. PETKOVŠEK: Pomen geotehničnih raziskav pri preučevanju drobirskih tokov in prve slovenske izkušnje

vih (Stože pod Mangartom) in oceniti njihovo moč na istem ali na podobnih območjih (Koseč, kjerkoli v hribovitem svetu, kjer obstajajo geološko pogojeni dejavniki tveganja). Zato bi morali v prihodnje svoje aktivnosti pri terenskem spremljanju sproženih tokov usmeriti tudi:

- na načrtno zbiranje podatkov o lastnostih zemljin na izvornem mestu,
- na merjenje hitrosti in opazovanje gibanja sproženih tokov,
- na odvzem vzorcev (če hitrost gibanja to dopušča) za kasnejše določitve sestave, koncentracije in reoloških parametrov (slika 3).

3.3 VRSTE ZEMLJIN V DROBIRSKEM TOKU

Trdno fazo in hkrati izvor drobirskega toka predstavljajo naravne ali umetno nasute zemljine (zemljine, vgrajene v hidrotehnične pregrade, protipoplavne nasipe, nasipe prometnic). Tako med naravnimi kot umetno nasutimi materiali so to lahko več metrov veliki podorni kamniti bloki ob vznožju skalnih pobočij, erozijski drobirji in aluvialni prodi na pobočjih ali v strugah vodotokov kot tudi vsa pisana množica različnih, bolj ali manj konsolidiranih zemljin, katerih lastnosti so pogojene z zgodovino nastajanja ozemlja in ki gradijo tla na območju sprožitve ali v vplivnem erozijskem območju toka (slika 4).

3.4 GEOTEHNIČNA KLASIFIKACIJA ZEMLJIN PRI PREUČEVANJU PLAZOV

Od zrnavostne sestave in plastičnosti zemljine je odvisno, kateri od že opisanih dejavnikov (viskoznost, trki) bo prevladoval pri določanju dinamike toka. Zato je pomembno, da materiale že na izvornem mestu pravilno klasificiramo. Neurejena terminologija je ena prvih ovir, na katero naletimo, ko se skušamo sporazumeti predstavniki različni strok (geo-



Slika 3: Blatni tok nad Mangartsko planino. Danes na srečo že poznamo lastnosti toka, ki je kot primer prikazan na sliki. Vlažnost: 14 – 24 %; volumenska koncentracija: 0,58 – 0,72; viskoznost: 30 – 104 Pas.

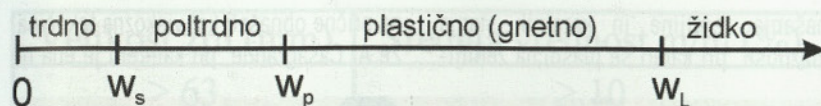


Slika 4: Plaz Stože. Kamniti bloki velikosti nad 4 m, raztreseni v rahlem pobočnem grušču; pobočni grušč, srednje dobro vezan morenski material, po sestavi iz zelo zaglinjenega grušča – pisana množica materialov, ki bodo določali lastnosti novega drobirskega toka, če pride do njegove sprožitve.

logi, geotehniki, hidrotehniki, sedimentologiji), ko se znajdemo na prizorišču plazu ali drobirskega toka.

V geotehnični praksi se je uveljavila klasifikacija zemljin, ki temelji na velikosti in porazdelitvi debelih ter na velikosti ter plastičnosti drobnih zrn. Med debelo zrnata tla uvrščamo prode (> 2 mm) in peske ($0,06 - 2$ mm), med drobno zrna-

ta tla pa melje ($0,06 - 0,002$ mm) in glin ($< 0,002$ mm). Klasifikacija je primerna za zrna velikosti do 100 mm, za debelejša zrna pa nimamo enoznačne terminologije, tako da običajno uporabljamo izraze, kot so debel prod, debel gramoz (angl. cobble za zrna 64 – 250 mm), balvani ali skale (angl. boulder za zrna 250 – 4000 mm) in kamniti bloki (angl. rock block za zrna > 4000 mm).



Slika 5: Kazalniki plastičnosti zemljine so tudi dobri kazalniki njenega reološkega obnašanja.

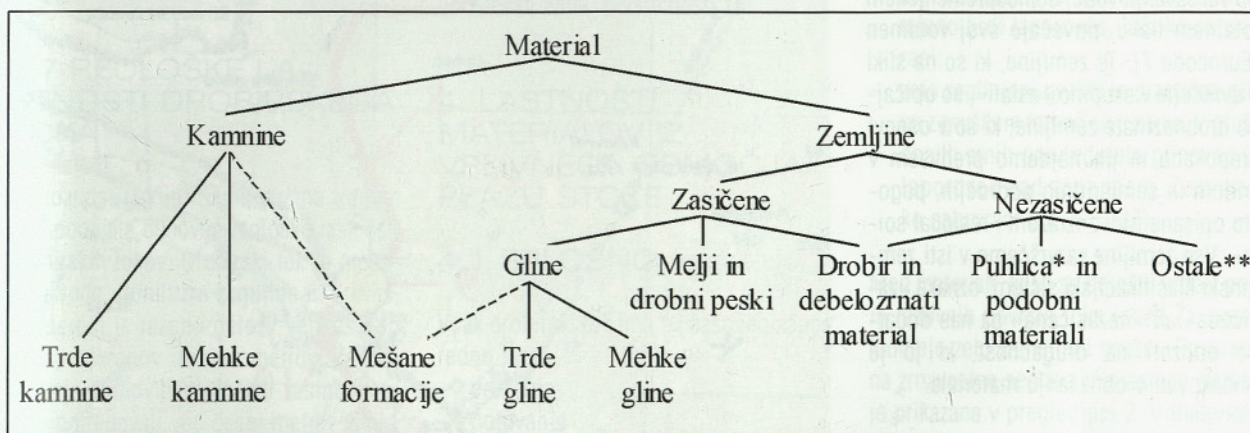
Material (velikost zrn 0/0,5 mm)	Meja židkosti (%)	Indeks plastičnosti (%)
Kamena moka - apnenec	-19	Ni plastična
Zdrobljen karbonski meljevec - Trojane		Ni plastičen
Glina iz glinokopa Pragersko	43	19
Kraška glina (Novo Mesto)	50-100	30 - 70
Diatomejska zemlja (Bela Cerkev)	70-90	17 - 25
Čista kaolinitna glina	40 - 60	10 - 25
Čista illitna glina	80 - 120	50 - 70
Čista bentonitna glina	do 700	do 650

Preglednica 1: Značilne meje plastičnosti nekaterih vrst zemljin [Petkovšek, 1999]

številnih dejavnikov, med katerimi so najpomembnejši mineralna sestava, struktura ter vrsta izmenljivih ionov v glini. Dodajanje bentonitne gline cementu v zmesih injekcijskih mas je v gradbeniški praksi najbolj znan primer, kako lahko že majhni dodatki čiste gline (npr. 3, 5, 8 %) spremenijo plastičnost zmesi in vplivajo na reološko obnašanje injekcijskih suspenzij. V preglednici 1 smo za ponazoritev plastičnosti zbrali nekaj značilnih vrednosti.

3.5 STOPNJA ZASIČENJA – POMEMBEN ELEMENT PRI OPISOVANJU MATERIALOV NA PLAZU

Prvi predlogi za geotehnično klasifikacijo



Slika 6: Klasifikacija materialov za geotehnično okarakterizacijo materialov na plazu [Vaunat, 1994], [Leroueil, 1996].

Izrazov, kot sta npr. drobir (debris) ali mulj (mud) v geotehnični klasifikaciji ne uporabljamo. Pri opisovanju in klasifikaciji drobno zrnatih tal imata parametra plastičnosti (meja židkosti in indeks plastičnosti) prednost pred zrnastostno sestavo. Meja židkosti je stalna in nespremenljiva lastnost drobnazrnatne zemljine in pomeni vsebnost vode, pri kateri zemljina prehaja iz plastičnega v židko (tekoče) stanje, indeks plastičnosti pa kaže na količino vode v zemljini, ki je potrebna, da zemljina preide iz trdnega v židko konsistenčno stanje (slika 5).

Med drobnimi zrni (angl. fines) ločujemo

t.i. inertna zrna in zrna gline. Inertna zrna so na primer zrna kremenca, apnenca, dolomita, torej zrna, ki se v stiku z vodo ne omočijo, ne nabrekajo in niso plastična. Ko pride suha zemljina iz inertnih zrn v stik z vodo, najprej pridobiva na strižni trdnosti do neke kritične točke, nato pa se v trenutku utekočini.

Nasprotno pa so zrna gline aktivna. Zaradi negativno nabite površine se v stiku z vodo omočijo, adsorbirajo vodo v t.i. adsorpcijski ovoj, ki deluje skupaj z zrnom kot zrno samo – glina je plastična. Debelina adsorpcijskega ovoja, ki se lahko ustvari na zrnu gline je odvisna od

materialov na plazu so vključevali le tri osnovne skupine materialov: kamnina, kamniti drobir in zemljina [Varners, 1978]. Takšna razvrstitev nikakor ne more zadoščati za jasno opredelitev, tako da predlogi novih klasifikacij ([Vaunat, 1994], [Leroueil, 1996]), razvrščajo zemljine na 9 skupin (slika 6).

Poseben poudarek je namenjen ločevanju zemljin na zasičene (saturirane) in na nezasičene (nesaturirane), kar je novost, ki se čedalje bolj uveljavlja tudi na drugih področjih geotehnike. Glavna značilnost nezasičenih zemljin je negativni porni tlak. Ko pride nezasičena zemljina

v stik z vodo, se v njej sprožijo mehanizmi vsesavanja vode, ki so posledica samo kapilarnih ali kombinacije kapilarnih in elektrokemičnih sil. V zemljinah, ki niso inertne, lahko vsesavanju vode sledijo drugi pojavi, ki jih sicer na področju zasičenih zemljin ne poznamo. Med najbolj značilna pojava, ki spremljata zemljine v nezasičeni coni, sta strukturni kolaps in nabrekanje. Strukturni kolaps, ki je značilen za puhlico in njej podobne materiale (enozrnate, slabograduirane melje in drobne peske), je pojav, da se ob vsesavanju vode, ob nespremenjenem totalnem tlaku zemljine hipoma sesedejo-kolapsirajo, pri čemer se jim zmanjša volumen. Zato se v literaturi za te zemljine uporablja tudi oznaka »truly collapsible soils« [Leroueil, Locat, 1998]. Nasprotno pa je nabreklijnost značilna lastnost nezasičenih glinastih zemljin, da ob vsesavanju vode, ob nespremenjenem totalnem tlaku, povečajo svoj volumen [Eurocode 7]. Te zemljine, ki so na sliki 6 uvrščene v skupino »ostali«, so običajno drobnozrnate zemljine, ki so v osnovi prepokane in jih najdemo predvsem v aridnih in semiaridnih področjih, pogosto opisane tudi z izrazom »residual soils«. Vse zemljine razvrščamo v isti zemljinski klasifikacijski sistem, oznaka »zasičena« ali »nezasičena« pa nas dodatno opozori na drugačnost, ki jo je pričakovati v obnašanju materiala.

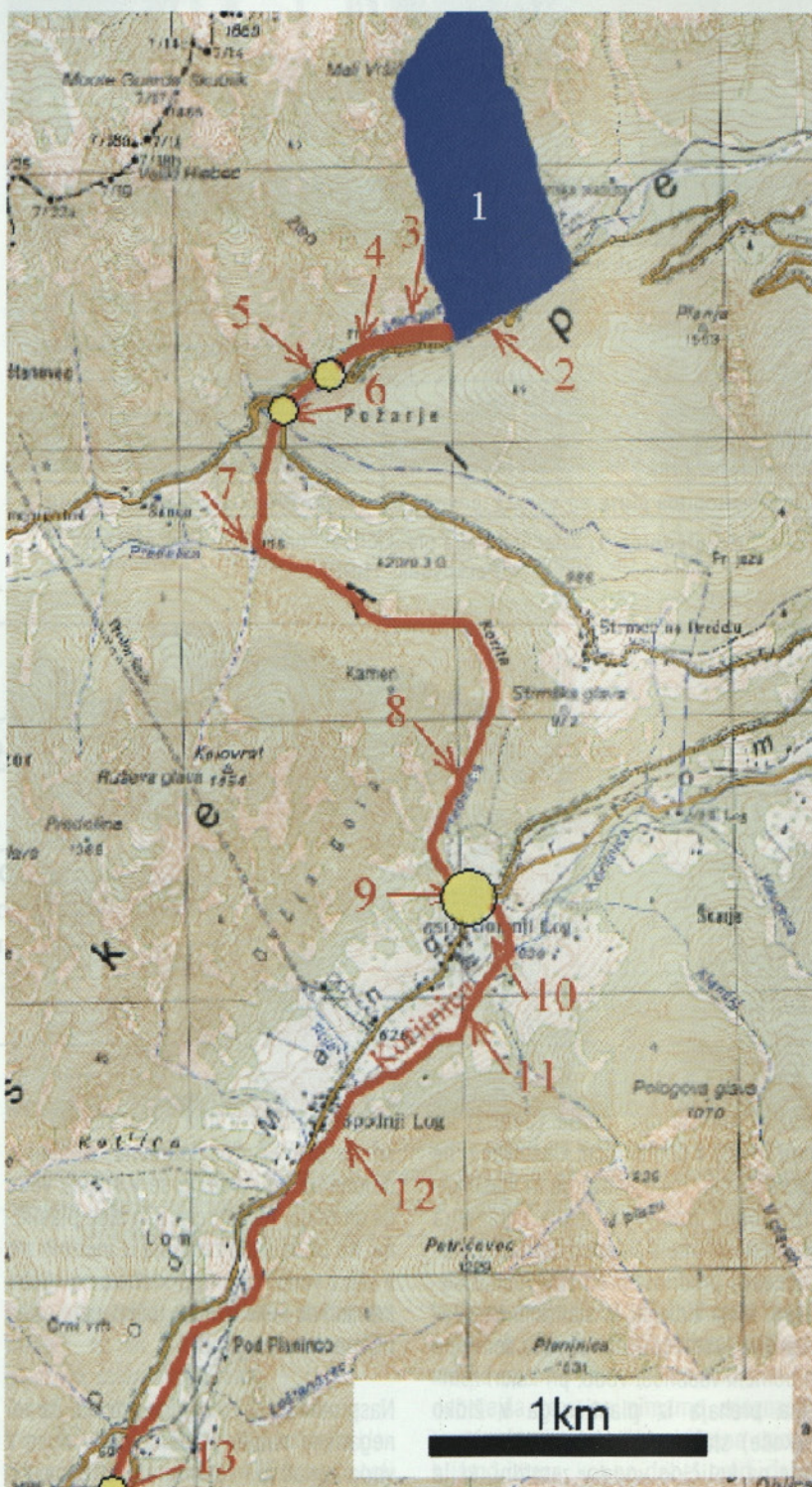
V strokovnih poročilih zadnjih let tako lahko zasledimo podatke, po katerih teorija nastanka in periodičnega proženja velikih plazov [Castelli in Scavia, 2001] ne temelji več na direktni relaciji zmanjšanja efektivne strižne trdnosti po splošno uveljavljenem Coulombovem strižnem kriteriju zaradi povečanja pornih tlakov, temveč na postopnem vsesavanju vode, ki mu sledi nabrekanje.

3.6 PLASTIČNOST, MEJA ŽIDKOSTI IN STRIŽNA TRDNOST

Meja židkosti ni le klasifikacijski parameter, temveč je tudi kazalnik strižnega ob-

našanja zemljine in kazalnik stanja
vlažnosti, pri kateri se plastična zemlji-

na prične obnašati kot viskozna tekočina. Že A. Casagrande, po katerem je ena od



Slika 7: Pregledna karta sprožitve in odlaganja materiala iz drobirskega toka. 1 – območje plazu Stože, 2 – 6 območje potovanja in odlaganja materiala na levem in desnem bregu Mangartskega potoka, 10 – 12 območje odlaganja materiala iz toka.

Velikost zrn (mm)	Srednja vrednost m/m (%)
> 63	> 10
> 2	60
< 2	40
< 0,6	25 - 40
< 0,06	20 - 30
< 0,02	12 - 20

Preglednica 2: Značilna slika porazdelitve zrn v meljastem grušču iz območja plazu in iz območij odlaganja materiala iz toka.

metod prepoznavanja meja židkosti dobila ime, je l. 1932 ugotovil, da meja židkosti ustreza stanju, pri katerem imajo zemljine strižno trdnost $\tau = 2,5$ kPa, novejša raziskave pa so to vrednost znižale, na ca $\tau = 1,7 - 2,0$ kPa [Whyte, 1982].

3.7 REOLOŠKE LASTNOSTI DROBIRSKEGA TOKA

Viskoznost (μ) in mejna strižna trdnost (τ_y) podajata osnovne reološke lastnosti drobirskih tokov. Drobirski tok je mešanica vode, trdnih zrn zemljine in dreves, v katerem je razpon delcev velikosti od nekaj mikronov do več metrov. Za določanje njihovih reoloških lastnosti bi zato potrebovali več deset metrov velike reometre, kar je skorajda neizvedljivo. Zato se za določanje viskoznosti v praksi običajno iz zmesi zrn odstranijo debela zrna, reološki parametri pa se nato določijo le na preostalih, drobnih frakcijah (pod 0,5 mm). V literaturi najdemo

različne podatke, ki temeljijo na laboratorijskem določanju odvisnosti viskoznosti od koncentracije drobnih delcev (komercialni program FLO-2D). Pri takšnem prenašanju podatkov je potrebno biti pazljiv, saj v faktorju koncentracije ni upoštevan vpliv plastičnosti zrn.

4. LASTNOSTI MATERIALOV IZ VPLIVNEGA OBMOČJA PLAZU STOŽE

4.1 SPLOŠNO

Vsak drobirski tok ima tri časovno zaporedne faze:

- proženje,
- potovanje
- odlaganje materiala na razlivnem območju.

Vzorčenja materiala vzdolž vseh treh časovno zaporednih faz drobirskega toka Stože so pokazala, da med materiali pre-

vladujejo zelo zameljeni gruščnati materiali. Le ti so bili nato predmet podrobnih preučevanj (slika 7).

4.2 GEOTEHNIČNE LASTNOSTI

Granulirane materiale, ki se nahajajo na območju plazu Stože, lahko po geotehnični klasifikaciji razdelimo v tri glavne skupine (slika 4):

- debelo zrnati grušči s kamnitimi bloki apnenca in dolomita z malo ali skoraj nič drobnega veziva, sive barve. Med debelimi zrn prevladujeta apnenec in dolomit. Nesaturirani;
- rumenkasto sivi slabo granulirani grušči, v katerih prevladujejo frakcije velikosti 0/150 mm, z veliko vsebnostjo zrn velikosti melja. Med debelimi zrn prevladujeta apnenec in dolomit, podrejeno tudi laporovec. Visoko saturirani;
- zelo zaglinjeni grušči in plastična glina z gruščem temno sive barve. V gruščnatih zrnih prevladujeta glinovec in laporovec nad apnencem. Zelo visoko saturirani ($S_r > 0,97$).

Med materiali, ki so se odložili vzdolž poti in razlivnih površin toka (slika 7), prevladujejo zelo zameljeni grušči. Povprečna zrnavostna sestava meljastega grušča je prikazana v preglednici 2. V materialu s takšno porazdelitvijo zrn ne more priti do enakomernega gostega pakiranja zrn pri zapolnjevanju praznin v skeletu, ki ga ustvarjajo debela zrna. Tudi pri najbolj gostem pakiranju debela zrna »plavajo« v drobnozrnati osnovi. Strižno obnašanje zemljine z opisano porazdelitvijo zrn je v stanju visoke zasičenosti odvisno predvsem od lastnosti drobnih zrn - to je od kohezije in notranjega trenja med drobnimi zrn, saj so debela zrna, kljub visokemu utežnemu razmerju, v strukturi v slabem medsebojnem strižnem stiku in izolirana drugo od drugega.

Z mineraloško analizo smo ugotovili, da tudi v najdrobnejših zrnih prevladujejo karbonatni (inertni) minerali (pregledni-

Velikost zrn (mm)	Vsebnost karbonata kot CaCO_3 (%)
0,71 - 0,5	90,9
0,5 - 0,25	88,9
0,25 - 0,09	84,1
0,09 - 0,063	84,2
< 0,063	77,6

Preglednica 3: Rezultati selektivne analize vsebnosti karbonata v značilnih frakcijah meljastega grušča iz območja plazu.

A. PETKOVIČ: Pomen geotehničnih raziskav pri preučevanju drobirskih tokov in prve slovenske izkušnje

ca 3), kar se nujno odraža na plastičnost drobnih zrn.

Več deset analiz je pokazalo, da je območje prehoda zemljine iz trdne v tekočo fazo zelo kratko in hipno. Ugotovljene so bile naslednje karakteristične vrednosti:

- meja židkosti: 25 %
- meja plastičnosti: 13 %
- indeks plastičnosti: 12 %.

4.3 VPLIV VLAŽNOSTI NA NEDRENIRANO STRIŽNO TRDNOST

Trisna strižna preiskava je trenutno najpopolnejši postopek za raziskovanje strižnega in deformacijskega obnašanja zemljin, vendar je njena pomanjkljivost v tem, da se cilindrični preizkušane ne sme deformirati že med vgrajevanjem in nameščanjem merilne opreme. Pri opisanih materialih so možnosti izvedbe trisne raziskave zaradi hitrega utekočinjenja materiala zelo omejene, zato smo v

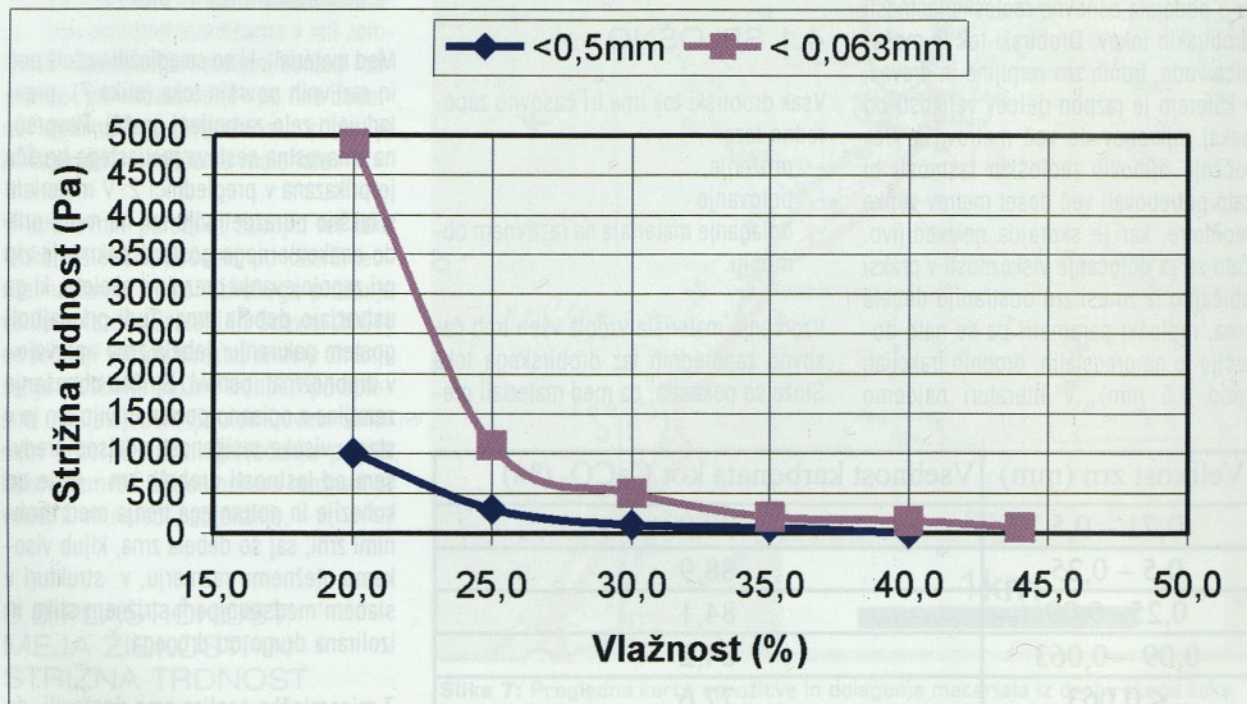
mejnih območjih uporabili krilno sondo in švedski konus.

Krilna sonda deluje na principu, ki je dokaj podoben principu delovanja viskozimetrov in reometrov, le da je sposobnost zaznave manjša. Vzorec podvržemo strigu pri določeni strižni hitrosti in izmerimo ustrezno strižno napetost, ki se ustvarja na obodu stika med krilom son-

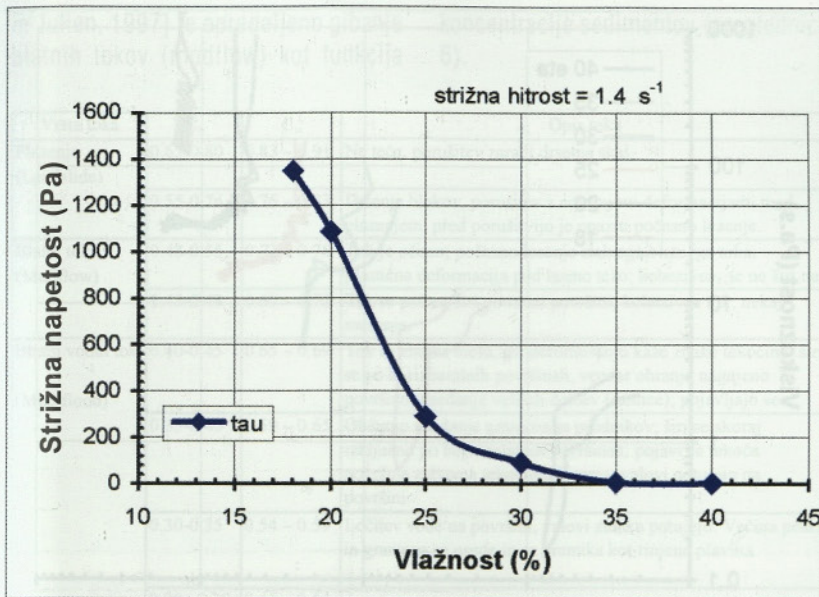
de in zemljine. Krilna sonda je prvenstveno namenjena raziskovanju strižnega obnašanja zemljin, ki so v srednje gnetnem in lahko gnetnem stanju, lahko pa z njo raziskujemo tudi visoko koncentrirane suspenzije. Pri konusu je princip delovanja nekoliko drugačen kot pri krilni sondi, in sicer merimo odpor, ki ga zemljina nudi prodiranju konusa znane mase in dimenzij.

Vlažnost v (%)	Nedrenirana strižna trdnost (Pa)	Strižni modul G50 (kPa)
15	70 000	372
20	5000	
22	3400	48
25	1100	
29	700	
30	500	
34	400	
35	200	
41	100	

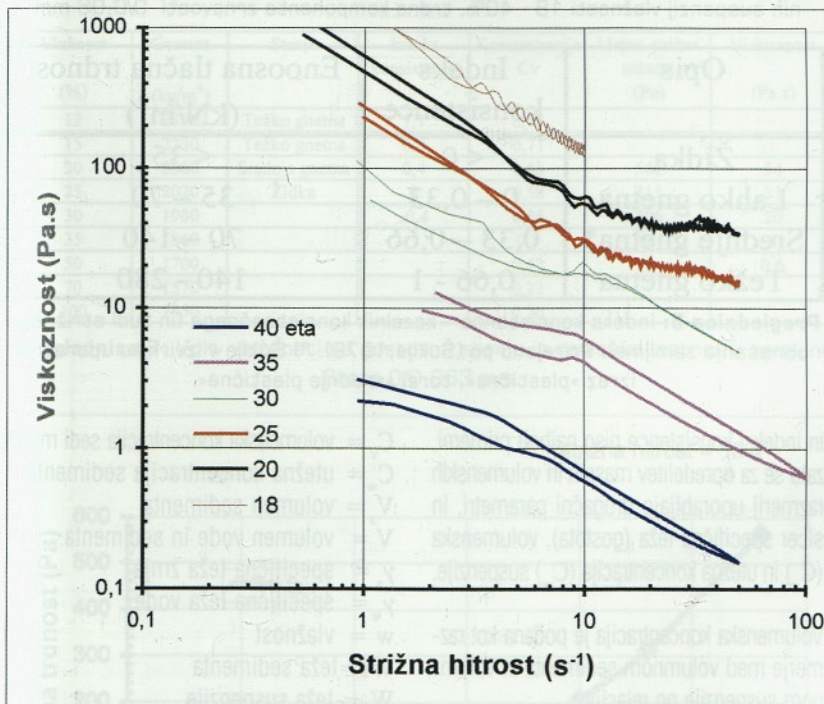
Preglednica 4: Rezultati raziskav vpliva vlažnosti na nedrenirano strižno trdnost zrn 0/06 mm.



Slika 8: Strižna trdnost pri različnih vlažnostih. Kako zelo velika je občutljivost materiala za utekočinjenje, vidimo iz primerjave vrednosti, ki so bile določene na zrnih 0/0,06 mm in 0/0,5 mm.



Slika 9: Vpliv vlažnosti na mejno strižno trdnost koncentrirane suspenzije zrn 0/0,06 mm. Reometri Haake CV 20 in RV 100. Geomehanske in reološke raziskave kažejo na isto območje kritične vlažnosti.



Slika 10: Vpliv hitrosti na dinamično viskoznost koncentriranih suspenzij vlažnosti od 18 - 40%. Trdna komponenta zrnivosti 0/0,06 mm. Z naraščanjem strižne hitrosti upada viskoznost.

Velika pomanjkljivost vseh opisanih postopkov je, da z njimi lahko raziskujemo le lastnosti drobnih, ne pa tudi vseh zrn,

ki se gibljejo v toku. Rezultati raziskav vpliva vlažnosti na strižno trdnost drobnih zrn 0/0,06 mm in 0/0,5 mm so

prikazani v preglednici 4 in grafično na sliki 8.

4.4 VPLIV VLAŽNOSTI NA REOLOŠKE LASTNOSTI

Opisali smo že objektivne omejitve, ki nastopajo pri določevanju reoloških lastnosti toka. S serijo raziskav koncentriranih suspenzij, katerih strižno obnašanje smo določili s klasičnimi strižnimi raziskavami, smo poskušali določiti tudi vplive vlažnosti na viskoznost in mejno strižno trdnost suspenzije. Na slikah 9 – 11 so prikazani izbrani primeri vplivov vlažnosti na reološko obnašanje suspenzij. S slike 10 lahko vidimo, da z naraščajočo strižno hitrostjo upada viskoznost, kar je posledica preurejanja strukture delcev med strigom.

5. MASNA IN VOLUMENSKA RAZMERJA V ZEMLJINI IN V DROBIRSKEM TOKU

5.1 INDEKS KONSISTENCE IN RELATIVNA GOŠTOTA

Podobno kot zemljina, ki se premika v drobirskem toku, je tudi zemljina v mirovanju večfazni sistem, sestavljen iz stalnega in variabilnega dela. Stalni del sestoji iz mineralnih zrn, variabilni del pa iz zraka in vode, ki se nahajata v porah med zrn. Lastnosti vsake od faz ločeno, predvsem pa spremenljivost medsebojnih razmerij posameznih faz so tiste, ki dajo zemljini v primerjavi z drugimi materiali svojevrsten pečat, to pa je velika spremenljivost mehanskih lastnosti in velika odvisnost od spremenljivosti razmer v okolju, v katerem se nahaja.

Med gibanjem na plazju prihaja v zemljini do dveh vrst volumenskih sprememb, ki jih glede na naravno stanje zgoščenosti opišemo kot:

- kontrakcija, krčenje ali zmanjševanje volumna in

- dilatanca, ekspanzija, relaksacija ali večanja volumna.

Rahle zemljine težijo k zgoščanju, goste zemljine pa k rahljanju. Vzporedno s kontrakcijo ali dilatanco se spreminjajo vsi ostali parametri zemljine, predvsem njena prepustnost in trdnost.

V zemljini opisujemo masna in volumenska razmerja med trdnimi delci in porami s poroznostjo (n), vlažnostjo (w), količnikom por (e) in gostoto (ρ). Vlažnost podajamo v obliki razmerja med težo vode in težo suhe snovi, izražene v %. Takšen način podajanja vlažnosti v geotehniko je specifičen in je prilagojen veliki odvisnosti mehanskih (strižne, deformacijske) lastnosti zemljine od majhnih sprememb vlažnosti.

Gostotna stanja zemljine opisujemo kot razmerje dejanske gostote v naravi in gostote, ki jo lahko dosežemo na izbrani zemljini z umetnim nabijanjem. Konsistenčna stanja zemljine pa opisujemo z relacijami med vlažnostjo ter mejami plastičnosti (preglednica 5):

$$I_c = (w_L - w) / I_p \quad (1)$$

kjer je:

w_L = meja židkosti

w = vlažnost zemljine

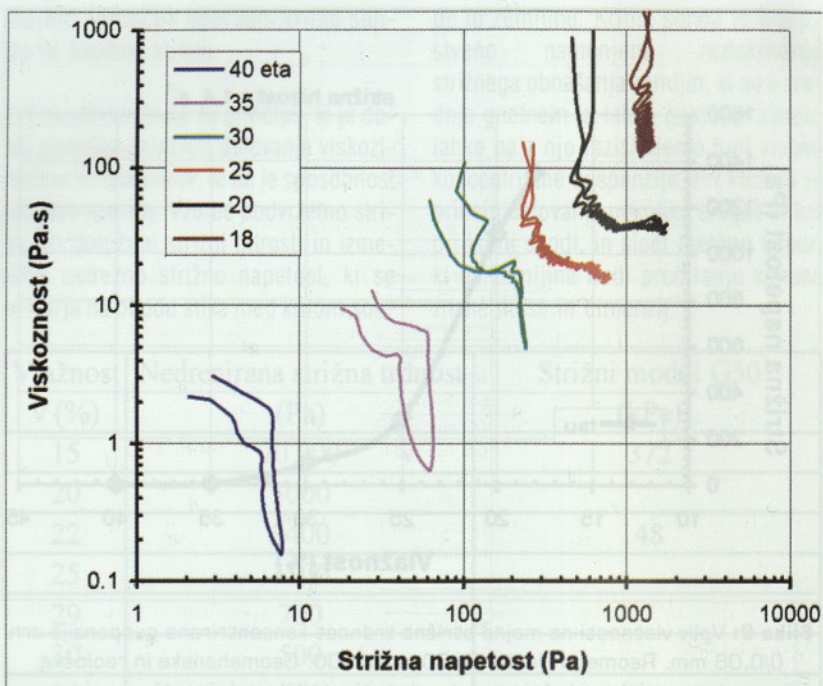
I_p = indeks plastičnosti

I_c = indeks konsistence.

V takšni opredelitvi je indeks konsistence negativen v vseh primerih, ko je vsebnost vode v zemljini višja od meje židkosti materiala. Ta, za stabilno strukturo zemljine navidezno nerazumljiv pojav, je pogost v zemljinah z izrazito satasto strukturo in je značilen za, npr. visoko plastičen melj - polžarico na Ljubljanskem barju.

5.2 KONCENTRACIJA KOT KAZALNIK NAČINA PLAZENJA IN GIBANJA TOKA

Za opisovanje stanja zemljine v drobirskem toku relativni kazalniki zgoščenosti, vlažnosti



Slika 11: Soodvisnost dinamične viskoznosti in strižne napetosti koncentriranih suspenzij vlažnosti 18 - 40%, trdna komponenta zrnivosti 0/0,06 mm.

Opis	Indeks konsistence	Enosna tlačna trdnost (kN/m ²)
Židka	< 0	< 35
Lahko gnetna	0 - 0,33	35 - 70
Srednje gnetna*	0,33 - 0,66	70 - 140
Težko gnetna	0,66 - 1	140 - 280

Preglednica 5: Indeks konsistence - kazalnik konsistenčnega (in tudi strižnega) obnašanja zemljine). Prirejeno po (Šuklje, 1979). *) Šuklje v izvorniku uporablja izraz »plastična«, torej »srednje plastična«.

in indeksi konsistence niso najbolj primerni, zato se za opredelitev masnih in volumenskih razmerij uporabljajo drugačni parametri, in sicer specifična teža (gostota), volumenska (C_v) in utežna koncentracija (C_w) suspenzije.

Volumenska koncentracija je podana kot razmerje med volumnom sedimenta in volumnom suspenzije po relaciji:

$$C_v = V_s / V = \gamma / (C_w \gamma_s) \quad (2)$$

utežna koncentracija (C_w) suspenzije pa po enačbi:

$$C_w = W_s / W = C_v \gamma_s / \gamma = 1 / (1 + w) \quad (3)$$

kjer je:

C_v = volumenska koncentracija sedimenta

C_w = utežna koncentracija sedimenta

V_s = volumen sedimenta

V = volumen vode in sedimenta.

γ_s = specifična teža zrnja

γ_w = specifična teža vode

w = vlažnost

W_s = teža sedimenta

W = teža suspenzije

Prostorninsko težo (gostoto) suspenzije je tako možno enostavno opredeliti z izrazom:

$$\gamma = \gamma_w + C_v (\gamma_s - \gamma_w) \quad (4)$$

V navodilih programa FLO-2D [O'Brien

A. PETKOVŠEK: Pomen geotehničnih raziskav pri preučevanju drobirskih tokov in prve slovenske izkušnje

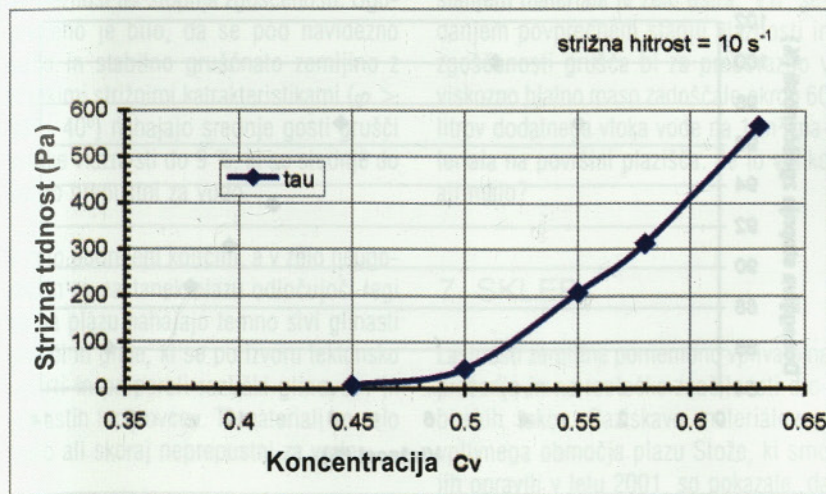
in Julien, 1997] je opredeljeno gibanje koncentracije sedimentov (preglednica 6).
 blatnih tokov (mudflow) kot funkcija

Vrsta toka	C_v	C_w	Opis toka
Plazenje (Landslide)	0.65-0.80	0.83 – 0.91	Ne teče; porušitev zaradi drsenja skal.
	0.55-0.76	0.76 – 0.83	Drsenje blokov, porušitev z notranjimi deformacijami med plazenjem; pred porušitvijo je opaziti počasno lezenje.
Blatni tok (Mudflow)	0.48-0.55	0.72 – 0.76	Tok je očiten; počasno lezenje stalnega blatnega toka; plastična deformacija pod lastno težo; koheziven; se ne širi na
	0.45-0.48	0.69 – 0.72	Tok se počasi širi po ravni površini; koheziven tok; nekaj mešanja.
Blatni vodni tok (Mud flood)	0.40-0.45	0.65 – 0.69	Tok se zlahka meša; pri deformiranju kaže znake tekočine; širi se po horizontalnih površinah, vendar ohranja nagnjeno površino; usedanje velikih delcev (samice); pojavljajo se
	0.35-0.40	0.59 – 0.65	Občutno usedanje gramoza in prodnikov; širi se skoraj izključno po horizontalnih površinah; pojavi se tekoča površina z dvema tekočima fazama; valovi potujejo na površini.
	0.30-0.35	0.54 – 0.59	Ločitev vode na površini, valovi zlahka potujejo. Večina peska in gramoza se usede in se premika kot rinjena plavina.
	0.20–0.30	0.41 – 0.54	
Vodni tok (Water flood)	<0.20	<0.41	Poplavna voda z običajnimi lebdečimi in rinjenimi plavinami.

Preglednica 6: Tokovno obnašanje suspenzij zemljine in vode v odvisnosti od koncentracije. [povzeto po O'Brien in Julien, 1997]

Vlažnost (%)	Gostota (kg/m ³)	Stanje	Indeks konsistence	Koncentracija C_v	Mejna strižna trdnost (Pa)	Viskoznost (Pa.s)
12	2390	Težko gnetna	1,1	0,73		
15	2230	Težko gnetna	0,8	0,71		
20	2060	Srednje gnetna	0,4	0,63	566	54
25	2020	Židka	0	0,58	311	31
30	1980		-0,4	0,55	206	20
35	1860			0,5	41	4
50	1700			0,42	6	0,6
70	1570			0,33		
100	1450			0,26		

Preglednica 7: Vpliv vlažnosti na gostotna stanja in reološke lastnosti zemljine Stože 0/0,063 mm.



Slika 12: Vpliv volumenske koncentracije na mejno strižno trdnost suspenzije. Zrna frakcije 0/0,063 mm.

5.3 REOLOŠKE LASTNOSTI DROBIRSKEGA TOKA STOŽE KOT FUNKCIJA KONSISTENCE IN KONCENTRACIJE

Glavne relacije, ugotovljene med vlažnostjo, konsistenco, koncentracijo in reološkimi lastnostmi na drobnih zrnih iz plazu Stože, so prikazane v preglednici 7 in na slikah 12 in 13.

5.4 VPLIV DEBELIH ZRN NA REOLOŠKO OBNAŠANJE MATERIALOV IZ PLAZU

Z dosedanjimi izvajanjem smo opredelili le geotehnične in reološke lastnosti drobnih zrn iz plazu Stože. Vendar pa so debela zrna tista, ki pomembno vplivajo na kritično vlažnost, specifično težo in tudi na način gibanja toka (trki).

V preglednici 2 smo pokazali, da so debela zrna velikosti nad 2 mm predstavljala več kot 60 masnih % vseh zrn v zemljini, ki se je iz plazenja na pobočju Stože preobrazila v drobirski tok. Raziskovanje strižnih in reoloških lastnosti tako debelo zrnatih zemljin bi zahtevalo reometre in strižne celice velikanskih razsežnosti, kar je v naših razmerah praktično neizvedljivo. Zato smo za ocenitev vpliva debelih zrn na reološko obnašanje zemljine ponovno uporabili klasična geo-tehnična znanja. Glede na prevladujočo karbonatno sestavo zrn smo izkustveno ocenili, da je delež vode, ki se lahko adsorbira na debela zrna, okrog 2 %, vso ostalo vlago pa v zemljini prispevajo drobna zrna. Iz enostavnih računskih relacij smo hitro prišli do ugotovitve, da bi morala biti vlažnost gruščnate zemljine na prehodu v židko stanje okrog 11 – 12 %. Pravilnost takšnega razmišljanja smo preverili z mehanskim nabijanjem materiala pri različnih stopnjah navlaženosti in z merjenjem nosilnosti po CBR (California bearing ratio). CBR postopek zaradi številnih pomanjklivosti sicer ne uživa posebej visokega ugleda med geotehnični-

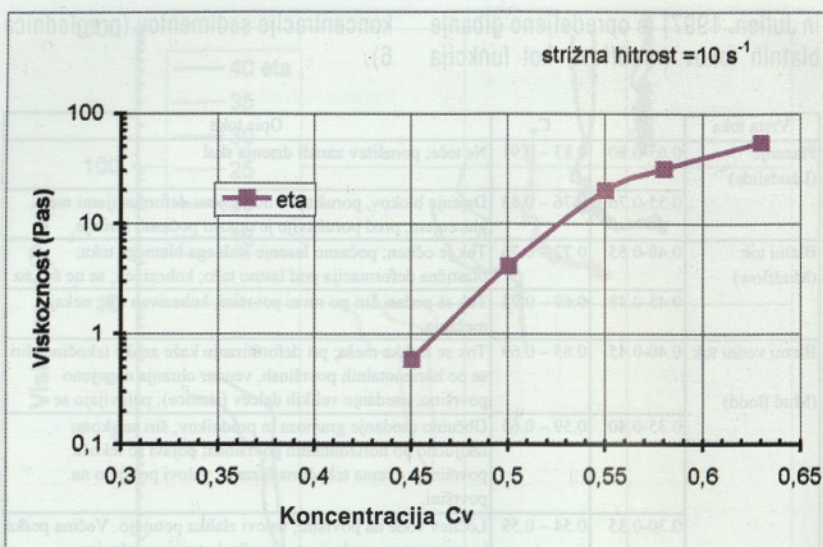
mi raziskavami, je pa zelo dober indikator stanja »tehnične obvladljivosti« granuliranih materialov (Sliki 14, 15), ki je tudi tokrat potrdil veliko praktično uporabno vrednost. Z enostavnima postopkoma in z opazovanjem obnašanja materiala ob nabijanju smo ugotovili, da je območje prehoda povprečne gruščnate zemljine iz »plastičnega« v židko stanje pri naslednjih značilnih vrednostih:

- vlažnost: $> 12\%$
- koncentracija: $< 0,72$
- gostota: 2200 kg/m^3 .

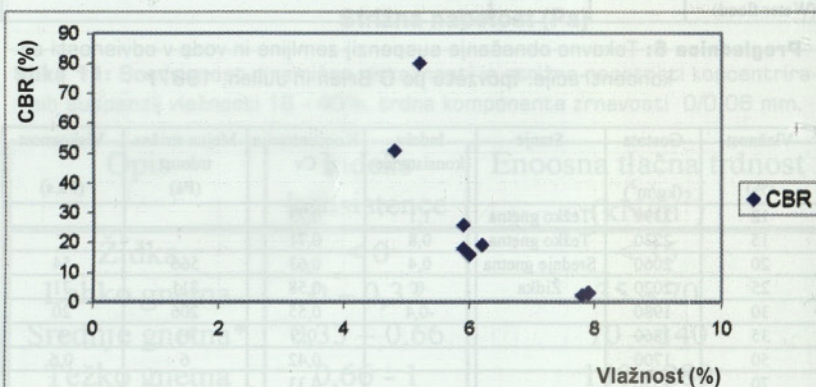
Če bi se slepo držali opisa obnašanja materialov (preglednica 6), bi sklepali, da se bo pri koncentracijah $C_v = 0,72$ grušč lahko premikal le v obliki plazjenja, ne pa v obliki drobirskega oz. blatnega toka. Ponovno moramo torej opozoriti, da je volumenska koncentracija razmeroma slab kazalnik tokovnega obnašanja drobirskih tokov, saj ne upošteva niti velikega vpliva debelih zrn niti vpliva visoko plastičnih (tikotropnih) glin.

Vpliv debelih zrn na strižno obnašanje povprečnega (debelo zrnatega) gruščnatega materiala smo preverili v posebni strižni celici, ki je bila po geotehničnem predlogu zasnovana v Laboratoriju Oddelka za konstrukcije na Zavodu za gradbeništvo Slovenije. Celica omogoča merjenje strižne trdnosti zemljine v odvisnosti od hitrosti striga ob hkratnem merjenju pornih tlakov. Z obsežnimi raziskavami, ki bodo morda predstavljene v kakšnem posebnem prispevku, so bile pri vlažnostih nad $11 - 12\%$ v območju striženja s hitrostjo $2 - 8 \text{ mm/min}$ izmerjene vrednosti nedrenirane strižne trdnosti reda $600 - 2100 \text{ Pa}$. Praktično vsa izmerjena strižna trdnost odpade na kohezijo, izmerjeni kot notranjega trenja $\varphi = 1^\circ$ je lahko tudi posledica napake meritve.

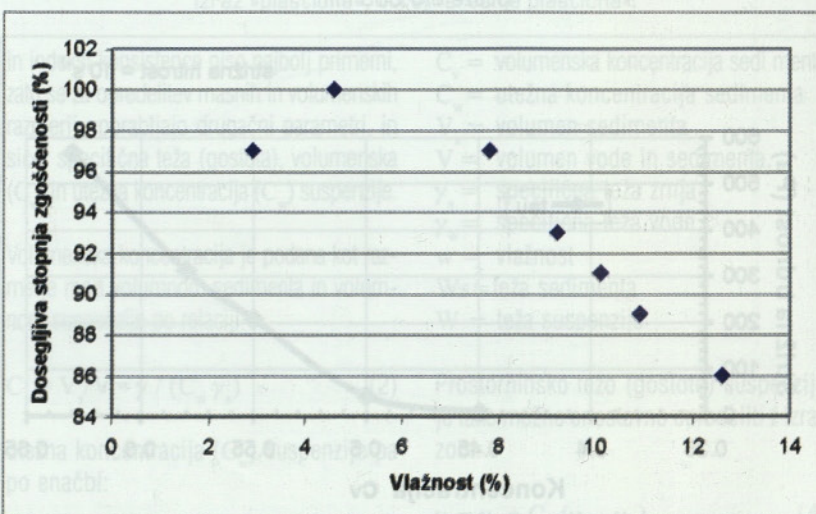
Tako smo dokončno potrdili, da so nosilci reološkega obnašanja drobirskega toka Stože v prvi vrsti drobni, nizko plastični karbonatni delci (viskoznost), torej delci, ki smo jih kot kritične prepoznali že z osnovnimi raziskavami plastičnosti in porazdelitve zrn (slika 16).



Slika 13: Vpliv volumenske koncentracije na dinamično viskoznost suspenzije. Zrna frakcije 0/0,063 mm.



Slika 14: Vpliv vlažnosti grušča na CBR nosilnost. Povprečni material iz plazu.



Slika 15: Vpliv vlažnosti na sposobnost zgoščanja po Proctorju. Povprečni material iz plazu. Pri vlažnosti 11% material ob nabijanju steče.



Slika 16: Polnjenje strižne celice z gruščem pri vlažnosti okrog 15 %. Bi po videzu materiala lahko sklepali, da je židka masa v resnici debelozrnat grušč? (Fotografija iz arhiva ZAG).

6. TVEGANJE NASTANKA NOVIH DROBIRSKIH TOKOV NA PLAZU STOŽE – MATERIALNI VIDIK

Vzporedno z raziskavami za določitev reoloških lastnosti materialov so potekale geološke raziskave (Špacapan, 2001), ki so pokazale, kolikšna je debelina nestabilnih mas na pobočju in kakšna je njihova vlažnost ter stopnja zgoščenosti. Ugotovljeno je bilo, da se pod navidezno suho in stabilno gruščnato zemljino z visokimi strižnimi katrakteristikami ($\varphi > 33^\circ - 40^\circ$) nahajajo srednje gosti grušči visoke vlažnosti do 9 %, ki so srednje do dobro prepustni za vodo.

V zelo podrejeni količini, a v zelo neugodni in za nastanek plazov odločujoči legi se na plazu nahajajo temno sivi glinasti grušči in gline, ki so po izvoru tektonsko pretrti in prepereli različki glinovcev in glinastih laporovcev. Ti materiali so zelo malo ali skoraj neprepustni za vodo.

V primeru obilnih padavin, pri katerih bi bil vtok vode v gruščnate materiale večji

od naravnega dreniranja in pri katerem bi prišlo do dviga podzemne vode, ki bi povzročila novo plazenje, se plaz lahko ponovno pretvori v gruščnati tok. Številni majhni gruščnati tokovi, ki jih dnevno lahko opazujemo na plazu vse od njegove sprožitve v novembru leta 2000, so že dodobra preoblikovali relief in dokazujejo, da na plazu Stože lahko ponovno pride do nastanka drobirskega toka. Meja med »plastičnim« in »židkim« stanjem materiala je zelo ostra. Pri sedanjem povprečnem stanju vlažnosti in zgoščenosti grušča bi za preobrazbo v viskozno blatno maso zadoščalo okrog 60 litrov dodatnega vtoka vode na 1 m³ materiala na površini plazišča. Je to veliko ali malo?

7. SKLEP

Lastnosti zemljine pomembno vplivajo na proženje in na reološke značilnosti drobirskih tokov. Raziskave materialov iz vplivnega območja plazu Stože, ki smo jih opravili v letu 2001, so pokazale, da je možno s klasičnimi geotehničnimi raziskavami in inženirskimi izkušnjami, ki

jih dopolnimo z raziskavami reoloških parametrov drobnih delcev, zadovoljivo opisati materialne in reološke lastnosti toka.

Geotehnični materiali so zelo heterogeni, stalno spremenljivi materiali. Njihovo obnašanje lahko razumemo le, če poznamo zgodovino nastajanja ozemlja in specifične geološko in geotehnično pogojene lastnosti materiala, še zlasti potem, ko ta pride v stik z vodo. Zanesljivost napovedi ogroženosti ozemlja pred različnimi oblikami plazov narašča z obsegom in kvaliteto opravljenih raziskav in z inženirskimi izkušnjami. Naše inženirske izkušnje na področju preučevanja drobirskih tokov so še zelo skromne.

Pri prenašanju tujih znanj in izkušenj ter pri uporabi komercialnih programov za modeliranje gruščnatih tokov bi se morali varovati slepega prenašanja materialnih parametrov, ki jih navaja tuja literatura ali uporabniški priročniki, saj se le ti običajno navezujejo na točno izbrane materiale (zelo pogosto na vulkanski pepel, enozrnat peske) in se v čim večji meri nasloniti na podatke lastnih (geoloških, geotehničnih, morfoloških) opazovanj na terenu in raziskav v laboratoriju. Raziskave, ki jih navaja večina najnovejše literature in programskih priročnikov s področja modeliranja drobirskih tokov, znamo opraviti tudi v Sloveniji, a le, če združimo znanja, opremo in izkušnje, s katerimi razpolagajo različni laboratoriji in inštitucije.

Znano in v praksi že nič kolikokrat potrjeno reklo, da so najdražje tiste geološko-geotehnične raziskave, ki jih ne opravimo, velja tudi v primeru drobirskih tokov, kjer pa se cena ne plačuje le z denarjem, temveč žal tudi s človeškimi življenji. Primeri velikih plazov v Sloveniji v zadnjih dveh letih kažejo, da se bomo morali zelo resno posvetiti tudi preučevanju drobirskih tokov, če se bomo želeli pred njimi učinkovito zaščititi.

ZAHVALA

Rezultati, prikazani v prispevku so del raziskav, ki jih je v okviru zahtev iz projektne naloge in po pogodbi z R Slovenijo, Ministrstvom za okolje in prostor, zasnovala, vodila in koordinirala avtorica prispevka. Glede na razpoložljivo raziskovalno opremo je bilo v raziskave vključenih 6 slovenskih laboratorijev, vendar pa smo za opredelitev lastnosti drobirskega toka lahko uporabili le rezultate, ki so jih posredovali naslednji štirje laboratoriji: UL FGG Katedra za mehaniko tal z laboratorijem (preiskave sta vodila A. Petkovšek in doc.dr. J. Logar), UL FKKT Laboratorij katedre za kemijo in kemijsko tehnologijo (preiskave je vodila doc.dr. A. Zupančičeva), Geomehanski laboratorij ZAG (preiskave je vodil P. Pavšič) in Laboratorij za konstrukcije ZAG (preiskave je vodil prof. dr. M. Tomaževič). Pri usmerjanju raziskav sta s konzultacijami pomagala prof. dr. B. Majes in prof. dr. R. Rajar iz FGG Univerze v Ljubljani. Vsem, ki so v te, »za nekatere nepotrebne«, raziskave vložili veliko več, kot je od njih pričakovalo naročilo, prisrčna hvala.

LITERATURA

- Horvat, M., Sanacija Tratičnikovega plazu v Podvolovjeku. UJMA, str. 73-76, 1993.
- Jan, C.D., Shen, H.W., Review of dinamic modeling of debris flows. Recent developments on debris flows. Springer Verlag, Kagoshima, 1997.
- Julien, P.Y., O' Brien, J.S., On the importance of mud and debris flow rheology in structural design. Debris Flow, Ed. Tamotsu Takahashi, Balkema Rotterdam, pp. 350-359, 1991.
- Kulbertanz, G. & all, Parameters governing debris – flow initiation, Debris flow hazards mitigation, Balkema Rotterdam, pp. 73-78, 2000.
- Leroueil, S., Locat, J., Slope movement – Geotechnical characterization, risk assessment and mitigation. Proc. XIth Danube European Conference on Soil Mec. And Groun Eng., Poreč, Ed. Marič, B. at all, Balkema, pp. 95-105, 1998.
- Castelli, M., Scavia, C., A mechanical model for the analysis of planar landslides in swelling marls, Proc. XVth ICSMGE, Istanbul, Balkema, pp. 1111-1114, 2001.
- Majes, B., Plaz pod Mangrtom - končno poročilo ekspertne skupine za geotehniko. Ljubljana, interno poročilo za MOP, 2001.
- Majes, B., Petkovšek, A., Kako zmanjšati ogroženost Loga pod Mangartom pred morebitnimi novimi drobirskimi tokovi. 23. Zbornik posvetovanja gradbenih konstrukterjev Slovenije, Ur. Saje, F. in Lopatič, J. SDGK, Bled, str. 9-20, 2002.
- O' Brien, J.S., Julien, P.Y., Laboratory analysis of mudflow properties. J. Hydraulic Engn. ASCE, 114(8), pp. 877-887, 1988.
- O' Brien, J.S., Julien, P.Y., Short course on mud and debris flow modeling using FLO-2D. J. Hydraulic Div, (Delovno gradivo), 1997.
- Petkovšek, A., Tehnologija priprave naravnih materialov za vgrajevanje v umetne pregrade. Raziskovalna naloga ZAG Ljubljana, P 423/99, 1999.
- Petkovšek, A., Zakaj so potrebne laboratorijske raziskave plazu Stože in čemu naj te raziskave služijo. UJMA, str. 109-117, 2001.
- Ribičič, M., Osnovni pojmi in definicije o plazenju ter sorodnih pojavih. Zbornik predavanj, Ljubljana, MOP, Uprava RS za varstvo narave, str. 16-22, 1999.
- Ribičič, M., Značilnosti drobirskega toka Stože pod Mangartom. UJMA, str. 102-108, 2001.
- Skaberne, D., Predlog slovenskega izrazoslovja pobočnih premikanj – pobočnega transporta. Geologija 44/1, Ljubljana, str. 89-100, 2001.
- Šuklje, L., Objašnjenje pravilnika o tehničkim normativima za projektovanje i izvođenje radova kod temeljenja građevinskih objekata. Časopis Izgradnja, Beograd, 1979.
- Tognacca, C. & all, Threshold criterion for debris flow initiation due to chanell bed faillure. Debris flow hazards mitigation, Balkema Rotterdam, pp. 89-97, 2000.
- Varners, D.J., Slope movement types and processes. V. Schuster, R.L. at all. Ed. Landslides analysis and controll. National Academy of Sciences, Transportation Research Board Special Report 176, Washington D.C., pp. 11-33, 1978.
- Vidrih, R., Ribičič, M., Posledice potresa v naravi. Ujma, str. 107-116, 1999.
- Znamensky, D., Gramani, M.F., Debris flow grain size analysis. Debris flow hazards mitigation, Balkema Rotterdam, pp. 537-545, 2000.
- Žumer, M., Zupančič Valant, A., Florjančič, U., Mesec, A., Seminar iz aplikativne reologije. FKKT Univerze v Ljubljani, 1997.
- Whyte, I.L., Soil plasticity and strenght. Ground Engineering, Vol.15, No.1., pp. 16-24, 1982.
- Eurocode 7. EN 1997-1. Geotechnical design. Part 2. Design assisted by laboratory testing. Final draft. European Committee for Standardization.

JUS U.B1.001/1990. Opšta klasifikacija tla.

Poročilo o geomehanskih raziskavah vzorcev iz vrtin na plazu Stože. ZAG Ljubljana, št. poročila: 733/01-740-1. Julij 2001.

Poročilo o preiskavi strižnih lastnosti splazele mase plazu Stože. ZAG Ljubljana, št. poročila: 121/01-650. Julij 2001.

Program in načrt izvedbe raziskav za določitev mejnih napetostnih stanj gručnatoga toka na plazu Stože. GI – ZRMK Ljubljana, št. poročila: 321103/01. Maj 2001.

Poročilo o geomehanskih raziskavah in raziskavah tokovnega obnašanja zemljin iz območja plazu Stože. UL FGG Katedra za mehaniko tal z laboratorijem, št. poročila: 115-1-01. Julij 2001.

Tokovno obnašanje suspenzij zemljin. Poročilo UL FKKT. Julij 2001.

Zaključni elaborat laboratorijskih raziskav zemljin iz območja plazu Stože. GEOT Ljubljana, št. poročila: 321070/01-2. Julij 2001.

Geološko geotehnični elaborati in poročila – različne faze obdelave raziskav plazu Stože. GEOT Ljubljana. Avtor Igor Špaccapan. 2001.

KOLEDAR PRIREDITEV

17.12. – 20.12.2002

Structural Composites for Infrastructure Applications

Asuan, Egipt.

www.geocities.com/acm_egypt_2002
acm_egypt_2002@yalla.com

13.1. – 18.1.2003

BAU 2003

15th International Trade Fair for Building Materials, Building Systems.

and Building Renovation
München, Nemčija.

www.messe-muenchen.de
info@messe-muenchen.de

19.1. – 22.1.2003

CMRA 2003

C&D recycling of concrete, wood, asphalt, gypsum, metals and asphalt shingles.

Fort Lauderdale, Florida-ZDA.

www.cdrecycling.org
turley@cdrecycling.org

21.1. – 23.1.2003

Industrial Floors '03

5th International Colloquium.

Ostfildern/Stuttgart, Nemčija.

www.tae.de/indfloors
hedwig.neuhoff@tae.de

3.2. – 6.2.2003

IMAC-XXI: A Conference & Exposition

on Structural Dynamics

IMAC Exposition.

Kissimmee, Florida-ZDA.

www.sem.org/CONF-IMAC-Exposition.asp
joninormandin007@aol.com

18.2. – 20.2.2003

Performance of Construction Materials

in the New Millennium

International Conference.

Kairo, Egipt.

www.ucalgary.ca/~icpcm/
icpcm@ucalgary.ca

5.3. – 7.3.2003

5th International Symposium on Steel Bridges

ECCS Symposium.

Barcelona, Španija.

www.ascem.org/5symposium-steel-bridges
ascem@fonocom.es

6.3. – 9.3.2003

World sustainable energy day 2003

Energiesparmesse, including the prestigious

Energy Globe Awards 2003.

Wels, Avstrija.

www.energyglobe.at
office@esv.or.at

16.3. – 23.3.2003

3rd World Water Forum

Kyoto, Shiga, Osaka; Japonska.

www.unido.org/en/doc
fair@water-forum3.com

24.3. – 26.3.2003

Life-Cycle Cost Analysis and Design

of Civil Infrastructure Systems

The 3rd International

Workshop.

Lausanne, Švica.

www.jcss.ethz.ch
walzer@ibk.baug.ethz.ch

3.4. – 4.4.2003

3rd International Postgraduate

Research

Conference in the Built and

Human Environment

Lizbona, Portugalska.

www.scpm.salford.ac.uk/bf2003
M.Hamblett@salford.ac.uk

7.4. – 10.4.2003

11th Rinker International Conference on

Deconstruction and Materials Reuse

Gainesville, Florida, ZDA.

www.cce.ufl.edu/rinker11
chini@ufl.edu

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

KAZALO ZA LETNIK 51 - 2002

STROKOVNI ČLANKI PROFESSIONAL PAPERS

BEG Darko:
POTRESNOODPORNO PROJEKTIRANJE JEKLENIH KONSTRUKCIJ –
UČIMO SE NAPAKAH
DESIGN OF EARTHQUAKE RESISTANT STEEL STRUCTURES –
LEARNING ON MISTAKES 50

BRECL Janko:
GOSPODARJENJE S CESTAMI IN PROMETNA VARNOST NA KOROŠKEM
IN V PODRAVJU
ROAD MANAGEMENT AND TRAFFIC SAFETY IN KOROŠKA
AND PODRAVJE REGION 290

GUŠTIN Jože:
VEČNAMENSKA AKUMULACIJA RIŽANA
MULTIPURPOSE IMPOUNDING RESERVOIR OF
THE RIŽANA REGION 194

ILAR Vojko:
SPECIFIČNOST POUČEVANJA STATIKE NA FAKULTETI ZA
ARHITEKTURO V LJUBLJANI
SPECIFICS OF TEACHING STATICS AT THE FACULTY OF
ARCHITECTURE IN LJUBLJANA 214

LAPAJNE J., ŠKET - MOTNIKAR B., ZUPANČIČ P.:
TOLMAČ KARTE POTRESNE NEVARNOSTI SLOVENIJE
SEISMIC HAZARD MAP OF SLOVENIA –
EXPLANATORY TEXT 44

MARC Ksenija:
AVTOCESTA PROTI MORJU
MOTORWAY TO THE SEA 3

MACUH Borut, ŽLENDER Bojan:
ANALIZA PODPORNEGA ZIDU PO STANDARDU EN 1997-1
RETAINING WALL ANALYSIS ACCORDING TO
EN 1997-1 STANDARD 119

MIKOŠ Matjaž, URBANIČ Gorazd:
VREDNOTENJE KAKOVOSTNEGA STANJA VODOTOKOV –
2. RAZMERE V SLOVENIJI
ASSESSMENT OF THE QUALITY STATUS OF WATERCOURSES –
2. SITUATION IN SLOVENIA 274

NOVLJAN Tomaž:
MOŽNOSTI IZBOLJŠANJA AMBIENTA ZA VEČJO VARNOST
V DOLGIH CESTNIH PREDORI
IMPROVEMENTS OF THE AMBIENCE FOR ACHIEVING GREATER
SAFETY IN LONG ROAD TUNNELS 175

PETKOVŠEK Ana:
POMEN GEOTEHNIČNIH RAZISKAV PRI PREUČEVANJU DROBIRSKIH
TOKOV IN PRVE SLOVENSKE IZKUŠNJE
THE IMPORTANCE OF GEOTECHNICAL RESEARCH IN STUDYING DEBRIS
FLOWS AND THE FIRST SLOVENIAN EXPERIENCES 346

RISMAL Mitja:
PROBLEMATIKA NAČRTOVANJA IN IZGRADNJE LJUBLJANSKE
ČISTILNE NAPRAVE

PROBLEMS OF DESIGN AND CONSTRUCTION OF LJUBLJANA WASTE
WATER TREATMENT PLANT 167

ŠILIH Simon, KRAVANJA Stojan:
OPTIMIRANJE SOVPREŽNIH KONSTRUKCIJ
OPTIMIZATION OF COMPOSITE STRUCTURES 60

TOMAŽEVIČ Miha:
OBSTOJEČI GRADBENI OBJEKTI IN RAZVOJ POTRESNEGA
INŽENIRSTVA - PRIMER ZIDANIH STAVB
EXISTING BUILDINGS AND THE DEVELOPMENT OF EARTHQUAKE
ENGINEERING: THE CASE OF MASONRY BUILDINGS 67, 74

URBANIČ Gorazd, MIKOŠ Matjaž:
VREDNOTENJE KAKOVOSTNEGA STANJA VODOTOKOV - 1.
PREGLED NEKATERIH METOD VREDNOTENJA
ASSESSMENT OF THE QUALITY STATUS OF WATERCOURSES -
1. AN OVERVIEW OF SOME ASSESSMENT METHODS 262

ZBAŠNIK - SENEČAČNIK Martina, KRESAL Janez:
NEPREZRAČEVANA FASADA
NON-VENTILATED FAÇADE 205

ZBAŠNIK - SENEČAČNIK Martina, KRESAL Janez:
PREZRAČEVANA FASADA
VENTILATED FAÇADE 236

ZBAŠNIK - SENEČAČNIK Martina:
VREDNOTENJE HIŠ IZ OPEKE IN MASIVNEGA LESA
EVALUATION OF HOUSE MADE OF BRICK AND SOLID WOOD 11

ZADNIK Branko:
NOVI POGLEDI NA ZASNOVO TEMELJENJA DALJNOVODNIH STEBROV
NEW APPROACH ON THE DESIGN OF FOUNDATION OF THE
OVERHEAD LINES SUPPORTS 27

ŽARNIČ Roko:
OSNOVNE LASTNOSTI POLIMERNIH KOMPOZITOV
BASIC PROPERTIES OF FIBRE REINFORCED PLASTICS 155

ZNANSTVENI ČLANKI SCIENTIFIC PAPERS

CEROVŠEK Tomo:
RAZISKAVE IN UPORABA EKSPERTNIH SISTEMOV V GRADBENIŠTVU
RESEARCH AND APPLICATIONS OF EXPERT SYSTEMS IN CIVIL
ENGINEERING 80

FAJFAR Peter:
POENOSTAVLJENA NELINEARNA ANALIZA KONSTRUKCIJ PRI
POTRESNI OBTEŽBI
SIMPLIFIED NON-LINEAR SEISMIC ANALYSIS OF
STRUCTURES 302

FISCHINGER Matej, KANTE Peter:
PARAMETRIČNA ŠTUDIJA SEIZMIČNEGA ODZIVA AB STEN,
PROJEKTIRANIH PO EC8
PARAMETRIC STUDY OF THE SEISMIC RESPONSE OF RC WALLS,
DESIGNED ACCORDING TO EC8 246

KLANŠEK Uroš, SNOJ Boris, KRAVANJA Stojan: RAZISKAVA TRGA GRADBENIH JEKLENIH PROFILOV MARKETING RESEARCH OF STEEL SEMI-FINISHED PRODUCTS	254
---	-----

MIKOŠ Matjaž, ŠTRAVS Luka, PETKOVŠEK Gregor, BRILLY Mitja: PRODNA BILANCA POVODJA REKE KORITNICE – 1. LETNA PRODONOSNOST SEDIMENT BUDGET OF THE KORITNICA RIVER BASIN – 1. YEARLY SEDIMENT TRANSPORT RATES	316
--	-----

MIKOŠ Matjaž, PETKOVŠEK Gregor, ŠTRAVS Luka, BRILLY Mitja: PRODNA BILANCA POVODJA REKE KORITNICE – 2. MORFOLOŠKE SPREMEMBE SEDIMENT BUDGET OF THE KORITNICA RIVER BASIN – 2. MORPHOLOGICAL CHANGES	339
--	-----

PAVLOVIČ Luka: ČLENITEV NAMENSKE FUNKCIJE PRI OPTIMIZACIJI JEKLENIH OKVIRJEV FORMULATION OF OBJECTIVE FUNCTION AT THE OPTIMIZATION OF STEEL FRAMES	97
--	----

PETKOVŠEK Gregor, MIKOŠ Matjaž: DOLOČITEV DEJAVNIKA EROZIVNOSTI PADAVIN IN ODTOKA R NA PODLAGI DNEVNIH PADAVIN NA POVODJU DRAGONJE DETERMINATION OF RAINFALL AND RUNOFF EROSIVITY R-FACTOR BASED ON DAILY PRECIPITATION DATA FOR THE DRAGONJA CATCHMENT	322
--	-----

REBEC Andrej, KNEZ Friderik, HAJDUKOVIČ Milan: KARAKTERISTIKE BAZENSKIH POŽAROV CHARACTERISTIC OF POOL FIRES	182
--	-----

REBEC Andrej, KNEZ Friderik, PLEŠEC Primož: TEMPERATURNI ODZIV POŽARU IZPOSTAVLJENIH KONSTRUKCIJ REZERVOARJEV TEMPERATURE RESPONSE OF POOL STRUCTURES EXPOSED TO FIRE	225
---	-----

SKUBER Peter: NIZKOCIKLIČNO UTRUJANJE STIKOV V JEKLENIH KONSTRUKCIJAH LOW CYCLE FATIGUE ASSESSMENT OF CONNECTIONS IN STEEL STRUCTURES	142
--	-----

ŠELIH Jana, JAPELJ Marjan: EKSPERIMENTALNA RAZISKAVA OBNAŠANJA Z JEKLENI IN POLIPROPILENSKIMI VLAKNI OJAČENIH BETONOV EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF STEEL AND POLYPROPYLENE FIBRE - REINFORCED CONCRETE BEHAVIOUR	110
---	-----

TOMAŽEVIČ M., ŽNIDARIČ A., KLEMENC I., LAVRIČ I.: VPLIV PROMETNIH VIBRACIJ NA KAMNITE ZIDANE STAVBE INFLUENCE OF TRAFFIC INDUCED VIBRATIONS ON STONE-MASONRY BUILDINGS	35
---	----

ZUPANČIČ Erik: ROTACIJSKA KAPACITETA STIKOV JEKLENIH OKVIRNIH KONSTRUKCIJ ROTATION CAPACITY OF STEEL FRAMES	128
--	-----

ŽARNIČ Roko: UTRDIČEV KONSTRUKCIJ Z ARMIRANIMI PLASTIČNIMI MASAMI STRENGTHENING OF STRUCTURES WITH FIBRE - REINFORCED PLASTICS	279
---	-----

UVODNIKI

HUMAR Gorazd: SPOŠTOVANI BRALCI GRADBENEGA VESTNIKA	2
--	---

HOLOBAR Anka: ZDGITS IMA NOVO VODSTVO	26
--	----

VENGUST Marjan: Novoletno voščilo	336
--	-----

POROČILA Z DRUŠTVENIH SREČANJ

HUMAR Gorazd: 34. SESTANEK EVROPSKEGA SVETA GRADBENIH INŽENIRJEV - ECCE V LJUBLJANI (19. IN 20. OKTOBER 2001)	20
---	----

POROČILA S STROKOVNIH IN ZNANSTVENIH SREČANJ

PEROVIC - MAROLT Janja: GRADBENI PROIZVODI ZA ENOTNI TRG: PRIČAKOVANJA IN STVARNOST CONSTRUCTION PRODUCTS FOR THE SINGLE MARKET: EXPECTATIONS AND REALITY	106
--	-----

ŠAVNIK Peter: STRAIT CROSSINGS - 4. SIMPOZIJ O PREČKANJU OŽIN, BERGEN, NORVEŠKA, 2.- 5.9. 2001	23
--	----

ZADNIK Branko: 35. sestanek evropskega sveta gradbenih inženirjev (EUROPEAN COUNCIL OF CIVIL ENGINEERS - ECCE)	331
--	-----

IN MEMORIAM

RISMAL Jože: V SPOMIN JOŽETU MUŠIČU, univ. dipl. inž. grad.	18
---	----

MNENJA IN ODMEVI

SLOKAR Jožef: Ločeno mnenje na Zaključno poročilo javnega natečaja za programsko urbanistično rešitev Potniške postaje v Ljubljani	298
---	-----

NAGRAJENI GRADBENIKI

Miha Remec, univ.dipl.inž.grad.	337
--------------------------------------	-----

Vukašin Ačanski, univ.dipl.inž.grad.	338
---	-----

Gorazd Pust, univ.dipl.inž.grad.	339
---------------------------------------	-----



PRIPRAVLJALNI SEMINARJI ZA STROKOVNI IZPIT V GRADBENIŠTVU, ARHITEKTURI IN KRAJINSKI ARHITEKTURI V LETU 2003

MESEC	SEMINAR	IZPITI		
		GRADBENIKI	ARHITEKTI	KRAJINARJI
Januar	20. - 24.	pisni: 25.1.		
Februar	17. - 21.	ustni: 3. - 6.		
Marec	17. - 21.	pisni: 1.3. ustni: 10. - 13.3.	pisni: 22.3.	
April	14. - 18.		ustni: 1. - 4.4.	
Maj	19. - 23.	pisni: 31.5.		
Junij		ustni: 9. - 13.6.		
September	22. - 26.			
Oktober	20. - 24.	pisni: 25.10.		
November	17. - 21.	ustni: 3. - 7.11. pisni: 22.11.	pisni: 8.11. ustni: 17. - 20.11.	
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

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.

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

Seminar ni obvezen! Izvedba seminarja je odvisna od števila prijav (najmanj 20 kandidatov). Udeleženca prijavi k seminarju plačnik (podjetje, družba, ustanova, sam udeleženec ...). Prijavo v obliki dopisa je potrebno poslati organizatorju **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 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>