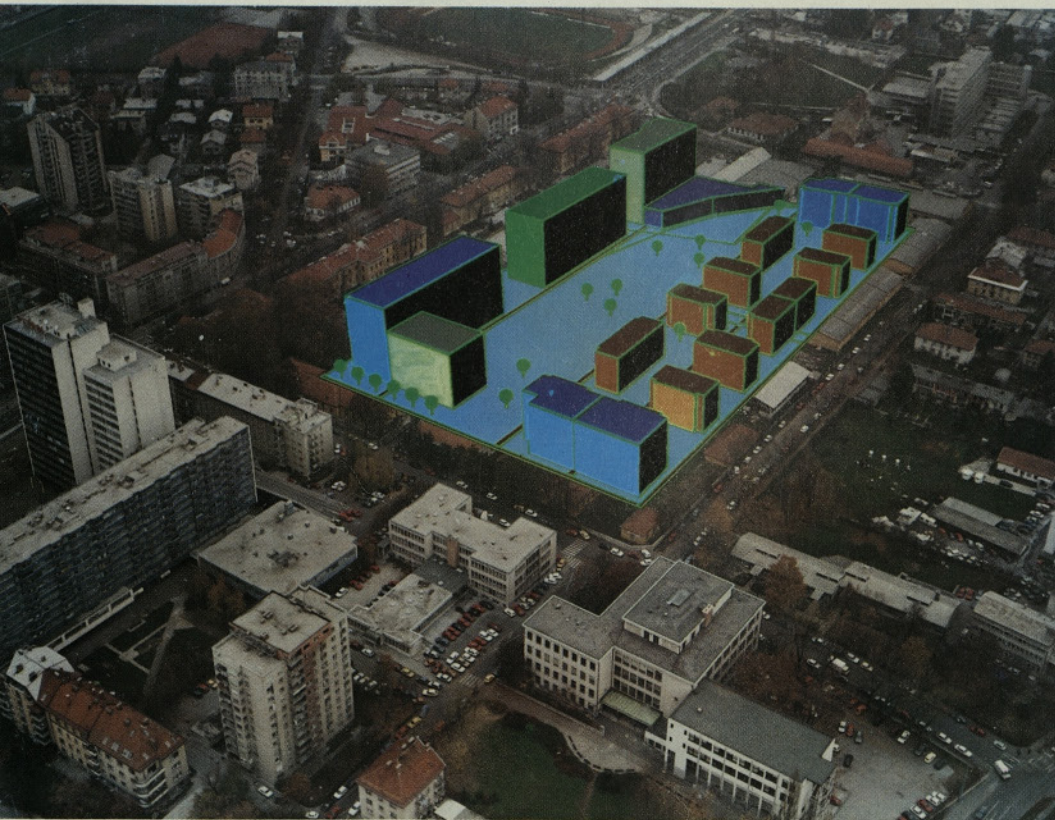


UDK-UDC 05:625;  
ISSN 0017-2774

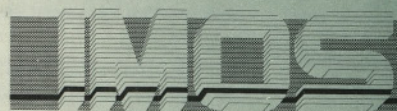
LJUBLJANA,  
AVGUST-SEPTEMBER-  
OKTOBER 1993

LETNIK XXXXII  
STR. 161-222

# GRADBENI 8-9 VESTNIK -10



PROJEKT "BO 2/3" – TOPNIŠKA VOJAŠNICA LJUBLJANA-BEŽIGRAD



DELNIŠKA DRUŽBA  
LJUBLJANA

**Glavni in odgovorni urednik:**

---

Franc ČAČOVIČ

**Lektor:**

---

Alenka RAIČ

**Tehnični urednik:**

---

Dane TUDJINA

**Uredniški odbor:**

---

Sergej BUBNOV, Vladimir ČADEŽ,  
Vojteh VLODYGA, Stane PAVLIN,  
Gorazd HUMAR, Ivan JECELJ,  
Jože BOŠTJANČIČ,  
Andrej KOMEL,  
Jože ŠČAVNIČAR, dr. Miran SAJE

Revija izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon: 221-587. Žiro račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska Tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Naročnina za člane društev znaša 1260 SIT. Za študente in upokoјence velja polovična cena. Naročnina za gospodarske naročnike znaša 12.600 SIT, za inozemske naročnike 100 US \$. Revija izhaja ob finančni pomoči Ministrstva za znanost in tehnologijo, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana, Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo, Univerze v Ljubljani in TF, OG Gradbeništvo univerze v Mariboru. V naročnini je všteti prometni davek.

**URBANISTIČNA REŠITEV  
PROJEKTA "BO 2/3" – TOPNIŠKA  
VOJAŠNICA**

**LJUBLJANA-BEŽIGRAD**

Avtorja: ANDREJ MĻAKAR, d.i.a. in  
FERDO JORDAN, d.i.a.  
Foto: OSKAR DOLENC, dipl. ing. /  
MARKO VOGRIČ, ing.

# GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE  
ŠT. 8-9-10 • LETNIK 42 • 1993 • ISSN 0017-2774

## VSEBINA-CONTENTS

Članki, študije, razprave Articles studies, proceedings	Cveta Kovačič: POMEN INFORMACIJ PRI PRENOSU ZNANJA V GRADBENIŠTVU ..... 162 Vidosava Šumič: PRIMERNOST UPORABE KONSTRUKCIJSKIH JEKEL PO JUS ZA KONSTRUKCIJE, IZPOSTAVLJENE NIZKIM TEMPERATURAM ..... 166 Svetko Lapajne: ELASTIČNOST – PLASTIČNOST PRI PRERAČUNAVANJU IN DIMENZIONIRANJU KONSTRUKCIJ IZ OJAČANEGA ALI PREDNAPETEGA BETONA ..... 172 ELASTICITY-PLASTICITY FOR THE CALCULATION AND DIMENSIONING OF REINFORCED AND PRESTRESSED CONCRETE Amalija Trauner: ONESNAŽENOST MALIH VODOTOKOV IN GRADNJA MALIH ČISTILNIH NAPRAV MALE ČISTILNE NAPRAVE ZA ČIŠČENJE KOMUNALNIH ODPLAK ..... 176
Poročila – Informacije Reports – Information	Svetko Lapajne: IZREDNE OBTEŽBE (POTRES, SNEG) ODKRIVAJO NAPAKE KONSTRUKCIJ . 196 Edo Prevc: RAZVOJ TEHNIČNE REGULATIVE NA IZHODIŠČIH NAVODILA O GRADBENIH IZDELKIH ..... 197
Diskusija Discussion	Darko Beg: O VERJETNOSTNEM PRISTOPU PRI REŠEVANJU INŽENIRSKIH PROBLEMOV 203
Poročila Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani Proceedings of the Department of Civil Engineering University, Ljubljana	Andrej Širca, Rudi Rajar: UPORABA METODE SLEDENJA DELCEV PRI MODELIRANJU TRANSPORTA POLUTANTOV ..... 205 USE OF THE PARTICLE-TRACKING METHOD FOR MODELLING OF THE TRANSPORT OF POLLUTANTS
Novosti – Gradbeništvo Tehniška fakulteta Univerza v Mariboru Civil Engineering News University in Maribor	Bojan Žlender, Ludvik Trauner, Stanislav Škrabl: EDOMETER S KONTINUJRNIM OBREMENJEVANJEM ..... 213 OEDOMETER WITH CONTINUOUS LOADING
Informacije Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana Institute for testing and research in materials and structures Ljubljana	Branka Zatler-Zupančič, Ana Mladenovič, Anton Ramovš, Jožef Vesel, Gene Avguštin: ANDEZITNI TUF V SLOVENIJI – KULTURNA DEDIŠČINA NA GORENJSKEM 217 ANDESITE TUFF IN SLOVENIA – PART OF THE CULTURAL HERITAGE OF GORENJSKA

# POMEN INFORMACIJ PRI PRENOSU ZNANJA V GRADBENIŠTVU

UDK 624+007+026

CVETA KOVAČIČ

## POVZETEK

Specializirani informacijski center (SIC) za graditeljstvo pri Centralni tehniški knjižnici Univerze v Ljubljani opredeljuje svoje osnovne usmeritve s prenosom svetovnega znanja in z mednarodnim povezovanjem. V prispevku je predstavljena problematika znanstveno-tehničnega informiranja v gradbeništvu. Podan je prikaz delovanja mednarodne informacijske mreže ARCONIS (Architecture and construction information service) in smernice razvoja informacijskega povezovanja glede na trende v gradbeništvu.

## THE IMPORTANCE OF INFORMATION TRANSFER IN BUILDING AND CIVIL ENGINEERING

## SUMMARY

The Center for Civil Engineering carried by the Central Technical Library of the University Ljubljana determines its main orientation towards the transfer of knowledge and international collaboration. The paper presents the problems of building information. The function of the international network ARCONIS (Architectural Construction Information Service) is given and the future development of Building Information networking is highlighted.

## UVOD

Slovenija ni velika država in tako so celo naša največja gradbena podjetja v primerjavi s tujimi velikimi uspešnimi poslovnimi konkurenti majhna. Zaradi vojne je prenehalo »dobro staro« jugoslovansko tržišče, kjer so ta podjetja prodajala tudi izdelke nižje kakovosti in iztržila več kot na tržiščih razvitih držav.

Na eni strani se kaže potreba po preživetju, ki zahteva nov način trženja, po drugi strani pa podjetja vedo, da morajo tako za enostavno kot za tehnološko zahtevno proizvodnjo uporabiti vse dosegljive znanstvene dosežke, da bi zadržala konkurenčno pozicijo in ostala med vodečimi ponudniki.

Udeleženci v gradnji pa često menijo, da razpolagajo z vsemi informacijami, ne da bi se na kakršen koli način prepričali, ali so zares izkoristili najvažnejše informacijske vire. Vzemimo npr. samo gradbene poškodbe na objektih. V Republiki Nemčiji so izračunali, da jih je za 14 milijard DEM letno. To ogromno gospodarsko izgubo enostavno sprejmejo, pri tem pa je poskrbljeno, da se o razlogih in vzrokih poškodb ne razpravlja.

Nova strategija razvoja Slovenije bo znanost neposredno vključila v evropsko tržišče in ne bo namenjena samo domačemu uporabniku. Če raziskovalci ne bodo našli interesenta doma, se bodo morali obrniti na tuje firme in se vključiti v evropske in ameriške projekte. Objave v mednarodnih znanstvenih revijah in preverjanje citiranosti raziskovalcev lahko bistveno dvigne kakovost univerze, mednarodne reference raziskovalcev so lahko pomembno zagotovilo za preživetje. Osnova za spremljanje vseh procesov in nudenje pogojev za uporabo in dostopnost domačih in svetovnih informacijskih virov pa je seveda ustrezna infrastruktura, ki jo predstavljajo specializirani informacijski servisi, ki rabijo tako univerzi kot industriji in njenim razvojnim inštitutom, ter knjižnice s primarnimi

**Avtor:**

Cveta Kovačič, dipl. inž. arh.,  
Centralna tehniška knjižnica Univerze v Ljubljani, SIC za  
graditeljstvo, vodja SIC-a za graditeljstvo, Ljubljana, Tom-  
šičeva 7; tel. 061/214 077, teleks 31625 CTK, telefaks  
061/214 108; DECNET mail; CTKLJ::CVETA

dokumenti, ki skupaj z informacijskimi centri tvorijo učinkovito znanstveno-tehnično informacijsko središče.

V takem informacijskem centru mora biti kader, ki komunicira z uporabniki, sposoben vsebinsko obdelati znanstvene vire, iz katerih strukturira informacije. Poleg tega mora obvladati metode informacijske tehnologije, ko skupaj z uporabnikom vsebinsko analizirata tematske aspekte zastavljenega vprašanja.

Tak informacijski center pomeni stalno križno in dvosmerno povezovanje industrije in raziskovalnih inštitutov ter univerz na podlagi sodobnih multimedijskih tehnik izmenjave informacij. Servis poizvedovanja po lastnih in svetovnih bazah podatkov je zmožen povezati klasične informacijske storitve z lastno analitiko tako, da daje uporabniku že najmanj svetovalno, včasih pa kar lep del razvojne storitve.

## VRSTE IN VIRI INFORMACIJ V GRADBENIŠTVU

Hitri dogodki in trendi današnjega časa zahtevajo od informacijske tehnologije, da ustrezno podpira nudenje vsebinsko bogate in ciljno usmerjene informacije. Velikokrat se zgodi, da je to, kar imenujemo »informacija«, le skupek t. i. »surovih« podatkov. Zato mora v današnjem času tudi uporabnik razlikovati te pojme, če naj bi informacije koristno uporabil. Gradbeništvo in gradbena industrija kot široko interdisciplinarno področje potrebuje tudi temu ustrezno širok spekter informacij, ki jih katerakoli še tako obsežna strokovna knjižnica sama ne bi mogla izdelati.

Strnjene v pet glavnih skupin glede na strokovno področje, ki ga pokrivajo, te informacije obsegajo:

- znanstveno-tehnične informacije o gradbeni tehniki, planiranju, načrtovanju, standardih, predpisih, pravu, patentih, raziskovanju in gospodarjenju
- znanstveno-tehnične informacije za področja: urbanizma, stanovanjske gradnje, varstva spomenikov, urejanja prostora in varstva okolja
- operativne informacije, o materialih in komponentah, mehanizaciji, gradbišču, kadrih, terminih itd.
- poslovne in marketinške informacije, kot so proizvođači, proizvajalci, ponudniki, cene, blagovni promet, tržni deleži, gospodarsko okolje, ponudba, prodaja, zastopstva, tržne integracije itd.
- informacije o podjetjih, o njihovi organizaciji, strukturi, programih, predstavitev itd.

### Viri, ki vsebujejo te informacije, so naslednji:

- nacionalne in mednarodne baze podatkov
- strokovna literatura (serijske in periodične publikacije)
- disertacije, raziskave, tekoči projekti
- informacije o proizvodih (Productinformation)
- študije tržišča
- statistike
- adresarji o proizvajalcih in ponudnikih
- navedbe o ekspertih (imena, naslovi, institucije)
- standardi, patenti, predpisi, preiskave.

Če naj naše gradbeništvo deluje v evropskem prostoru in v deželah tretjega sveta, morajo tudi informacije pokrivati

ta prostor, tj. zajemati iz evropskih in svetovnih virov na nahajališčih, kot so:

- informacijskih in dokumentacijskih centri, velike knjižnice, izposojevalni centri
- gospodarska in poklicna združenja
- znanstveni in raziskovalni inštituti
- ministrstva in uprave
- nacionalne in mednarodne organizacije
- visokošolske katedre
- zunanji eksperti
- in ne nazadnje strokovno znanje in sposobnost povezovanja sodelavcev **ARCONISA**.

### ARCONIS – Architecture and construction information service

Informacijski center Raum und Bau Stuttgart, ki upravlja tudi z agencijo mednarodne baze **ICONDA** (International Construction Database), specializirane za gradbeništvo, je v okviru mednarodnega združenja za raziskovanje v gradbeništvu **CIB** (International Council for Building Research) zasnoval informacijsko mrežo **ARCONIS**, v kateri aktivno sodeluje tudi naš **SIC** za graditeljstvo.

**ARCONIS** je zasnovan iz potrebe, ko je postalo jasno, da same baze podatkov ne morejo zadovoljiti tako raznolikim informacijskim potrebam, kot so prikazane. Uporabnika, ki se obrne na informacijski center za pomoč, namreč sploh ne zanima, iz katerih virov, na katerem mediju in od kod smo mu priskrbeli informacijo, zanima ga samo direktni odgovor na njegovo vprašanje.

### Kako deluje ARCONIS?

Informacijski sistem **ARCONIS** je najlažje predstaviti s pomočjo dejansko izvedenih primerov. Poudariti je še treba, da ta servis zagotavlja vsakemu uporabniku obravnavo njegovega problema. Vsi podatki (tema vprašanja, odgovor, inštitucija ali oseba, ki je odgovor pripravila) ostanejo brez poprejšnjega dogovora in dovoljenja anonimni, zato so v objavah primeri in vprašanja toliko spremenjeni, da ni mogoče razpoznati niti dejanske teme, nikakor pa ne uporabnika. Že iz tega dejstva je razvidno, da smo v območju poslovnih podatkov, kjer je vprašanje zaupnosti in poslovne etike še kako pomembno, iz številnih primerov delovanja **ARCONISA** smo izbrali naslednje tri:

#### Prvi primer

Problem:

Gradbeno podjetje razvija lastni postopek za izolacijo opečnih zidov. Opiše postopek in pošlje **ARCONISU** kopijo starejšega patenta, aterega osnovni postopek je podoben njihovemu. Zanima jih, ali in kje je bil uporabljen ta postopek. Ali je ta metoda opisana v strokovni literaturi? Zanima jih, ali obstajajo inštitucije in eksperti, ki preučujejo to specializirano tematiko. Posebno jih zanimajo naslovi avtorjev, ki so pisali o tem.

#### Obdelava in odgovor ARCONIS-a

**ARCONIS** najprej preišče bibliografske baze **RSWB** in **ICONDA**. Ugotovijo nekaj objav. **ARCONIS** pregleda

objave, označi bistvene odlomke. Podjetje pregleda odlomke in želi naslove štirih avtorjev. **ARCONIS** uspe v treh primerih.

### Drugi primer

Problem:

Gradbeno podjetje išče strokovnjake ali inštitucije, ki bi lahko ocenile naslednji problem: Pri celi vrsti stanovanjskih zgradb se na zunanjih opečnih zidovih pojavlja poškodba, t.i. »hladni most«. Obdelava in odgovor **ARCONISA**.

**ARCONIS** poišče v specializiranih bazah ustrezne objave. Poveže se tudi z uglednim strokovnjakom za poškodbe, da bi preverili stališča, opisana v literaturi. Nato kontaktira nekatere avtorje in navede firmi strokovnjake, ki so pripravljeni sodelovati pri ugotavljanju vzrokov in pri sanaciji poškodb.

### Tretji primer

Problem:

Gospodarska zbornica po naročilu vlade preučuje strukturiranje stanovanj, za študijo potrebuje primerjalne podatke sosednjih držav in s tem povezane gradbene cene za m<sup>2</sup>.

Obdelava in odgovor **ARCONISA**

SIC-GR (kot partner v **ARCONISU**) preišče bazo **ICONDA** in **COMPENDEX**, pregleda dosegljive članke, vendar v literaturi ni preglednih podatkov za daljša obdobja. SIC se poveže s partnerjem v tujini, ki lokalizira in pošlje tabelarično obdelane preglede z indeksi, zbrane na gospodarskih zbornicah in statističnih uradih v tujini.

### Posebni inštrumentarij **ARCONISA**

Kot je razvidno iz naštetih primerov, je glavno načelo **ARCONISA**, da so rezultat njegovega dela končne informacije, ki jih uporabnik takoj uporabi pri reševanju svojega problema.

Vloga in obravnavanje publikacij v tej mreži je zelo pomembno. Značilnost **ARCONISA** pa je, da iz publikacij dobljeni podatki predstavljajo le enega izmed elementov pri sestavi končnega odgovora **ARCONISA** na zastavljeni problem. Prednost našega SIC-a je predvsem ta, da je lociran pri CTK in lahko pri analizi in strukturiranju informacij uporablja publikacije CTK, ki pokrivajo več kot polovico v bazah citirane literature.

Strategija **ARCONISA** sloni na omreževanju, saj za odgovore na zastavljena vprašanja poišče vedno najkompetentnejše vire. V zahodnih državah obstajajo sezname informacijskih služb za področje gradbenitva. Velikokrat pa se dogaja, da te posredujejo samo podatke na podlagi poizvedovanj v računalniških bazah. Potrebno pa bi bilo aktiviranje znanja zunaj lastne informacijske enote.

SIC za graditeljstvo se je že pred letom dni na povabilo informacijskega centra IRB Stuttgart vključil v projekt **ARCONIS**. Da bi projekt lahko uresničil svoje načelo: »Vse informacije za vse iz vseh virov«, je pomembno, da se zgradi mednarodna mreža partnerjev, ki takoj reagirajo,

čim se pojavi vprašanje. Zato so želeli vključiti v projekt tudi predstavnika dežel na pragu Evrope, kjer bo glede na današnje gospodarske in politične situacije gledano skozi evropsko tržno perspektivo, posredovanje informacij predstavljalo konkurenčno prednost. Tako je interes obojestranski.

Eden izmed instrumentov **ARCONISA** so baze podatkov; med njimi je zelo pomembna **ICONDA** – International Construction Database – baza podatkov o gradbeni literaturi in gradbenih raziskavah.

### Kakšne koristi nudi baza **ICONDA**?

- Preiskovanje baze na določeno temo
- Širok pregled nad področji, da bi preprečili podvajanje raziskav
- Orientacija pred pričetkom novih raziskav
- Preiskava v bazi koristi tudi pred prijavo izuma ali patenta
- Iskanje eksperta za določeno področje
- V bazi najdemo informacije o strukturi stroškov
- Analiza tržišča.

**ICONDO** bi zato lahko imenovali »svetovna knjižnica« za načrtovanje in gradnjo. CTK je eden izmed elementov v tej virtualni knjižnici, saj SIC-GR z obdelavo člankov iz 7 domačih revij daje svoj prispevek v to mednarodno bazo, ki je skupaj s prek 60 bazami locirana na gostiteljskem omrežju STN (Scientific and technical network) v Nemčiji, Ameriki in Japonski, pri nas pa na univerzitetnem računalniku v RCU Ljubljana.

V SIC-u za graditeljstvo smo za leto 1992 pripravili analizo uporabe baze **ICONDA** ter rezultate te analize predstavili na Kongresu CIB W57 na Univerzi v Montrealu, Canada.

Glede na profil je bilo med uporabniki **ICONDE** 32,2% gradbenih inženirjev, 16,5% arhitektov, 1,1% kemikov, 0,9% strojnikov in 0,7% drugih profilov inženirjev; med uporabniki je bilo 35,4% študentov ter 7,6% profesorjev.

Glede na tip organizacije je bilo uporabnikov iz obeh univerz skupaj 53,9%, iz raziskovalnih inštitutov 12,2%, iz industrije 24,1% ter drugih 9,8%. Analizirali smo tudi najpogostejše frekventirana področja povpraševanja ter frekvenco uporabnikov po mesecih, podana je bila tudi statistika uporabe sistema za graditeljstvo na RCU, ki ga sestavljajo baze **ICONDA**, **MONUDOC**, **COMPENDEX**.

Analiza bolj kot karkoli nakazuje potrebe uporabnikov in nove izzive za informacijski center, to je vključevanje v informacijske mreže.

### VPLIVI TRENDOV V GRADBENIŠTVU NA INFORMACIJSKO POVEZOVANJE

Kompleksnost nalog v gradbeništvu teži k vedno bolj interdisciplinarno usmerjenim postopkom načrtovanja in izgradnje, ki zahteva danes visoko informacijsko raven vseh udeležencev: od načrtovalcev, svetovalcev, arhitektov in inženirjev do proizvajalcev in izvajalcev v operativi. Uporaba informacij pri načrtovanju in realizaciji bo učinkovita le ob podpori modernih tehničnih metod ter ob vključevanju strokovnjakov in ekspertov.

Združeni procesi v Evropi bodo globalno poudarili soodvisnost in medsebojno vplivnost ekonomskega in tehnološkega zблиževanja Slovenije z Evropo. Za uveljavljanje v skupnem informacijskem prostoru bodoče Evrope mora SIC za graditeljstvo slediti sodobnim trendom na informacijskem področju v gradbeništvo, ki se kažejo v:

- omreževanju informacijskih centrov na mednarodnem nivoju
- vključevanju informacijske dejavnosti v investicijske projekte
- uporaba informacij o proizvodnji (Productinformation)

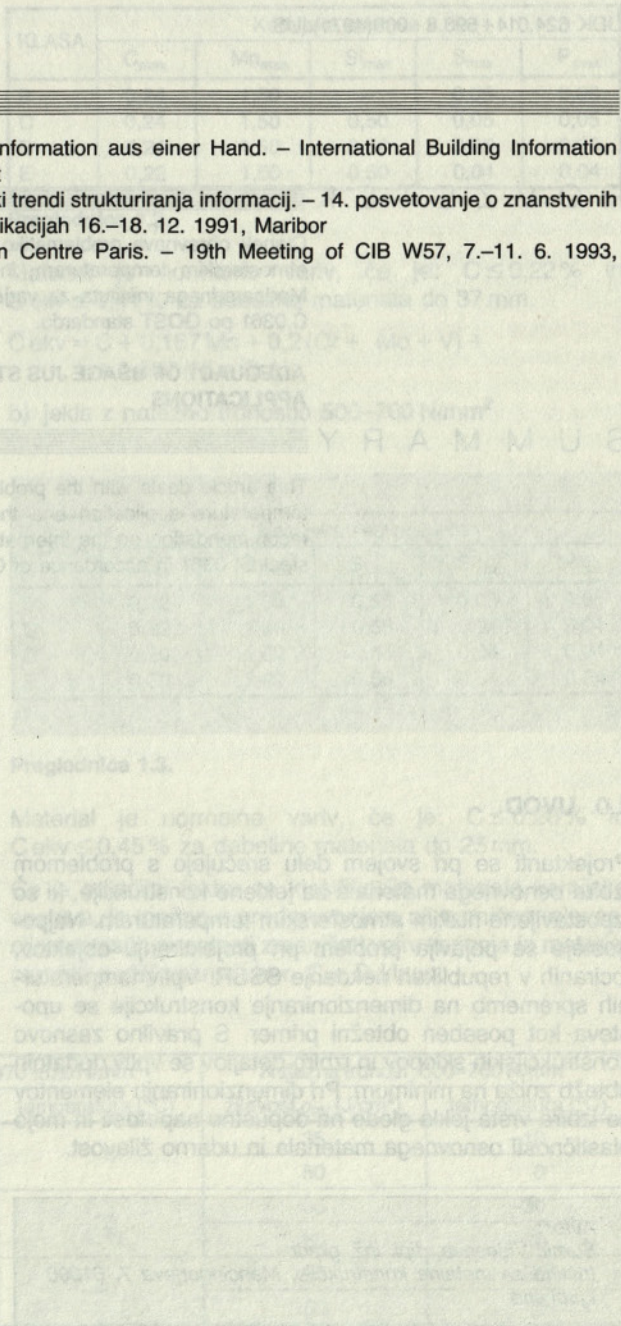
- uporabi sodobnih informacijskih tehnologij, kot npr. EDI
- spreminjanju odnosa do kakovosti z dviganjem le-te.

SIC za graditeljstvo je za gradbena podjetja svojo ponudbo storitev razširil še s tako imenovanim »WATCH-KEEPING SERVISOM«. To pomeni spremljanje določenih v naprej dogovorjenih področij z rezultati, kot npr.:

- usmerjanje in svetovanje pri tehnoloških problemih
- specializirane dokumentacije in sinteze informacij za določen problem
- strateška priporočila.

### LITERATURA

Wissmann, W.: ARCONIS – Fachinformation aus einer Hand. – International Building Information Congress, 7.–11. 10.1991, Stuttgart  
 Kovačič C., Vovk Avšič, M.: Evropski trendi strukturiranja informacij. – 14. posvetovanje o znanstvenih in strokovnih publikacijah in polpublikacijah 16.–18. 12. 1991, Maribor  
 Gifford, R.: EURODOC Information Centre Paris. – 19th Meeting of CIB W57, 7.–11. 6. 1993, Budimpešta



# PRIMERNOST UPORABE KONSTRUKCIJSKIH JEKEL PO JUS ZA KONSTRUKCIJE, IZPOSTAVLJENE NIZKIM TEMPERATURAM

UDK 624.014+693.8+006(4971)JUS

ŠUMIĆ VIDOSAVA

## P O V Z E T E K

Članek obravnava problematiko izbire materiala za jeklene konstrukcije, ki so izpostavljene nizkim atmosferskim temperaturam, in kriterije primernosti po JUS in GOST standardih ter priporočilo Mednarodnega inštituta za varjenje. Prikazana sta dva primera reatestacije konstrukcijskega jekla Č.0361 po GOST standardu.

## ADEQUACY OF USAGE JUS STRUCTURAL STEELS FOR STRUCTURES IN LOW TEMPERATURE APPLICATIONS

## S U M M A R Y

This article deals with the problems related to the selection of materials for steel structures in low temperature application and their adequacy with regard to the standards JUS and GOST and recommendation on the International institute of welding. Two examples of reatestation of structural steel Č. 0361 in accordance of GOST standard are presented.

### 1.0. UVOD

Projektanti se pri svojem delu srečujejo s problemom izbire osnovnega materiala za jeklene konstrukcije, ki so izpostavljene nizkim atmosferskim temperaturam. Najpogosteje se pojavlja problem pri projektiranju objektov, lociranih v republikah nekdanje SSSR. Vpliv temperaturnih sprememb na dimenzioniranje konstrukcije se upošteva kot poseben obtežni primer. S pravilno zasnovno konstrukcijskih sklopov in izbiro detajlov se vpliv dodatnih obtežb zniža na minimum. Pri dimenzioniranju elementov se izbira vrsta jekla glede na dopustne napetosti in mejo plastičnosti osnovnega materiala in udarno žilavost.

Problematika izbire materiala je podobna kot pri izrazito dinamično obremenjenih konstrukcijah, kjer je material izpostavljen utrujanju, saj jih veže skupni problem nevarnosti pojava krhkega loma. Ciklično ponavljajoča se obtežba se upošteva v statičnem računu z dinamičnim koeficientom in z znižanjem dopustnih napetosti, ki so odvisne od vrste in razpona napetosti v določenem elementu, števila ponavljajočih se obremenitev v življenjski dobi konstrukcije, vrste osnovnega materiala, najbolj pa od konstrukcijskih detajlov. Vsi spoji, priključki elementov, ojačitve, spremembe debelin in širin pločevin predstavljajo nekakšno motnjo oziroma napako v elementu konstrukcije. Zarezni učinek napake je odvisen od oblike konstrukcijskega detajla in možne kontrole brezhibnosti izvedbe, npr. radiografska ali ultrazvočna kontrola zvarov. Osnovni material ima sposobnost zadrževanja širjenja zarezne, ki je v našem strokovnem področju ovrednotena z udarno žilavostjo. Problem krhkega loma je interdisciplinaren, saj zahteva tako poznavanje sestave, strukture in izdelave

Avtor:  
Šumić Vidosava, dipl. inž. gradb.  
Inštitut za metalne konstrukcije, Mencingerjeva 7, 61000  
Ljubljana



materiala, preoblikovanja in izdelave elementov konstrukcije kot tudi področje raznosa zunanjih obtežb po elementih konstrukcije. S problematiko se ukvarja tehnična panoga, imenovana mehanika loma, ki se je začela razvijati šele pred drugo svetovno vojno.

V prispevku so predstavljene le resnično minimalne zahteve za projektiranje gradbenih konstrukcij po JUS ter GOST standardih in priporočilo Mednarodnega inštituta za varjenje. Osnovni problem je v tem, da so kriteriji za odpornost proti krhkemu lomu različni in jih ni možno enostavno med seboj primerjati. Na podlagi izsledkov preiskav, opravljenih v Metalurškem inštitutu in Inštitutu za metalne konstrukcije iz Ljubljane ter v Moskovskem inštitutu, smo izdelali primerjavo kriterijev za konstrukcijo jekla po JUS standardih.

## 2.0. PRIPOROČILO MEDNARODNEGA INŠTITUTA ZA VARJENJE

Mednarodni inštitut za varjenje (MIZ) je izdal dokument IIS/IIW-367-71 »Priporočila za klasifikacijo jekel, ki se uporabljajo za izdelavo varjenih konstrukcij«. Glede na nevarnost krhkega loma so jekla razporejena v pet skupin od A do E. Klasifikacija se nanaša na gradbene konstrukcije: mostove, hale, rezervoarje..., ki so izpostavljene atmosferskim temperaturam med +50°C in -50°C. Izbira razreda materiala (ogljikna in izjemoma mikrolegirana jekla) je glede na nevarnost krhkega loma odvisna od:

- dobavnega stanja osnovnega materiala
- delovne temperature konstrukcije
- načina izdelave (hladno preoblikovanje)
- načina varjenja konstrukcije (izbira dodatnega materiala, vrstni red izdelave zvarov, termična obdelava po varjenju, predgrevanje, relaksacija zaostalih napetosti...)
- parametrov projektne zasnove; od obtežbe (razmerja stalne in prometne obtežbe), vrste napetosti, napetostnih konic, vpetosti elementov, debeline pločevin, naglih prehodov v debelini in širini elementov...
- posledice, ki bi jih povzročil lom konstrukcije

Klasa A: Ni primerna za izdelavo varjenih konstrukcij.

Klasa B: Zvarjene konstrukcije, pri katerih ne obstaja nevarnost krhkega loma, delovne temperature so običajne.

Klasa C in D: Zvarjene konstrukcije, pri katerih obstaja nevarnost krhkega loma, delovne temperature so nizke.

Preglednica 1.1.

KLASA	Natezna trdnost: 370–520 N/mm <sup>2</sup>		Natezna trdnost: 500–700 N/mm <sup>2</sup>	
	žilavost $q_{2V}$ (J/cm <sup>2</sup> )	temperatura (°C)	žilavost $q_{2V}$ (J/cm <sup>2</sup> )	temperatura (°C)
C	35	0	35	-10
			50	0
D	35	-25	35	-30
			50	-20
E	35	-40	35	-50
			50	-40

Klasa E: Zvarjene konstrukcije, katerih porušitev bi imela katastrofalne posledice.

## 2.1. Načini preskušanja in klasifikacije materiala

### 2.1.1. Mehanski preskus žilavosti

### 2.1.2. Kemijska sestava jekla

Glede na kemijsko sestavo materiala in metalografsko strukturo se izbira tehnologija varjenja konstrukcije.

a) jekla z natezno trdnostjo 370–520 N/mm<sup>2</sup>

KLASA	Kemijska sestava v %				
	C <sub>max</sub>	Mn <sub>max</sub>	Si <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>	P <sub>max</sub>
B	0,24	1,50	–	0,05	0,06
C	0,24	1,50	0,50	0,05	0,05
D	0,24	1,50	0,50	0,05	0,05
E	0,22	1,50	0,50	0,04	0,04

Preglednica 1.2.

Material je normalno variv, če je:  $C \leq 0,22\%$  in  $C_{ekv} \leq 0,41\%$  za debeline materiala do 37 mm.

$$C_{ekv} = C + 0,167 Mn + 0,2(Cr + Mo + V) + 0,067(Ni + Cu)$$

b) jekla z natezno trdnostjo 500–700 N/mm<sup>2</sup>

KLASA	Kemijska sestava v %				
	C <sub>max</sub>	Mn <sub>max</sub>	Si <sub>max</sub>	S <sub>max</sub>	P <sub>max</sub>
B	0,22	1,60	0,55	0,05	0,05
C	0,22	1,60	0,55	0,04	0,04
D	0,20	1,60	0,55	0,04	0,04
E	0,20	1,60	0,55	0,04	0,04

Preglednica 1.3.

Material je normalno variv, če je:  $C \leq 0,20\%$  in  $C_{ekv} \leq 0,45\%$  za debeline materiala do 25 mm.

Če je odločilni faktor za klasifikacijo materiala kemijska sestava, je možno s predgrevanjem ali termično relaksacijo zaostalih napetosti zmanjšati vpliv varjenja in material razvrsti v višji razred; npr. C v D klaso.

### 3.0. JUS STANDARD ZA KONSTRUKCIJSKA JEKLA

Konstruktivska jekla, ki se uporabljajo za izdelavo gradbenih objektov, so po JUS standardu razporejena v šest skupin, in sicer:

- skupina **0**: jekla z oznako Č.0000
- skupina **A**: jekla, katerih oznaka se končuje s številko 0, razen Č.0000
- skupina **B**: jekla, katerih oznaka se končuje s številko 1
- skupina **C**: jekla, katerih oznaka se končuje s številko 2
- skupina **D**: jekla, katerih oznaka se končuje s številko 3
- skupina **M**: jekla, katerih oznaka se končuje s številko 5

**A skupina:** Konstrukcije, spojene z vijaki in kovicami ter varjene konstrukcije z majhno statično obremenitvijo, brez večjih temperaturnih sprememb, zvarjeni deli pa niso izpostavljeni nizkim temperaturam ( $t > -10^{\circ}\text{C}$ ).

**B skupina:** Konstrukcije, pri katerih ni nevarnosti krhkega loma, konstrukcije, izpostavljene tlačnim in strižnim napetostim, le manj pomembni deli so lahko obremenjeni z vsemi vrstami napetosti, zvarjeni deli so lahko izpostavljeni temperaturnim spremembam, ne pa tudi nizkim temperaturam ( $t > -10^{\circ}\text{C}$ ).

**C skupina:** Pomembne zvarjene konstrukcije, izpostavljene dinamičnim obtežbam, ne pa tudi nizkim temperaturam, debelejšje pločevine tudi pri dinamičnih obtežbah za tlačne in strižne napetosti, tanjše pločevine le za statične obtežbe tudi pri nateznih napetostih, nevarnost krhkega loma v področju varov zaradi zaostalih napetosti.

**D skupina:** Pomembne varjene konstrukcije, pri katerih obstaja nevarnost krhkega loma zaradi zaostalih napetosti, komplicirani spoji z napetostnimi konicami, izdelanih iz debelih pločevin z vpetimi togimi priključki, izdelava z večjimi hladnimi deformacijami materiala ( $> 5\%$ )... Konstrukcija oziroma njeni deli so izpostavljeni pri dinamičnih obtežbah visokim nateznim in strižnim napetostim, temperature so lahko tudi nizke ( $t > -30^{\circ}\text{C}$ ).

**M skupina:** Posebni jekleni elementi predvsem v strojegradnji.

#### 3.1. Mehanski preskus žilavosti

Jeklo	$\sigma_N$ N/mm <sup>2</sup>	$\sigma_T$ N/mm <sup>2</sup>	Presek	Smer	Debelina	Žilavost $Q_{2U}$ (J/cm <sup>2</sup> )		Žilavost po mehan. staranju (J/cm <sup>2</sup> )
						+20° C	-20° C	
VSt3ps 3-6 in VSt3sp 3-6	380-490	250-230	pločevina	prečno	5-9	80	40	40
					10-25	70	30	30
			26-40	50	-	-		
			profili	vzdolžno	5-9	110	50	50
10-25	100	30			30			
26-40	90	-			-			
VSt4ps 3 in VSt4sp 3	420-540	270-250	pločevina	prečno	5-9	70	-	-
					10-25	60	-	-
					26-40	40	-	-
			profili	vzdolžno	5-9	100	-	-
					10-25	90	-	-
					26-40	70	-	-

Preglednica 3.1.

Skupina	Oznake materiala po JUS C.B0.500	Temp. (°C)	Žilavost $Q_{2V}$ (J)
A	Č.0270, Č.0370, Č.0460	-	-
B	Č.0261, Č.0271, Č.0361, Č.0371, Č.0461, Č.0471, Č.0481, Č.0561	+20	27
C	Č.0362, Č.0462, Č.0482, Č.0562	0	27
D	Č.0363, Č.0463, Č.0483, Č.0563	-20	27

Preglednica 2.1.

Če primerjamo preglednici 1.1. in 2.1., vidimo, da je JUS poenostavljena izpeljanka, saj ne ločuje trdnostnih razredov, jeklo Č.056n ima natezno trdnost 520-620 N/mm<sup>2</sup> in spada po priporočilu MIZ v drugo skupino, za katero se preverja žilavost pri dveh temperaturah. Tudi temperature preskušanja so različne, JUS predpisuje ugodnejše višje temperature. Vrednosti za udarno žilavost so primerljive, ker so dimenzije preskušanca 8 × 10 mm in oblika zarezne enake.

Če je konstrukcija oziroma njeni deli izpostavljena »obratovnemu režimu«, ki lahko povzroči krhki lom, je priporočljivo upoštevati MIZ kriterije.

#### 4.0. GOST – 380 in SNiP II STANDARDI

Jeklene konstrukcije so po SNiP II-23 razvrščene v štiri razrede glede na zunanjo temperaturo, tip konstrukcije, obtežbo..., za vsak razred je v preglednici predpisana potrebna vrsta jekla.

Naša konstrukcijska jekla približno ustrezajo jeklom po standardu GOST – 380. Razlike v kemijski sestavi prvih pet elementov so zanemarljive, prav tako meja plastičnosti in natezna trdnost. Glede na neugodne klimatske pogoje se po GOST standardu obvezno preverja odpornost materiala proti nizkim temperaturam. Jekla so glede na udarno žilavost razporejena v šest skupin z oznako 1-6. V naslednjih preglednicah so prikazane zahtevana temperatura, stanje vzorca in minimalne vrednosti udarne žilavosti  $Q_{2U}$  za jekla VSt 3 in 4 skupine 1-6 (po JUS oznaka Č.036n in Č.046n).

Udarno žilavost se preskuša, kot je določeno v naslednji preglednici:

Oznaka jekla	Skupina	Žilavost $\alpha_{2U}$ pri +20°C	Žilavost $\alpha_{2U}$ pri -20°C	Žilavost $\alpha_{2U}$ na staranem vzorcu
VSt2-VSt5	1-2	—	—	—
VSt3-VSt4	3	*	—	—
VSt3	4	—	*	—
VSt3	5	—	*	*
VSt3	6	—	—	*

Preglednica 3.2.

4.1. Primerjava preskušanja po GOST in JUS standardih

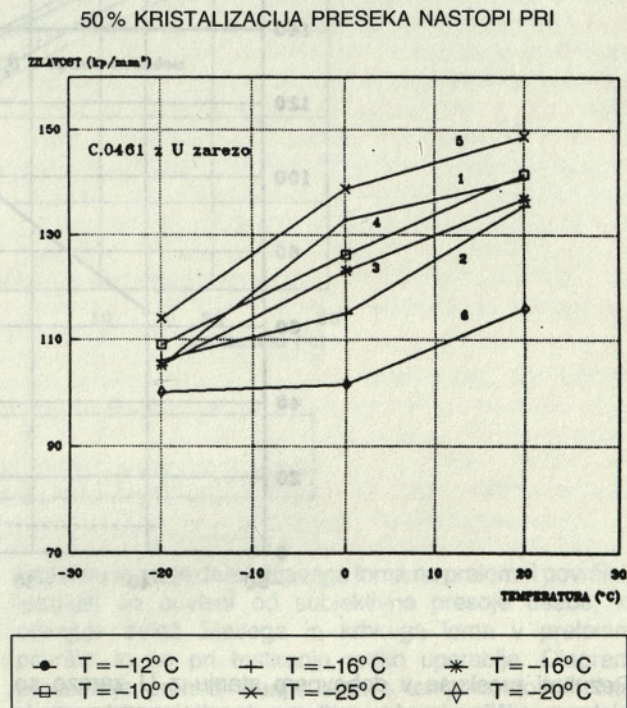
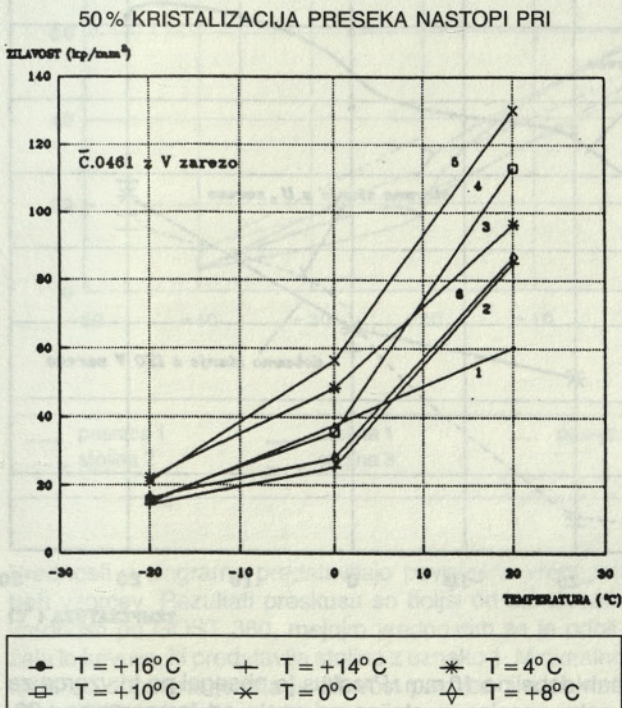
V primerjalnih preglednicah, kot je npr. Ključ za čelik konstrukcijskih jekel po JUS standardu, ki imajo v oznaki končnico 2 ali 3 (npr. Č.0363), ni možno razvrstiti po GOST normah. Če primerjamo preglednici 3.1. in 3.2. s preglednico 2.1., ugotovimo razliko v obliki zareze preskušanca, GOST predpisuje »Mesnager« preskušavec z U zarezo, JUS pa ISO V preskušavec z ostro zarezo. Žilavosti z različno zarezo ni možno med seboj primerjati, obstaja le nakešno zelo približno pravilo: žilavost z U zarezo je do dvakrat večja od žilavosti z V zarezo, pri temperaturi +20°C.

JUS za konstrukcijska jekla tudi ne zahteva preskusa na mehansko staranem materialu, ki se izvaja tako, da se material z valjanjem hladno deformira za 10% ter žari v peči pol ure pri +250°C; žilavost na tako pripravljenem vzorcu se preskuša pri +20°C. Nadalje je razlika v smeri

preskušanja JUS C.B0.500, preglednica 4, predpisuje vrednosti za udarno žilavost z V zarezo na vzdolžnem vzorcu, to je vzorec, ki ima vzdolžno os paralelno s smerjo valjanja. Za pločevine, ki so širše kot 600 mm, se zahteva prečni vzorec, niso pa predpisane vrednosti za udarno žilavost. GOST je tu natančen, določa tako smer preskušanja kot minimalne potrebne vrednosti glede na obliko izdelka.

Valjani profili se izdelujejo praviloma v kakovosti Č.0361 in Č.0461, bolje rečeno se v atestih deklarirajo s tako kakovostjo. Razlog je preprost, tovrstni profili so »majhni« in se običajno ne uporabljajo za dinamično obremenjene konstrukcije, pri nas pa so zunanje temperature razmeroma ugodne in torej ne obstaja potreba po kakovosti, npr. Č.0363. Žilavost materiala se dosega nekoliko z vsebnostjo posebnih kemijskih elementov v majhnih količinah, predvsem pa s tehnologijo valjanja. Že vrsto let je tehnologija v naših železarnah takšna, da je predpisana žilavost 27 J pri + 20°C praviloma precej presežena in obstaja velika verjetnost za uspešen preskus pri 0°C in -20°C. V atestih so vrednosti med 30 in 40 J pri +20°C za valjane profile in pločevine redke, običajno so med 60 in 100 J, kar potrjuje zgornjo trditev o tehnologiji valjanja.

Vse povedano nas napeljuje na sklep, da tudi naša konstrukcijska jekla, ki so sicer deklarirana s končnico 1, lahko izpolnijo zahteve po GOST standardih, kar pa je potrebno dokazati s predpisanimi preskusi. Izjema je neumirjeno jeklo kakovosti Č.0371, ki ni primerno za izdelavo konstrukcij z dinamičnimi obremenitvami. Izraz »neumirjen« konstrukterje opozarja, da so potrebni posebni ukrepi za izvajanje in kontrolo varjenja že pri normalnih pogojih izrabe. Kemijska sestava in z njo



Slika 1. Primer preskusa materiala Č.0461 z V in U zarezo

povezana varivost materiala vplivata na nevarnost pojava krhkega loma, znani so primeri porušitev varjenih mostov in Liberty ladij pred drugo svetovno vojno, ko projektanti tega problema še niso upoštevali.

### 5.0. PRIMER PRESKUŠANJA PLOČEVINE KAKOVOSTI Č.0361 PO GOST IN JUS STANDARDIH

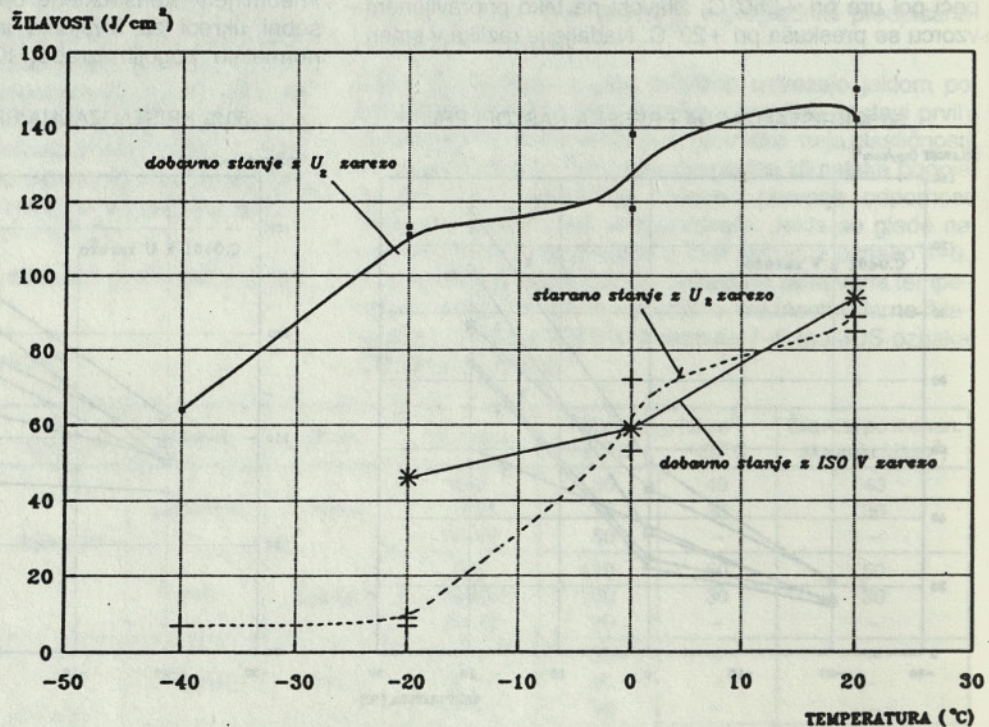
Pločevina debeline 10 mm je bila v železarskem atestu, deklarirana s kakovostjo Č.0361, ker je bila preverjena le udarna žilavost pri +20°C. Pločevino smo najprej reatestirali po JUS standardu v prečni smeri s Charpy V zarezom pri treh temperaturah. Dobili smo naslednje rezultate:

Temperatura	-20°C	0°C	+20°C
žilavost $Q_{2V}$ (J)	77	46	36

Glede na dobljene rezultate lahko pločevino uvrstimo v Č.0363 kakovost.

Nato smo opravili še reatestacijo po GOST standardih za 5. skupino, žilavost pri -20°C, v dobavnem stanju in žilavost na starem preskušancu pri +20°C. Glede na kemijsko sestavo in trdnostne preiskave, katerih rezultatov tukaj ne navajamo, smo material uvrstili v VSt3sp trdnostni razred.

Slika 2. Preskus žilavosti po GOST in JUS standardih pločevine  $t = 10$  mm



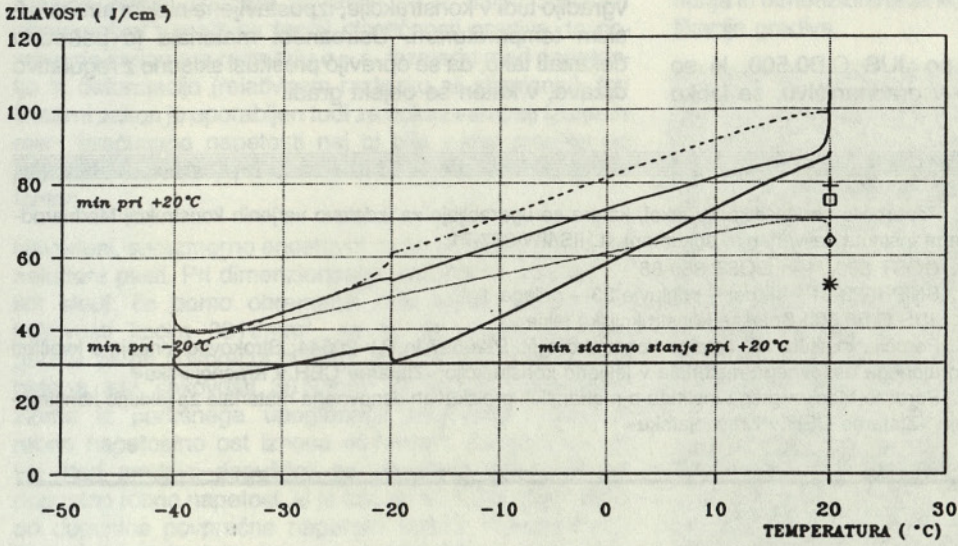
Rezultati preskusa v dobavnem stanju z U zarezom so bistveno višji od zahtevanih vrednosti iz sedmega in osmega stolpca preglednice 3.1. Prav tako je tudi žilavost

staranega vzorca pri +20°C višja od potrebnih 30 J/cm<sup>2</sup> iz devetega stolpca za 5. skupino. Preskus za starano stanje z U zarezom v temperaturnem intervalu od -40°C do +20°C se ne zahteva po GOST standardih. Črtkana krivulja predstavlja stanje loma, pri temperaturah ki so višje od cca +4°C, je področje žilavega loma, krhki lom je pri temperaturah nižjih od -20°C, vmes je področje mešanega loma. Pri hladni obdelavi v procesu izdelave jeklenih konstrukcij nastopi plastična deformacija materiala, deformirajo se zrna in distordira atomska rešetka. Posledica hladne deformacije je zvišanje trdnosti in znižanje žilavosti, pravimo, da se je material »postaral«. Iz krivulje tudi vidimo, da je v primeru izdelave konstrukcije oziroma posameznih elementov s hladno deformacijo pri temperaturah, nižjih od -20°C, material popolnoma krhek. Žilavost staranega materiala je v področju pozitivnih temperatur približno dvakrat nižja kot v dobavnem stanju, v področju negativnih temperatur v konkretnem primeru desetkrat nižja. Krivuljo smo določili, da bi projektantom prikazali, kako velik vpliv ima tehnologija izdelave na pojav krhkega loma.

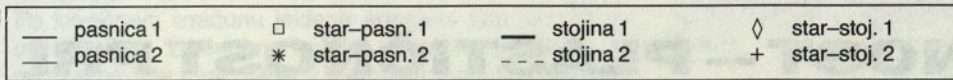
### 6.0. PRIMER PRESKUŠANJA ZVARJENEGA I NOSILCA IZ Č.0361 PO GOST STANDARDIH

Preskus žilavosti je bil opravljen za skupino zvarjenih I nosilcev, na dveh pasnicah debeline 20 mm in treh stoj-

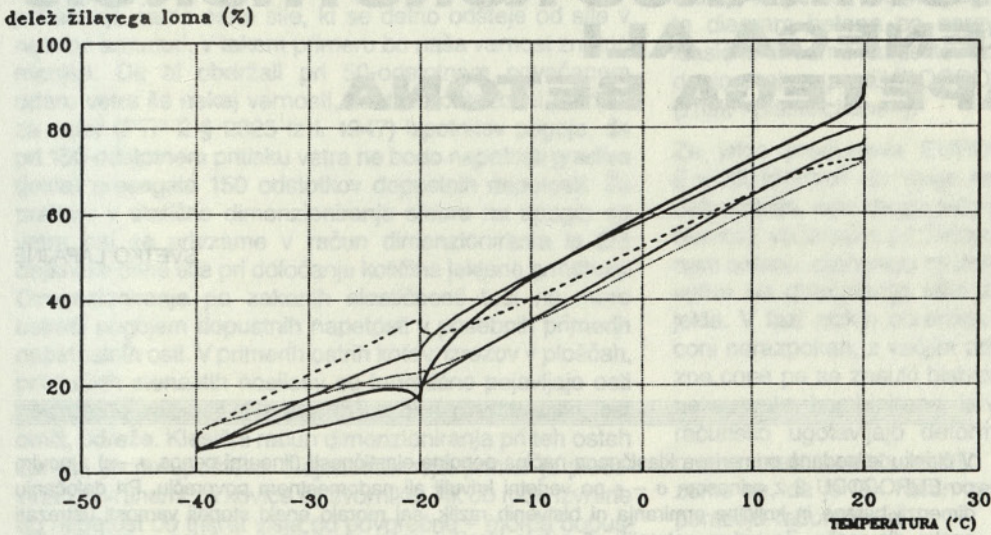
nah debeline 10 mm. Preskus je obsegal po tri vzorce za vsako pasnico in stojino pri vsaki od temperatur: +20, -20 in -40°C ter za starano stanje pri +20°C.



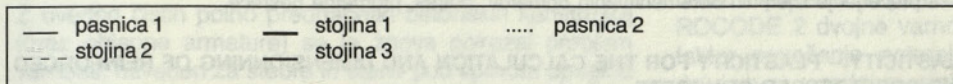
Slika 3. Preskus žilavosti po GOST zvarjenega I nosilca



\* žilavost pri -40°C se po GOST ne zahteva za skupino 5



Slika 4. Delež žilavega loma zvarjenega I nosilca



Vrednosti v diagramu predstavljajo povprečne vrednosti treh vzorcev. Rezultati preskusa so boljši od zahtevanih vrednosti po GOST 380, mejnim vrednostim se je približala le krivulja, ki predstavlja stojino z oznako 1. Minimalno nižja od dopustne je bila le žilavost pasnice z oznako 2 pri +20°C.

Eden od kriterijev ugotavljanja odpornosti materiala proti

krhkemu lomu je delež žilavega loma na prelomni površini, rezultati so odvisni od subjektivne presoje osebe, ki ocenjuje delež žilavega in krhkega loma v prelomni površini in se pri testiranju redko uporablja. Diagram predstavlja prehod stanja loma s temperaturo, kritična vrednost 50% kristalizacije je za testirani material med -5 in +5°C.

## 7.0. SKLEP

Splošna konstrukcijska jekla po JUS C.B0.500, ki so namenjena za široko uporabo v gradbeništvu, se lahko

vgradijo tudi v konstrukcije, izpostavljene nizkim atmosferskim temperaturam. Ustreznost materiala je potrebno dokazati tako, da se opravijo preskusi skladno z regulativo države, v kateri se objekt gradi.

## L I T E R A T U R A

1. Priporočilo za klasifikacijo jekel, katera se uporabljajo za izdelavo varjenih konstrukcij Mednarodnega inštituta za varjenje, dokument št. IIS/IIW-367-71
2. GOST 380-71 in GOST 380-88
3. SNiP II-23-81 – II. del – poglavje 23 – priloga 1
4. JUS C.B0.500 Splošna konstrukcijska jekla
5. Poročila Inštituta za metalne konstrukcije št. P-20597 in P+ 20544: Strokovno mnenje o kvaliteti vgrajenega osnovnega materiala v jekleno konstrukcijo »Zlatarne CEH v Krasnojarsku«
6. Poročilo Moskovskega inštituta o mehanskih preiskavah osnovnega materiala za jekleno konstrukcijo »Zlatarne CEH v Krasnojarsku«

# ELASTIČNOST – PLASTIČNOST PRI PRERAČUNAVANJU IN DIMENZIONIRANJU KONSTRUKCIJ IZ OJAČENEGA ALI PREDNAPETEGA BETONA

UDK 624.04:539.3

SVETKO LAPAJNE

## P O V Z E T E K

V članku je podana primerjava klasičnega načina popolne elastičnosti (linearni odnos  $\sigma - \epsilon$ ) z novim po EUROCODU 2 z odnosom  $\sigma - \epsilon$  po verjetni krivulji ali nadomestnem povprečju. Pri določanju dimenzij betona in količine armiranja ni bistvenih razlik, saj morajo enaki stopnji varnosti ustrezati enake dimenzije. Za račun notranjih sil ostaja klasični način elastičnosti načelno nenadomestljiv. Adaptacije so legalizirane z nekaterimi omejitvami. Račun s kinematsko verigo členkov pride v poštev le za preverjanje izjemnih obremenitvenih primerov: potres, prometne nesreče.

## ELASTICITY – PLASTICITY FOR THE CALCULATION AND DIMENSIONING OF REINFORCED AND PRESTRESSED CONCRETE

## S U M M A R Y

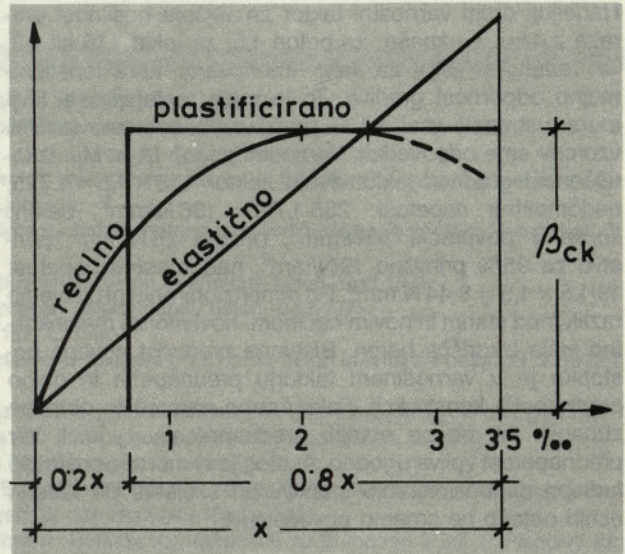
Comparison of the classic mode by the full elasticity (linear relation  $\sigma - \epsilon$ ) with the new EUROCODE 2 using the relation  $\sigma - \epsilon$  following a probably curve line or an average of substitution. In determining the concrete dimensions and the steel quantity there is no essential difference since equal dimensions shall correspond to the same safety degree. For the calculation of internal forces the classic mode of elasticity remains, in principle, irreplaceable. The adaptations of bending moments are legalized with some restrictions. The calculus using a kinematical chain of articles can be taken into consideration only for the control of exceptional charge cases: earthquake, traffic-accidents.

Klasični način izračuna notranjih sil iz danih zunanjih obremenitev temelji na teoriji elastičnosti gradiva, to pomeni na linearnem razmerju  $\sigma - \epsilon$ , razmerju med napetostjo in deformacijo (relativnem raztežku ali stisnjenju). Isti linearni zakon je uporabljen tudi za dokaz varnosti izbranih mer: izračunane napetosti naj bi bile  $v$ -krat manjše od porušnih napetosti, pri čemer bi bil  $v$  tehniški varnostni faktor.

Navedeni, sorazmerno enostavni način vendar krije v sebi nekatere pasti. Pri dimenzioniranju betona na upogib so, kot sledi: če bomo obremenili neki steber povprečne kakovosti kocke  $30 \text{ N/mm}^2$ , se bo ta steber verjetno porušil že pri povprečni obtežbi  $20 \text{ N/mm}^2$ . Pri nosilcu iz betona iste kakovosti  $30 \text{ N/mm}^2$  bi pa ob upogibnem zlomu iz porušnega upogibnega momenta izračunali robno napetostno ost iznosa  $40 \text{ N/mm}^2$ . Zaradi tega so vsi stari predpisi dopuščali za upogibno ost računsko dopustno robno napetost, ki je bila od 50 % do 100 % višja od dopustne povprečne napetosti stebra. Poseben problem je predstavljalo dimenzioniranje stebrov (ali zidov) na upogib zaradi učinkov horizontalnih sil vetra ali potresa. Po klasičnem izračunu jeklene armature imamo pravico, od upogibno izračunane količine armature odbiti del, ki ga uravnoveša osni pritisk v elementu (približno polovico osne sile). V naravi so vedno možni izredni primeri hujšega vetra ali potresa, povečanje krijemo z varnostno rezervo konstrukcije. V nobenem primeru pa ni možno povečanje same osne sile, ki se delno odšteje od sile v natezni armaturi. V takem primeru bo naša varnost znatno manjša. Da bi obdržali pri 50-odstotnem povečanem udaru vetra še nekaj varnosti, zahteva obtežbeni predpis za veter (PTP 2 § 2325 iz l. 1947) izpolnitev pogoja, da pri 150-odstotnem pritisku vetra ne bodo napetosti gradiva (jekla) presegle 150 odstotkov dopustnih napetosti. Za prakso: v statično dimenzioniranje stebra na upogib od vetra naj se privzame v račun dimenzioniranja le 2/3 dejanske osne sile pri določanju količine jeklene armature. Dimenzioniranje po zakonih elastičnosti tudi ne more ustreči pogojem dopustnih napetosti v posebnih primerih napetostnih osti. V primerih ostrih kotov, izrezov v ploščah, priključkih stenastih nosilcev se teoretično pojavljajo osti neizmerne velikosti. Narava to uredi s plastifikacijo, ost omili, odreže. Klasični račun dimenzioniranja pri teh osteh zaniži, jih ne upošteva. Najenostavnejši primer je pločevina z izvrtinami za kovice ali svornike. Tik ob robu izvrtine bo napetost do trikrat višja od povprečne – morda dopustne napetosti!

Z uvedbo čistih polno prednapetih betonskih konstrukcij (brez ohlapne armature) se je znova pokazal problem varnosti, naveden za stebre in stene pod vplivom upogiba zaradi sil vetra ali potresa. Pri teh konstrukcijah se je – tudi z nekaterimi rušenji – pokazal problem varnosti, problem prenizkega varnostnega faktorja. Pri prednapetem nosilcu, prednapeti plošči, se vedno pojavlja možnost izredne preobremenitve (posebne obtežbe, izredni vihar, vrtinec, sneg, potres). Sama jakost sile prednapetosti pa se nikakor ne more povečati, obratno, v primeru korozije jeklenih kablov se celo bistveno zmanjša. Iščoč enotne varnostne kriterije uvaja novi EUROCODE 2 načine raču-

nanja in dimenzioniranja konstrukcij z upoštevanjem plastifikacije gradiva.



Slika 1

Vsi predpisi, tudi najnovejši, predpostavljajo linearno upogibno deformacijo ravnih prereзов. Pri taki deformaciji morajo napetosti slediti diagramu  $\sigma - \epsilon$ . Skica prikazuje ta diagram betona po naravi (znak »realno«), nadalje klasično linearno razdelitev (znak »elastično«) in za vsakdanjo prakso po EUROCODE 2 prilagoden pravokotnik (znak »plastificirano«).

Za jeklo predvideva EUROCODE 2 linearno linijo z  $E = 200 \text{ kN/mm}^2$  do meje raztegljivosti  $\epsilon = 0,2\%$  trajne deformacije, nato drugo zelo položno linijo do utrganja pri Nemcih, vodoravno pri Švicarjih. Pri upogibno obremenjenem betonu, ojačenem ali prednapetem ali kombiniranim, vpliva na deformacijo tako stisnjenje betona kot razteg jekla. V fazi nizkih obremenitev ostane beton v natezni coni nerazpokan, z večjim odporom. Po razpokanju natezne cone pa se zasuki bistveno povečajo. Tako se dobijo neke vrste kombinirane krivulje, ki jih potem tisti, ki računsko ugotavljajo deformacije, nadomeščajo s primerno nadomestno krivuljo ali bilinearno funkcijo. Razume se, da je tak račun zelo zahteven in izvedljiv le s pomočjo računalnika.

Za dimenzioniranje prereзов konstrukcije, kar pomeni dokazanje varnosti prereza proti rušenju, predvideva EUROCODE 2 dvojne varnostne faktorje: Prvi je varnostni faktor povečanja notranjih sil  $\gamma_d$ . Kadar notranje sile delujejo v ugodnem smislu, je treba jemati najmanjši možni faktor, torej manjši od 1 ali kvečjemu enak 1. Za dimenzioniranje odločilni upogibni moment  $M_d = M \times \gamma_d$ .

$\gamma_d$ za	$M_{\text{maks}}$	$M_{\text{min}}$
Za stalno težo	1,35	1,00
Za koristno težo	1,50	0
Za prednapetost	0,90	1,20
ali	1,00 $P_{\text{min}}$	1,00 $P_{\text{maks}}$

Pri upoštevanju kombinacije večjega števila obremenitev se dopuščajo redukcijski faktorji  $\psi$ .

Nadaljnji drugi varnostni faktor zmanjšuje nosilnost preza z  $1/\gamma_R$ .  $\gamma_R$  znaša: za beton 1,5, za jekla 1,15 ali 1,2. Ta redukcija velja za tako imenovano karakteristično mejno odpornost gradiva. To je meja raztegljivosti, ki ji mora ustrezati vsaj 95 % preizkusnih vzorcev, le 5 % vzorcev sme odpovedati. Varnostni pogoj:  $M_d \leq M_R$ . Izkoriščenost gradiva: jeklo: dvojni faktor  $1,15 \times 1,5 = 1,725$ , nadomestna napetost:  $235/1,725 = 136 \text{ N/mm}^2$ ; beton: kocka v povprečju  $30 \text{ N/mm}^2$ , prizma  $25 \text{ N/mm}^2$ , jamstvo za 95 % približno  $19 \text{ N/mm}^2$ , nadomestna napetost  $19/1,5 \times 1,5 = 8,44 \text{ N/mm}^2$ . Pri dimenzioniranju ni bistvenih razlik med starim in novim načinom, novi morda malenkostno višje izkorišča beton. Bistvena prednost novega postopka je v varnostnem faktorju prednapetih in delno prednapetih konstrukcij. Faktoriramo namreč le obtežbe zunanjih sil, ne pa obtežb prednapetosti,  $\gamma_d$  je 1, ker prednapetost vpliva ugodno. Analogijo bi morali upoštevati tudi pri dimenzioniranju stebrov pri skeletih, pri katerih osnih obtežb ne smemo povečevati!

Za računsko ugotavljanje notranjih sil v konstrukcijah priporoča EUROCODE 2 klasične metode linearne elastičnosti. Adaptacije upogibnih momentov se dopuščajo le v omejenih količinah: do 15 % pri uporabi običajnega jekla in do 30 % pri uporabi jekla »H« visoke duktilnosti (5 % raztezka ob porušitvi). Vse to le pod naslednjimi pogoji: a) Da ostanejo ohranjeni ravnotežni pogoji, kar zahteva predvidenemu zmanjšanju upetostnih momentov ustrezno zvišanje pozitivnih. b) Da ostajajo pripadajoči poveski nosilcev v dopustnih mejah. c) Da širine razpok na mestu plastične redukcije ne presegajo dopustne mere za konkretni primer. d) Da adaptirani nosilni elementi niso izpostavljeni nihalnim obtežbam, kar bi vplivalo na utrujanje gradiva.

Novi predpis načelno dopušča tudi ugotavljanje notranjih sil ob predpostavki polne plastifikacije vseh kritičnih prerezov po sistemu tako imenovane »kinematske verige«, ki predstavlja zaporedje nosilnih elementov z zaporedjem plastičnih členkov. Izbira položajev členkov je prepuščena avtorju računa, vendar je možnih mnogo variant. Pri skeletnih konstrukcijah lahko ob potresu odpovedo oglavja in podnožja stebrov, pri zelo močnih stebrih pa priključki prečk na stebre. Načelno bi bilo potrebno preverjanje vseh možnih kombinacij. Tak postopek nam nudi le maksimalno možno odpornost proti izrednim primerom obtežb, kot so: potres, viharjni vrtimec, utrganje vrvi pri izvoznem stolpu rudnika, prometna nesreča. EUROCODE 2 dopušča tudi ugotavljanje notranjih sil in odpornosti elementov na podlagi poskusov (z modeli ali s serijo vzorcev). O logičnosti take vrste varnostnega dokaza ne moremo dvomiti.

Prednost EUROCODA 2 je v dejstvu, da računamo tako za upogib kot za osno obremenitev ali za kombinacijo obeh z isto povprečno mejno nosilnostjo betona. Isto velja za jeklo. Pri dimenzioniranju po načelu linearne elastičnosti pa smo dopustne napetosti zelo razlikovali, da bi za različne vrste obremenitev ohranili isti varnostni faktor  $\nu$ .

Pri premišljeno postavljenih dopustnih napetostih se tako morajo pri enakem varnostnem faktorju  $\nu$  dobiti enake dimenzije, kakršenkoli diagram pritiskov bi že predpostavljali.

Glede adaptiranja upogibnih momentov ne moremo mimo predpisa »Priporočilo glede toleranc pri reviziji statičnih računov in armaturnih načrtov po sklepu revizijske komisije dne 7. 5. 1960«. Podpisani so člani komisije, inženirji: Umek J., Fakin M., Smrekar D., Skaberne L., Miklič M. in Lapajne S. Šlo je za posodobitev najstarejšega YU-predpisa za beton in armirani beton iz l. 1947. Ta priporočila dopuščajo bistveno višje dopustne napetostne osti pri upogibu, ne dopuščajo pa zvišanja povprečnih napetosti v stebrih. Nadalje dopuščajo adaptacijo upogibnih momentov: do 15 % brez načelnih omejitev (za visoke gradnje), do 30 % pa s posebnimi pogoji preveritve razpokanja betona in kritja strižnih napetosti s posebnimi vložki armatur. Navedeno dopolnilo iz l. 1960 se čudovito sklada z objavo K. Kordine: Bemessungshilfsmittel za EUROCODE 2 Teil 1 iz l. 1992, vsaj po učinku za praktičnega konstrukterja. Z njim smo že tedaj nekako legalizirali sodobne vidike iz l. 1992, novejši beograjski predpisi za beton in armirani beton iz l. 1971 so nam postavili le novo oviro.

Inženir konstrukter mora imeti vedno pred očmi naslednji dve naravni zakonitosti. Prva: Ni gradiva, ki ne bi imelo po prekoračitvi meje elastičnosti (0,2 % trajnega raztezka) še znatno kapaciteto trikratno do tridesetkratne deformacije pred končnim rušenjem. Ta deformacijska kapaciteta je nadvse pomembna, ker omogoča največje sodelovanje vseh elementov konstrukcije (stebrov, nosilcev), ki so v elastični fazi le delno izkoriščeni. To dejstvo omogoči, da se ob izredni obremenitvi (potres, viharjni vrtimec, prometna nesreča) vključijo v odpor prav vsi deli konstrukcij, porušni odpor celote pa se dvigne lahko kar na dvojno ali trojno mero prvotne elastične mejne odpornosti. Druga zakonitost: računski postopki ugotavljanja notranjih sil na podlagi zakonov elastičnosti nam bodo vedno nudili rezultat, ki bo najbližji verjetnemu dejanskemu stanju. Po Castiglianovem stavku o minimalnem delu bo razpored notranjih sil po zakonih elastičnosti predstavljal vedno tudi največjo gospodarnost v porabi gradiva.

Z navedenim člankom se avtor ni spuščal niti v natančnejšo razlago niti v kritiko novih metod plastifikacije, pač pa je skušal prikazati bistvo razlike med klasičnim in sodobnejšim študijem konstrukcij. Ne gre za odpravo klasičnega načina elastičnosti, temveč za njegovo dopolnitev z zakoni plastifikacije. Ta je posebno pomembna pri analizi posebnih izrednih obtežbenih primerov, kot so hud potres, prometne nesreče, viharji, eksplozije. Poudarek novih predpisov je na opozorilih, da za objekte ni pomembna le njih trenutna odpornost, ko so novi, temveč tudi njih uporabnost in trpežnost, odpornost proti škodljivim učinkom v dobi uporabe, odpornost proti utrujanju ali proti deformacijski nestabilnosti v izrednih primerih. Pri današnjih cenah jekla je nekdanje pretirano varčevanje z armaturnimi vložki povsem neutemeljeno. Težišče gospo-



darnosti je prešlo na ceno človeškega dela. Ta težnja zahteva konstrukcije enostavnih oblik z najcenejšim opa-

žanjem, če le mogoče ponavljajoče se enake elemente in montažo.

## L I T E R A T U R A

1. Privremeni tehnički propisi za beton i armirani beton (PTP 3).
2. Tabela za dimenzioniranje pravokotnih prereзов iz ojačenega betona. Avtor S. Lapajne, Državna založba Slovenije, Ljubljana 1950.
3. Priporočila glede toleranc pri reviziji statističnih računov in armaturnih načrtov po sklepu seje revizijske komisije dne 7. 5. 1960, Ljubljana.
4. S. Lapajne: Kritični pogledi na dimenzioniranje betona v tisenjenih in upogibnih delih konstrukcij. G. V. 1965/2.
5. Pravilnik o tehničnih ukrepih in pogojih za beton in armirani beton. Bgd 1971.
6. Pravilnik o tehniških ukrepih in pogojih za prednapeti beton. Bgd 1971.
7. SIA (Švica) Normes techniques 162. L. 1968.
8. S. Lapajne: Nekaj misli ob izidu novega Pravilnika o T.u.i.p. za beton in armirani beton. G. V. 1972/2 in Gradjevinar (Zgb) 1973/4.
9. Pravilnik o tehničnih normativih za beton in armirani beton s prevodi pripadajočih JUS-ov. Bgd 1986.
10. SIA (Švica) Normes techniques 160 Actions sur les structures porteuses. L. 1989.
11. SIA (Švica) Normes techniques 162 Ouvrages en béton. L. 1989.
12. DIN (Nemčija) V 18 932 Teil 1 Eurocode 2 Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken Teil 1: Grundlagen und Anwendungen für den Hochbau. Berlin 1991.
13. Deutscher Ausschuss für Stahlbeton: Bemessungshilfsmittel zu Eurocode 2 Teil 1: Planung von Stahlbeton- und Spannbetontragwerken von Karl Kordinä. Berlin 1992.

# ONESNAŽENOST MALIH VODOTOKOV IN GRADNJA MALIH ČISTILNIH NAPRAV

## MALE ČISTILNE NAPRAVE za čiščenje komunalnih odplak

UDK 628.19+628.32

TRAUNER AMALIJA

### P O V Z E T E K

Avtorica v članku obravnava onesnaženost malih vodotokov v Sloveniji kot posledico komunalnih odplak naselij. Nizka kakovost vodotokov je dokazana na podlagi kemijsko-fizikalnih analiz, bioloških in bakterioloških raziskav. Prav zaradi teh kazalcev je nastala nuja po čiščenju komunalnih odplak. Avtorica za ta namen ponuja male čistilne naprave, primerne za manjša naselja, ki jih je možno dobiti na domačem trgu.

### THE POLLUTION OF STREAMS AND SMALL CLEANING DEVICES INSTALLMENT

### S U M M A R Y

In the above article the author deals with Slovenian stream pollution which is the result of residential communal sewage. Low quality of streams has been proved on the basis of chemical and physical researches. The need for communal sewage cleaning has arisen because of these indications. The author therefore offers small cleaning devices suitable for smaller residential areas which can be found on home market.

#### 1.0. UVOD

Preiskave kakovosti voda v zadnjem obdobju so pokazale, da niso ekološko oporečni samo veliki in večji vodotoki in podtalnica, temveč da so onesnaženi tudi mali vodotoki.

V preteklem obdobju so bila vsa prizadevanja tako v svetu kot doma usmerjena v sanacijo industrijskih odplak, danes pa se v svetu daje vse večji poudarek zmanjšanju ekološko skrajno neugodnega vpliva komunalnih odplak naselij na kakovost vodotokov. Medtem ko je urbanizacija narekovala gradnjo kanalizacijske mreže in večjih mehansko bioloških čistilnih naprav v krajih z večjo gostoto prebivalstva, se do sedaj ni dajal zadostni poudarek komunalnim odplakam manjših urbanih sredin.

Letošnja mednarodna strokovna predstavitev prizadevanj s področja ekologije IFAT 93 (München), ki je največji tak sejem s področja varstva okolja, je bil močno usmerjen na čiščenje odpadnih voda komunalnega izvora. Ponujali so tako naprave kot postopke za čiščenje odplak od najmanjših objektov do večjih naselij. To je samo odsev poudarka, ki ga dajejo vedno manjšim čistilnim napravam.

V Sloveniji obstaja okoli 3000 majhnih naselij. To pomeni 1/5 celotnega onesnaženja Slovenije in predstavljajo vse večji ekološki pritisk na kakovost manjših vodotokov. Gre za področja našega podeželja, kjer je v razmahu intenzivno kmetijstvo in manjša urbana naselja. Želje po vse večji pridelovalni zmogljivosti v kmetijstvu zahtevajo vse večjo rabo različnih kemičnih preparatov, ki pa ne povzročajo več bioloških odpadkov, ampak normalno, predvsem pa v sušnih obdobjih, tem bolj vplivajo na kakovost že tako z vodo osiromašenih vodotokov. Le-ti so namreč onesnaženi s polutanti, kot so pesticidi, herbicidi, nitrati, nitriti, amonij. Seveda je možno z racionalnejšimi postopki, ustrezno obdelavo gnoja in gnojevke, z zmernimi in

Avtorica:  
Amalija Trauner, dipl. inž., vodnogospodarski inšpektor  
občine Velenje

ustreznejšimi mineralnimi gnojili, z modernimi napravami in postopki za čiščenje odplak bolje varovati površinske in podzemne vode ter očuvati prst.

Namen tega članka je predstavitev pomena malih čistilnih naprav za čiščenje komunalnih odplak v individualnih objektih in za manjša naselja.

## 2.0. VODE IN OSNOVE HIDROLOŠKEGA KROGA

Voda neprestano kroži med tremi največjimi zbiralnimi sistemi: morji, kontinenti in ozračjem. Na zemlji, ki meri ca. 500 milijonov km<sup>2</sup> je celokupna masa hidrosfere, to je oceanov in morij,  $1,4 \times 10^{21}$  (n = 21) kg vode, kar predstavlja 75% celotne površine. V morju je 97% vode, ostalih 3% predstavljajo sladke vode.

Za življenje v vodi je pomemben delež raztopljenega kisika, ki pride v vodo iz atmosfere ali pri fotosintezi vodnih rastlin. Vodni organizmi kisik venomer porabljajo, zato mora vsak vodni ekosistem zagotavljati določeno količino kisika, sicer lahko pride do anaerobioze, ki povzroča nastanek anaerobnih organizmov. V vodi se na ta način nakopiči prevelika količina organskih snovi, ki pospešuje razvoj organizmov, ki porabijo prevelike količine kisika, več kot ga je na razpolago. Takšni pogoji pa so neustrezni za obstoj biocenoze. Vodne biocenoze so sposobne samočiščenja, medtem ko onesnaževanje voda pomeni zavoro samočistilni sposobnosti voda. Posledica je odstranitev posameznih vrst iz biocenoze, ki zmanjšujejo samočistilno moč vodnega ekosistema.

## 3.0 VPLIV ČLOVEŠKIH POSEGOV NA KAKOVOST VODA

Voda je ena izmed treh neživih dejavnikov, ki vpliva na živo materijo in je vir življenja. Posebno danes se o vodi mnogo razpravlja zaradi vse večje prisotnosti problema oskrbe z vodo in njenega onesnaževanja. Zavedajoč se katastrofalnih posledic malomarnega odnosa do rabe in onesnaževanja voda bodo morala miniti še desetletja, da se bo stanje izboljšalo in da bo vzpostavljen trajno uravnotežen način življenja.

Ne samo, da je človek v razmahu industrije in kmetijstva z različnimi posegi sprožil širjenje lukenj v ozonski plasti, ki imajo poguben vpliv na količino ultravijoličnih žarkov v ozračju in s tem na človeka. Tudi na zemlji je vsebolj grobo onesnaževal vode in jih nesmiselno uporabljal v velikih količinah. S skrajno neustreznim ravnanjem je motil naravni tok kroženja vode; ravnotežje se je pričelo rušiti in prekomerno izkoriščanje dovoljenih naravnih meja je povzročilo na eni strani pomanjkanje vode v sušnih obdobjih in na drugi strani poplavljanje površin.

Industrija je s svojimi neugodnimi tehnološkimi procesi sprožila veliko porabo pitne vode iz vodovodnih sistemov, vodotokov, zajetij, jo onesnaževala in neočiščeno vračala v okolje. Tudi sami gradbeni posegi so vplivali na kakovost voda. Regulacije, zbiralniki vode za male hidroelektrarne, gramoznice, iz katerih so pridobivali gramoz za gradnjo

in infrastrukturo ter globoke kotanje za nekontrolirano odlaganje odpadkov kot posledica le-teh, so vnašali v vodne ekosisteme bolj ali manj negativne učinke.

Za pridobivanje novih kmetijskih površin na manj kakovostnih zemljiščih je človek uporabil različne agrotehnične in higrotehnične ukrepe – melioracije, ki danes pomenijo vse bolj odvodnike komunalnih odplak za manjša naselja in so speljani v vodotoke.

In končno večja in več urbanih naselij zaradi večje higienizacije in s tem povečane porabe vode vse bolj onesnažujejo vodotoke z delno ali popolno nerazgradljivimi čistilnimi sredstvi.

## 4.0. PORABA VODE IN SESTAVA ODPADNE VODE

Poraba vode se je z naraščanjem prebivalstva vse bolj večala, prav tako pa so povečano porabo vode narekovali tudi izboljšani življenjski pogoji.

Komunalne odplake, ki prihajajo iz gospodinjstev, so sestavljene iz ostankov hrane, pomij, pranja, higienizacije, fekalij. Pojem komunalne vode ima danes zaradi rabe sintetičnih pralnih in čistilnih sredstev nov pomen. Ta sredstva predstavljajo v odplaki delno ali popolnoma nerazgradljive odpadne snovi, ki vplivajo na sestavo življenjske združbe v potokih. Biološko razgradljive odpadne snovi se v vodi razgradijo pod vplivom kisika – aerobni procesi ali brez kisika, če je v vodi mnogo teh snovi – anaerobni procesi.

Posledica biološko nerazgradljivih snovi in delno razgradljivih v odplakah se kaže v nesposobnosti samočiščenja vodotoka.

Pri tem se srečamo z dvema pojmom: nebiološko samočiščenje in biološko samočiščenje.

**Nebiološkemu samočiščenju** so osnova fizikalno-keimični procesi, kot so usedanje, obarjanje, razredčenje, absorpcije.

**Biološko samočiščenje** pomeni razgradnjo razgradljivih snovi v vodi in vračanje produktov razgradnje v sistem. Mehanizem biološkega samočiščenja je odvisen od naslednjih parametrov:

- biomase; čim večja je njena površina v stiku z vodo, tem učinkovitejša je razgradnja,
- od oblike dna je odvisna količina in vrsta biomase,
- hitrost vodnega toka vpliva na stični čas med organizmi in razgradljivimi snovmi,
- anorganska in organska hranila vplivajo na količino biomase,
- z naraščanjem temperature se samočistilnost povečuje,
- svetloba je potrebna za proizvodnjo fotosintetičnih organizmov,
- tudi delež kisika v vodi vpliva na učinkovitost samočiščenja.

Če v vodnem ekosistemu delež kisika pade preko meje, se prenehajo aerobni procesi in se povečajo anaerobni procesi, ki pa vplivajo na spremembo prisotnih vrst organizmov.

Na celotno kisikovo maso vplivajo razgradnja raztopljenih organskih snovi, oksidacija dušikovih spojin, prezračenje iz zraka, dihanje živali in rastlin, fotosinteza.

Podatki o porabi vode na prebivalca se po različnih virih razlikujejo.

Preglednica št. 1 prikazuje porabo vode po namenu v gospodinjstvu in primesi v odpadni vodi po vrstah porabe. Kot osnovni podatek vzamemo porabo vode 80 l/prebivalca (P)/dan (d).

Namen	Količina [l/(P + d)]				Primesi [l/(P + d)]				
	poraba vode [L/d]	odtok odpadne vode [l/d]	skupaj primesi snovi [g/(P + d)]	mineralne snovi [g/(P + d)]	organske snovi	BPK5 [g/(P + d)]	ogljik [g/(P + d)]	duši k [g/(P + d)]	fosfor [g/(P + d)]
Pitna voda, kuha	3						8	0,2	
Pomivanje posode	4	4							
Pranje	20	19							
Umivanje	10	10	10B	61	47		7		0,9
Tuširanje	20	20							
Čiščenje prostorov	3	3							
WC blato	20	22	27	4	23		17	1,5	0,6
urin			55	15	40		5	12,2	0,8
Skupaj	80	78	190	80	110	54	37	13,9	2,3

Preglednica 1. Prikaz porabe vode po namenu v gospodinjstvu in primesi v odpadni vodi

V preglednici št. 2 (1) je podana ocena porabe vode in odtoka odplak v gospodinjstvu.

### 3.1. Količina in sestava odpadne vode v živinoreji

Na podeželju na onesnaženost voda vplivajo tudi odpadne vode, ki nastajajo v proizvodnji živine.

Preglednica št. 3 (1) kaže količino in sestavo odpadne vode v živinoreji.

–  $l/(G \times d)$  odtok v litrih na dan na živalsko enoto (govedo).

### 5.0. METODOLOGIJA OCENJEVANJA KAKOVOSTI VODA

Za ugotavljanje kakovosti voda se uporabljajo fizikalno-kemične analize, biološke in bakteriološke analize.

### 5.1. FIZIKALNO-KEMIČNE ANALIZE

Te analize kažejo le trenutno stanje s tem, da podajo delež raztopljenih in neraztopljenih sestavin, medtem ko

Preglednica 2. Poraba vode in odtok v gospodinjstvu

Vrsta porabe	Poraba vode (l)	Odtok odpadne vode (l)
Pomivanje posode (enkrat za eno osebo)	1,5–8	1,5–8
Pranje (na osebo na dan)	6–15	6–15
Telesna nega: prhanje	30–100	30–100
kopel v kadi	150–400	150–400
sedeča kopel	30–50	30–50
Stranišče		
WC z izplakovalno omarico (visoko)	6–12	6–12
WC z izplakovalno omarico (nizko)	12–20	12–20
WC z izplakovalnikom na pritisk	6–20	6–20
Kuhinjski drobilec, če je vključen 8 minut dnevno	24	24
Škropljenje vrta na 1 m <sup>2</sup>		
normalen dan	0,15–0,3	–
dan z veliko porabo	do 5	
Pranje osebnega avtomobila	50–300	50–300
Netesna vodovodna pipa (na dan)	do 240	do 240
Izgube zaradi napake v izplakovalni omarici (na dan)	do 1000	do 1000
Povprečna izguba (na osebo in dan)	4–6	4–6

Vrsta vzreje	Skupaj odpadne vode [l/(G×d)]	Skupaj suhih snovi [kg/(G×d)]	BPK4 [kg/(G×d)]	Blata [l/(G×d)]	Urina [l/(G×d)]	Vode za čiščenje [kg/(G×d)]
Govedoreja E = 1 G	3					8
Vzreja kokoši 300 kokoši = 1 G	4	4				
Svinjereja 4 svinje = 1 G	20	19	108	61	47	7
Konj	10	10				
Krava mlekarica Mlado govedo	20	20				
Tele	3	3	27	4	23	17
Ovca	20	22	55	15	40	5
Koza	Skupaj	Skupaj				

Preglednica 3. Ocena količin in sestava odpadne vode v živinoreji

je za presojo situacije bistvena še biološka analiza, ki kaže kratkoročne in dolgoročne vplive na življenjsko združbo v vodnih ekosistemih. Sodobne aparature in postopki evidentiranja nam ponujajo podatke za temperaturo, stopnjo motnosti, barvo, vrednost pH, količino raztopljenega kisika itd. Med pomembne kemične analize štejemo kemijsko potrebo po kisiku (KPK); to je količina kisika ( $\text{mgO}_2/\text{l}$ ), ki je potrebna za kemično oksidacijo primesi v vodi, biokemijska potreba po kisiku (BPK<sub>5</sub>), ki ponazarja količino elementarnega kisika, ki ga porabijo mikroorganizmi v procesu razkroja.

Med kazalce kakovosti vode štejemo dušik, ki ga določamo kot organski dušik, amonijak, nitrit, nitrat. Pri aerob-

nem razkroju se organski dušik in amonijak oksidirata v nitrite in nitrate. Vsoto vseh količin v raznih oblikah označimo kot celotno količino dušika. Podatki za redukcijsko-oksidiacijski potencial kažejo na redukcijsko-oksidiacijsko sposobnost vode ali blata.

Poleg navedenih osnovnih testov za splošno oceno večine odpadnih vod pa se lahko ugotavljajo še test strupenosti, biološka razgradljivost anionskih aktivnih tensidov, itd.

Strokovno navodilo o tem, katere snovi se štejejo za nevarne in škodljive snovi in o dopustnih temperaturah vode (Ur. l. SRS, št. 18/85), kaže parametre, ki so značilni za kemijsko-fizikalno analizo in so merilo za trenutno ugotavljanje kakovosti voda.

Parameter	Normativi (mejne koncentracije)	
	Odpadne vode, ki odtekajo v vodotoke	Odpadne vode, ki odtekajo v kanalizacijo
<b>SPLOŠNO</b>		
1. temperatura	33°/3°/2° C	60°/4° C
2. vsebnost anorganskih soli	700 mg/l	—
3. vsebnost neraztopljenih snovi	80 mg/l	—
4. usedljive snovi	0,5 ml/l	—
5. pH vrednost	6,5–9,0	6,5–9,0
6. kemijska potreba po kisiku (KPK – dikromatna metoda)	160 mg/l	—
7. petdnevna biokemijska potreba po kisiku (BPK <sub>5</sub> )	30 mg/l	—
8. test strupenosti	negativno	negativno
<b>ANORGANSKE SNOVI</b>		
9. aluminij (Al)	10 mg/l	20 mg/l
10. arzen (As)	0,1 mg/l	0,1 mg/l
11. barij (Ba)	10 mg/l	10 mg/l
12. svinec (Pb)	0,5 mg/l	0,5 mg/l
13. bor (B)	0,3 mg/l	2 mg/l
14. kadmij (Cd)	0,5 mg/l	0,5 mg/l
15. celokupni krom (Cr)	1,0 mg/l	1,0 mg/l
16. šestvalentni krom (Cr <sup>VI</sup> )	0,05 mg/l	0,1 mg/l
17. železo (Fe)	2 mg/l	2 mg/l
18. baker (Cu)	0,5 mg/l	1 mg/l
19. nikelj (Ni)	1 mg/l	1 mg/l
20. živo srebro (Hg)	0,01 mg/l	0,01 mg/l

Preglednica 4. Parametri, značilni za kemijsko fizikalno analizo

Parameter	Normativi (mejne koncentracije)	
	Odpadne vode, ki odtekajo v vodotoke	Odpadne vode, ki odtekajo v kanalizacijo
21. srebro (Ag)	0,1 mg/l	0,1 mg/l
22. cink (Zn)	1 mg/l	2 mg/l
23. kositer (Sn)	2 mg/l	2 mg/l
24. selen (Se)	0,01 mg/l	0,1 mg/l
25. aktivni klor (Cl <sub>2</sub> )	0,2 mg/l	3 mg/l
26. aktivni brom (Br <sub>2</sub> )	0,2 mg/l	3 mg/l
27. amonijak (NH <sub>3</sub> )	0,1 mg/l	–
28. amonijum (NH <sub>4</sub> )	1,0 mg/l	10 mg/l
29. klorov dioksid (ClO <sub>2</sub> )	0,2 mg/l	3 mg/l
30. cianid (CN <sup>-</sup> )	0,1 mg/l	5 mg/l
31. fluorid (F <sup>-</sup> )	6 mg/l	6 mg/l
32. nitrat in nitrit (NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> + NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	40 mg/l	–
33. nitrit (NO <sub>2</sub> <sup>-</sup> )	1 mg/l	10 mg/l
34. fosfor (P)	10 mg/l (0,5 mg/l)	–
35. sulfat (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> )	–	300 mg/l
36. sulfid (S <sup>-2</sup> )	0,1 mg/l	1 mg/l
37. sulfit (SO <sub>2</sub> )	1 mg/l	10 mg/l
<b>ORGANSKE SNOVI</b>		
38. celokupni organski ogljik	17 mg/l	–
39. masti in olja ekstrahirana s pentanom,	10 mg/l	–
težko topni ogljikovodiki	(5 mg/l)	10 mg/l
40. celokupni ogljikovodiki	10 mg/l (5 mg/l) (10 mg/l)	20 mg/l
41. klorirani ogljikovodiki	–	–
– organska topila	0,1 mg Cl/l	0,1 mg Cl/l
– halogenizirani bifenili	–	–
naftaleni (izraženi kot Cl)	0,005 mg/l	0,005 mg/l
42. pesticidi	–	–
– organofosforni	0,005 mg/l	0,1 mg/l
– organoklorni	0,005 mg/l	0,05 mg/l
43. fenoli	0,05 mg/l	2,0 mg/l
44. formaldehid	1 mg/l	5 mg/l

## 5.2. BAKTERIOLOŠKE PREISKAVE

Bakteriološke preiskave temeljijo na ugotavljanju celotnega števila klic ter na določanju koliformnih bakterij, ki kažejo na prisotnost komunalnih odplak. Število koliformnih bakterij izražamo z MNP (most probable number), kar pomeni število koliformnih bakterij v 100 ml ali 1 l odpadne vode.

## 5.3. BIOLOŠKE PREISKAVE

Na razpolago sta dve metodi bioloških preiskav, po katerih ugotavljamo stopnjo onesnaženosti, in sicer ekološko in fiziološko metodo.

### 5.3.1. Ekološka metoda

S to metodo ugotavljamo spremembe v sestavi življenjskih združb, ki nastajajo v vodotoku nad izvirom odpadne vode in pod njim. Metoda temelji na reagiranju življenjske združbe ob zmanjšanju kisika in prisotnost razpadlih produktov v odpadni vodi.

Kakovost vode na podlagi saprobne analize temelji na indikatorskih vrstah in življenjskih združbah, ki so primerne za posamezno saprobno stopnjo. Saprobní sistem ima 4 glavne stopnje onesnaženosti in tri vmesne. Tako razvrščamo organizme v:

- I. oligosaprobnó stopnjo; malenkostno onesnaževanje,
- II. beta mezasaprobnó stopnjo; zmerno onesnaženje,
- III. alfa mezasaprobnó stopnjo; močno onesnaženje,
- IV. polisaprobnó stopnjo; zelo močno onesnaženje.

### 5.3.2. Fiziološka metoda

S to metodo ugotavljamo kakovost voda s testnimi organizmi v laboratoriju. V vodo, ki jo preiskujemo, damo enkrat organizme, ki razkrajajo za gnitje sposobne snovi, drugi pa organizme, ki asimilirajo. Za prvi test uporabimo bakterije, za drugi pa alge. Povečano število testnih organizmov v določenem času je merilo za onesnaženje. Rezultat nam kaže, koliko za gnitje sposobnih snovi in koliko anorganskih soli, ki so potrebne za biološko proizvodnjo, je v odplaki.

## 6.0. PREDPISI S PODROČJA VARSTVA VODA IN PREDLOG NOVIH NORMATIVNIH VREDNOSTI ZA IZPUST IZ KOMUNALNIH NAPRAV

Slovenija je v obdobju 1975–1981 sprejela prvo generacijo predpisov s področja varstva okolja. Z njimi so bila v tistem času pokrita vsa pomembna in poznana področja.

Za oceno kakovosti voda je na voljo osnovni zakon, Zakon o vodah (Ur. l. SRS, št. 28/81, 29/86 in 15/91) iz leta 1981 in z dopolnitvami iz let 1986 in 1991 ter dva podzakonska predpisa, ki sta že zastarela in pomanjkljiva. To sta uredba o klasifikaciji voda medrepubliških vodnih tokov, meddržavnih voda in obalnega morja ter odlok o maksimalnih koncentracijah radionukleidov in nevarnih snovi v medrepubliških vodnih tokovih in meddržavnih vodah obalnega morja. Sedaj pa smo dobili še krovni zakon, Zakon o varstvu okolja (Ur. l. RS, št. 32/93), na podlagi katerega se bodo izdelali vsi podzakonski predpisi.

Ostali predpisi s področja varstva voda so še:

- strokovno navodilo, za katere posege je potrebno vodnogospodarsko soglasje in kaj se šteje za manjše spremembe vodnega režima (Ur. l. SRS, št. 16/75, 24/84),
- strokovno navodilo za ugotavljanje značilnosti vodnega režima v mejnem oziroma iztočnem prerezu vodotoka (Ur. l. SRS, št. 27/84),
- navodilo o načinu določanja količin stopnje onesnaženosti vode,
- strokovno navodilo o urejanju gnojišč in greznic (Ur. l. SRS, št. 10/85),
- strokovno navodilo o metodah za preiskavo kakovosti in količinskih sprememb odpadnih voda (Ur. l. SRS, št. 4/85),
- strokovno navodilo o tem, katere snovi se štejejo za nevarne in škodljive in o dopustnih temperaturah vode (Ur. l. SRS, št. 18/85).

Zavod Republike Slovenije za varstvo okolja in vodni režim je izdelal predlog normativnih vrednosti za izpust iz komunalnih čistilnih naprav. Iz prej navedenih predpisov s področja voda in iz predloga ZRS za varstvo okolja in vodni režim je razvidno, da bo potrebno zagotoviti predpis o kakovosti in načinu kontrole kakovosti vode na iztoku iz komunalne ČN. Poleg tega predpisa in zakona o vodah pa bo potrebno zagotoviti še naslednje predpise:

**6.1.0. Splošni emisijski predpis o kakovosti odpadne vode (OV) (opredelitev pojmov, način vzorčenja, analizi postopki in vrednotenje rezultatov analiz).**

**6.2.0. – predpis o kakovosti OV, ki odtekajo v kanalizacijo**

**6.2.1. – predpis o priključitveni pravici na kanalizacijsko omrežje in o obveznostih**

**6.2.3. – predpis o kakovosti blaga iz ČN (Kaj se sme uporabljati v kmetijstvu)**

**6.3.0. predpis o kakovosti OV, ki odtekajo v sprejemnike (zahteve za direktne onesnaževalce, opredelitev maksimalno dovoljenih emisijskih vrednosti za posa-**

**mezne tipe odpadnih vod, kot so komunalne, tehnološke, izcedne, mešane).**

**6.3.1. predpis o plačilu prispevkov zaradi obremenitve okolja**

**6.3.2. predpis s kazenskimi določili.**

Iz gornjega sledi, da je povsem jasno, da je dosedanja pravna regulativa varstva voda pomanjkljiva, ponekod pa tudi zastarela. Tako danes ni resničnega pregleda nad stanjem in delovanjem ČN; prav tako ni pravnih osnov, na podlagi katerih bi se postavile zahteve po učinkih čiščenja proizvajalcem čistilnih naprav.

**6.4.0. Poročilo nadalje navaja pravno regulativo Avstrije in Nemčije ter ES smernice:**

- ES smernice (EG Abl. L 135/40), 21. 5. 1991, in sicer o obdelavi komunalnih OV,
- pravno regulativo o varstvu voda v Avstriji (splošno emisijsko odredbo za odpadne vode z dne 21. 4. 1991 in 1. emisijsko odredbo za komunalne vode 21. 4. 1991 z dopolnitvijo),
- pravno regulativo o varstvu voda v Nemčiji (zahteve za izpust komunalnih vod z dne 25. 11. 1992).

Razvidno je, da so podatki za navedene primere podani procentualno in v absolutnih vrednostih, in sicer za BPK<sub>5</sub>, KPK, neraztopljene snovi, skupni fosfor, skupni dušik. Anaerobni vzorci ne smejo biti trenutni, temveč homogeni.

**6.4.1. Smernice ES postavljajo rokovne zahteve za izgradnjo kanalizacije in prilagoditve obstoječih ČN, in sicer mora biti kanalizacija zgrajena v naslednjih rokih za posamezna naselja:**

- a) do 31. 12. 1998 za naselja z več kot 10.000 E na občutljivih območjih,
- b) do 31. 12. 2000 za naselja z več kot 15.000 E, če ne velja zahteva pod a),
- c) do 31. 12. 2005 za naselja z več kot 2000 E, če ne velja zahteva pod a) in b).

Za območja do 2000 E smernice prepuščajo obvezno izgradnjo kanalizacije nacionalnim predpisom.

**6.4.2. Občutljiva in manj občutljiva območja je treba opredeliti do 31. 12. 1993 po opredeljenih kriterijih (npr. sladka jezera, površinske vode, akumulacije...) oziroma okolja, kjer ni pričakovati poškodb okolja.**

**6.4.3. Zahteve po čiščenju je treba izpolniti v odvisnosti od velikosti naselja:**

- do 31. 12. 2000, za naselja z več kot 15.000 E,
- do 31. 12. 2005, za naselja od 10.000–15.000 E,
- za naselja od 2.000 E do 10.000, če so izpusti speljani v vodotoke,
- do 31. 12. 1998 za OV naselij z več kot 10.000 E na občutljivih območjih (zahteva se odstranitev PN glede na 80 % učinek čiščenja).

### 6.5.0. Predlog zahtev za Slovenijo

Preglednica št. 12 prikazuje predlagane mejne vrednosti oziroma učinke čiščenja na komunalnih ČN

Preglednica 12. **Predlog mejne vrednosti za iztok iz komunalnih ČN**

Velikost ČN Parameter mg/l	50 – < 1.000 E	1000 – < 20.000 E	20.000 E – < 100.000 E	100.000 E in več	% učinek čiščenja
BPK <sub>5</sub>	30	20	20	15	95
KPK	140	100	80	80	85
N glede na NH <sub>4</sub>	–	10	10	10	–
N skupni	–	–	18	18	70
P skupni	–	–	2	1	70

Mejne vrednosti veljajo za iztoke iz ČN, na katere so priključene:

- a) odpadne vode posameznih neproizvodnih objektov in naselij z zmogljivostjo do 50 E in več,
- b) velja določilo a) s tem, da lahko vključimo tudi ostale odpadne vode, ki jih ni možno čistiti z biološkim čiščenjem v enakem % učinkovitosti kot komunalne.

**Pri tem je potrebno obvezno upoštevati naslednje:**

- a) biološko čiščenje odpadnih vod z odstranitvijo ogljika in z nitrifikacijo ter z odstranjevanjem dušika in fosforja v odvisnosti od velikosti ČN in vrste vodosprejemnika,
- b) prilagodljivost ČN obremenitvenim sunkom in zagotavljanje zadrževalnih časov mešanih odpadnih vod,
- c) preprečevanje dotokov čistih voda na ČN,
- d) obvezno praznjenje greznic in kontroliran odvoz na ČN (prek komunalnih podjetij in ne izpuščanje v vodotoke in kanalizacijo kjerkoli).

#### 6.5.1. Roki za uveljavitev predlaganih mejnih vrednosti

Predlagane mejne vrednosti nastopijo v uveljavlo pri novih ČN takoj po uveljavitvi odredbe.

Za obstoječe ČN je treba zagotoviti upoštevanje mejnih vrednosti najkasneje do leta 2000 po naslednjem vrstnem redu:

- a) na teh ČN se mora opraviti temeljita analiza delovanja, in vseh pomanjkljivosti do konca 1994,
- b) izdelati sanacijski program do 1995,
- c) opraviti sanacijo fizično do 1999,
- d) opraviti kategorizacijo vodosprejemnikov do konca 1997,
- e) opraviti opredelitev ranljivih področij (občutljivost področij) najpozneje do konca 1997.

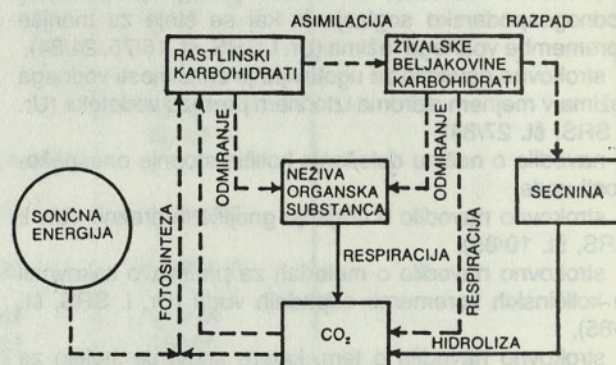
#### 6.5.2. Parametri za kontrolo delovanja ČN:

- vzorčevalna mesta,
- način vzorčenja,
- pogostost vzorčenja,
- analizni postopki,
- vrednotenje analiz,
- notranji nadzor,
- zunanji nadzor.

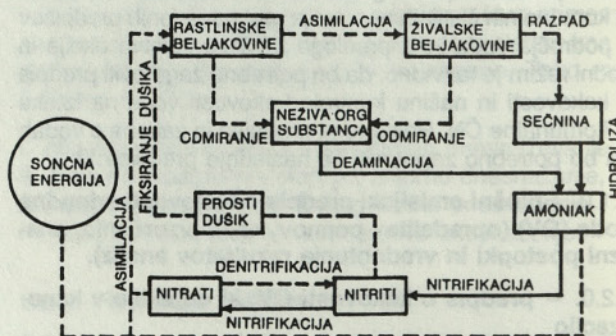
### 7.0. TEHNIKE ČIŠČENJA ODPADNE VODE

Odpadna voda je mešanica čiste vode, to je organskih in anorganskih snovi, ki so v vodi v obliki suspendiranih

delcev ali raztopljenih snovi. Suspendirani delci so ali usedljivi ali neusedljivi. Vpliv odpadne vode na naravni krogotok je odvisen od količine odpadnih snovi in njegove samočistilne moči. Samočistilna sposobnost odvodnika je skupek fizikalnih, kemijskih in bioloških procesov, s pomočjo katerih pride do razkroja razgradljivih snovi v vodi in njihovo vračanje v sistem.



Schema št. 1. **Proces razgradnje in pretvorba ogljikovih spojin v krogotoku**



Schema št. 2. **Proces razgradnje in pretvorbe dušikovih spojin v krogotoku**

Schema št. 1 kaže proces razgradnje in pretvorbe ogljikovih spojin v krogotoku. Ogljik v neživi organski substanci se pretvori v CO<sub>2</sub> pod vplivom mikroorganizmov. S pomočjo fotosinteze pa se ogljik v CO<sub>2</sub> vgrajuje v rastline,



del pa se vrne v anorgansko obliko zaradi dihanja rastlin, medtem ko se ostanek preoblikuje v neživo organsko snov ali pa ga asimilirajo živali. Ogljik, ki se sprošča iz živalskih organizmov, se spremeni v  $\text{CO}_2$  v procesu dihanja ali pa se pretvarja v živalskem telesu v sečnino in druge organske snovi, ki se s pomočjo mikroorganizmov spreminjajo v  $\text{CO}_2$ .

**Shema št. 2** kaže proces razgradnje in pretvorbe dušikovih spojin v krogotoku.

Dušik v neživi organski substanci pretvarjajo mikroorganizmi najprej v amonijak, nato v nitrite in nitrate. Dušik iz amonijaka ali nitratov rastline asimilirajo in vključujejo v beljakovine. Živali z rastlinsko prehrano potrebujejo dušik za izgradnjo lastnih beljakovin. Dušik v sečnini živali mikroorganizmi pretvorijo v amonijak, nitrite in nitrate.

Ogljik in dušik se v vodnem ekosistemu pretvarjata iz anorganske v organsko obliko po poti biološke oksidacije, zato mora biti na razpolago dovolj kisika za potek kemijskih procesov, sicer se procesi prekinejo. Pri vseh teh procesih so pomembni fizikalni vplivi (usedanje, specifičnost, viskoznost, sončna energija) in kemijski vplivi (hidroliza in oksidacija v vodi prisotnih snovi). Oboji vplivi so osnova za biološke procese ob prisotnosti živih organizmov. Od njihove količine pa je odvisna samočistilna sposobnost odvodnika.

Razlikujemo mehanske, kemijske in biološke metode čiščenja odpadnih vod.

Preglednica 5 kaže tehnike in učinek čiščenja odpadne vode.

Preglednica 5. Tehnike in učinki čiščenja odpadne vode

	Način čiščenja	Zmanjševanje v (%)		
		BPK5	Suspendirane snovi	Bakterije
<b>Mehansko čiščenje</b>	Fina sita	5–10	5–20	10–20
	Kloriranje surove odpadne vode ali odpadne vode po usedanju	15–30		90–95
	Usedanje	25–40	40–70	25–75
<b>Kemijsko čiščenje</b>	Izkosmičenje	40–50	50–70	
	Kemično obarjanje	50–85	70–90	40–80
<b>Biološko čiščenje</b>	Visoko obremenjeni precejalniki	65–90	65–92	70–90
	Nizko obremenjeni precejalniki	80–95	70–92	90–95
	Visoko obremenjeni postopek z aktivnim blatom	50–75	80	70–90
	Nizko obremenjen postopek z aktivnim blatom	75–95	85–95	90–98
	Talni filtri	90–95	85–95	95–98
	Kloriranje biološko očiščene vode			98–99

### 7.1.0. Mehansko čiščenje odpadnih vod

Pri mehanskem čiščenju se z rabo dveh postopkov odstranijo iz odpadne vode neraztopljene snovi, in sicer:

- skozi grablje in sito,
- izločenje suspendiranih delcev z usedanjem ali s plavljanjem.

Peskolovi rabijo za izločanje mineralnih delcev z usedanjem. Suspendirani delci se usedajo v usedalnik. Nameščeni so pred ali za biološkim čiščenjem; lahko pa rabijo kot samostojna naprava za čiščenje.

### 7.2.0. Kemijsko čiščenje

Metoda se uporablja za izkosmičenje suspendiranih snovi in za izločanje nekaterih raztopljenih snovi.

Shema št. 3 (1) kaže napravo za čiščenje z obarjanjem in kosmičenjem. Naprava vključuje štiri faze: mešanje, kosmičenje, usedanje in filtracijo. Pri tem v prvih dveh fazah dodajamo sredstva za obarjanje in kosmičenje.

### 7.3.0. Biološko čiščenje

Proces biološkega čiščenja zagotavlja odstranjevanje tistih raztopljenih in suspendiranih snovi iz odplak, ki so organskega izvora in jih po prvih dveh postopkih ne moremo odstraniti. Da lahko biološki procesi potečejo, mora imeti odpadna voda dovolj hranil, zagotovljeni pa morajo biti tudi ustrezni fizikalni in kemijski pogoji za življenjsko združbo (biocenozo).

Učinek biološkega čiščenja je odvisen od:

- količine aktivne snovi ( $S_a$ ),
- reakcijskega časa ( $t$ ),
- količine snovi, ki je sposobna za biološko proizvodnjo in biološkega koeficienta  $K$ ,
- ustrezna količina kisika

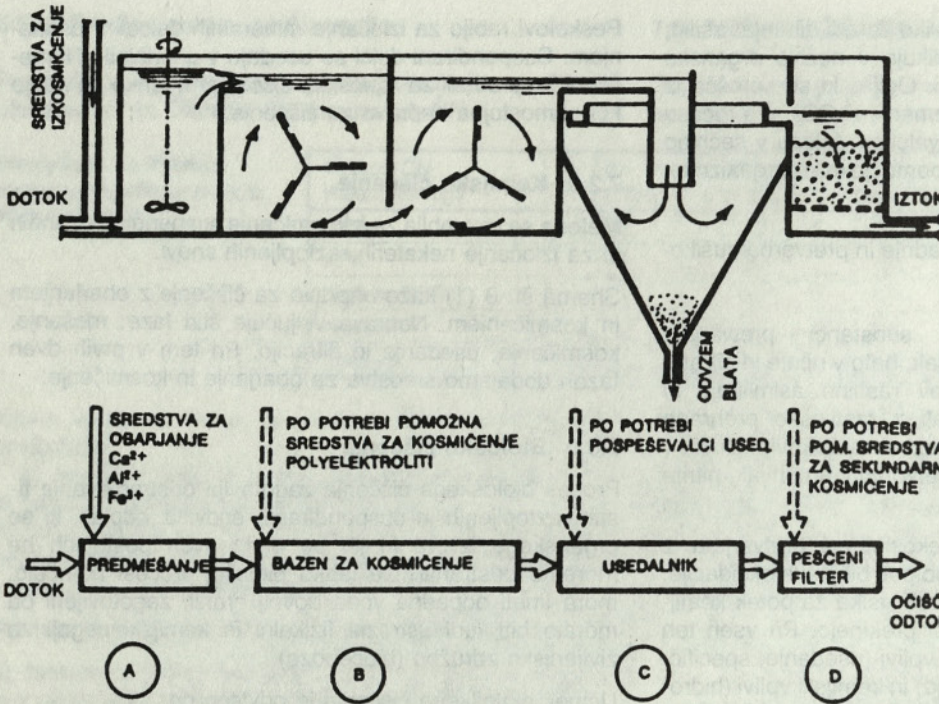
### 7.4.0. Čistilni učinek (U) (21)

$$U = K \cdot S_a \cdot t$$

Biološki procesi temeljijo na dveh postopkih:

- aktivna snov je naseljena na trdi podlagi
- aktivna snov je združena v kosmih, ki lebdiijo.

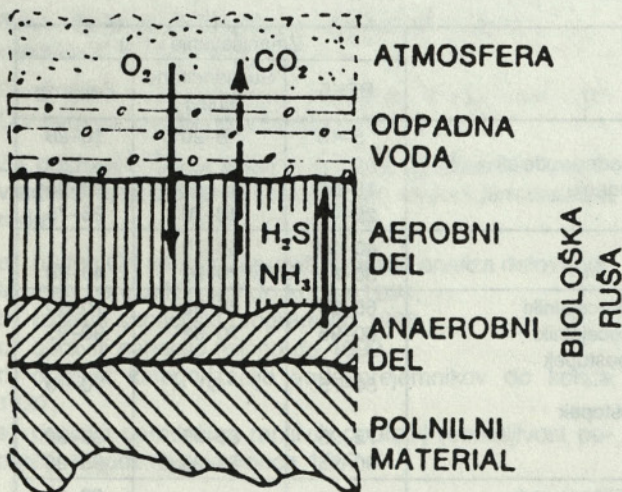
V prvem primeru gre za tako imenovane precejalnike in potopnike, ki imajo različna trgovska imena in se izme-



Schema št. 3. Prikaz naprave za čiščenje z obarjanjem in kosmičenjem

noma potaplja in ponovno izpostavlja zraku. Precejalniki (20,1) so v bistvu izboljšani talni filtri, tako da je zagotovljeno kontinuirno prezračevanje v celotnem volumnu. Drobnno zrnat material, ki ga uporabimo v takih filtrih, menjamo z večjimi zrn, na njihovem površju se naselijo organizmi, ki omogočajo aerobne procese.

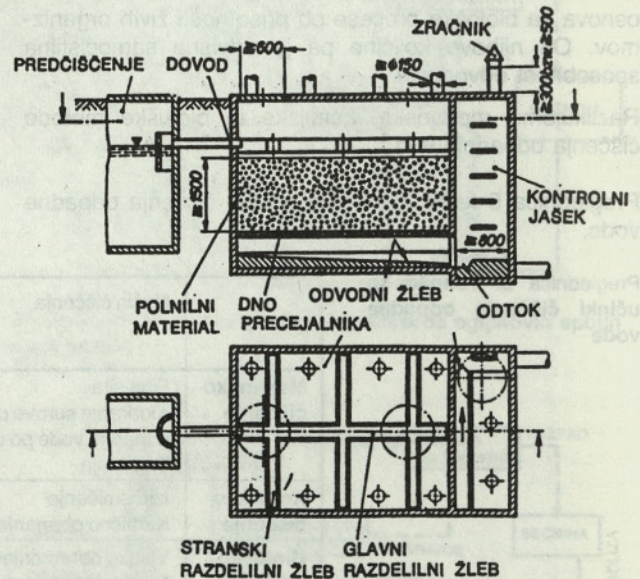
Schema št. 5 (1) kaže biološko rušo na precejalniku.



Schema št. 5. Biološka ruša na precejalniku

Schema št. 10 (1) kaže precejalnik pri mali čistilni napravi.

V primeru potopnikov gre za valjasto telo z veliko površino, ki rotira in je potopljeno približno do polovice v odpadno vodo. Tako je omogočeno merjenje dovoda hranil in kisika iz zraka.

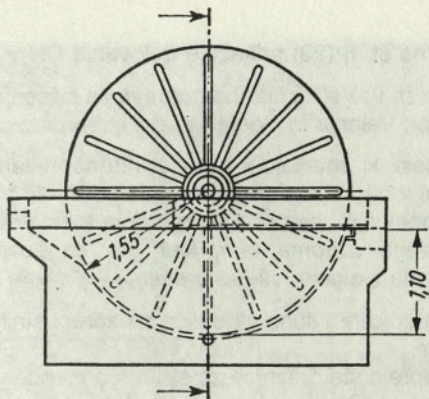


Schema št. 10. Precejalnik pri mali čistilni napravi

Schema št. 4 (2) kaže shemo potopnika.

### 7.5.0. Biološki proces z aktivnim blatom

Biološki proces z aktivnim blatom je v bistvu umetno samočiščenje v naravnem vodotoku in temelji na postopku z aktivno snovjo, ki je združena v kosmih, ki lebdijo. Nalogo čiščenja ima biološka masa, organizmi so koncentrirani v kosmih aktivnega blata.

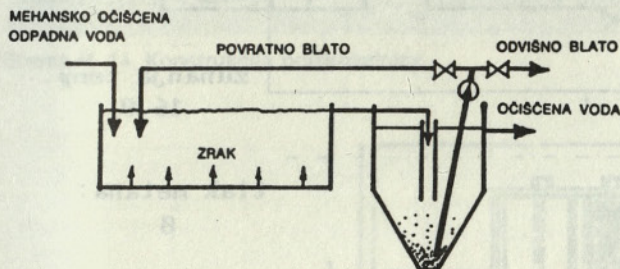


Shema št. 4 (1) Potopnik

vode pretvorijo v nove organizme, ti tvorijo kosme poživiljenega blata, ki se izločajo z usedanjem. Za aeroben proces je potrebna ustrezna količina kisika in dober stik organizmov s hrano in kisikom.

7.6.0. Kakovost bioaktivnega blata

Raznovrstnost organizmov v bioaktivnem blatu je temelj optimalni razgradnji organskih substanc. Samo zaradi različnih prehranskih navad mikroorganizmov se lahko blato prilagodi veliki paleti snovi, ki jih vsebujejo odplake, ter njihovim razgradnim produktom.



Shema št. 12. Prikaz biološkega čiščenja z aktivnim blatom

Shema št. 12 kaže postopek biološkega čiščenja z aktivnim blatom.

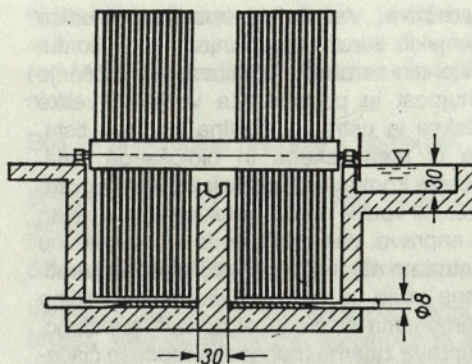
Bioaktivno blato sestavlja življenjska združba različnih organizmov. Bakterije (kratkopalične, dolgopalične, kroglaste) so najpomembnejša in najmanjša živa bitja v bioaktivnem blatu. V 1 litru jih je lahko nekaj milijard in lahko pretvorijo določene organske snovi v druge snovi.

Bičkarji, ki so tudi sestavni del biomase, so vmes med svetom živali in rastlin. So enoceličarji, večji od bakterij in imajo ime po bičkasti nitki, s pomočjo katere se premikajo. V 1 l odpadne vode jih je več milijonov.

Menjačice so tretje predstavnice biomase in svojo obliko stalno spreminjajo.

Trepalničarji ali ciliati tvorijo oblikovno najbogatejšo skupino v bioaktivnem blatu. S pomočjo »trepalnice« si te nekoliko višje razvite živalice vrtinčijo k sebi hrano in jo presnavljajo. Prav zaradi raznovrstnosti organizmov in različnih prehranskih navad v biomasi je razkroj odpadnih snovi optimalen.

Organizmi v poživiljenem blatu organske snovi iz odpadne



Trije glavni vzroki so znani za dobro oziroma slabo učinkovanje naprave za bioaktivno blato:

1. tehnično kakovost naprave in stopnjo njene izkoriščenosti,
2. stanje odplake,
3. način, kako se vzdržuje naprava.

Za ocenitev navedenih dejavnikov sta bistvena videz in kakovost bioaktivnega blata.

7.6.1. Napihnjeno blato

Pri bioaktivnem blatu se občasno (pri odplakah, bogatih s C-spojninami) srečamo z »napihnjeno blatom«. V tem blatu so mnogoštevilno zastopane nitaste bakterije sphaerotilus, ki povzročajo, da začne blato plavati. Takšno blato ni za prodajo. Ta pojav lahko povzročajo tudi lasaste bakterije ali glivičasti organizmi. Kolikor je v odplaki prisotna previsoka vsebnost amonija, potem tiste vrste mikroorganizmov, ki so tipične za dobre razmere kisika, nimajo eksistenčnih možnosti, kar seveda vpliva na mikroskopsko sliko bioaktivnega blata.

7.6.2. Zdravo blato

ugotavljamo na podlagi mikroskopske slike, ki se izkazuje z organizmi z večjo potrebo po kisiku, z majhnim razvojem paličastih bakterij in da v njem ni čist zvončaric.

7.6.3. Bolno blato

lahko prav tako ugotovimo iz mikroskopske slike. Poleg znakov za premajhno preskrbo s kisikom in previsoko koncentracijo amonija je možno opaziti:

- masivni nastop vijčnih bakterij spirillum, kar kaže, da se v blatu že daljši čas pojavljajo anaerobni procesi.

8.0. MALE ČISTILNE NAPRAVE

Še do nedavnega je samočistilna sposobnost zagotavljala v odvodnikih zadovoljiv razkroj dovedenega onesnaženja. Dejstvo, da pomenijo majhna urbana naselja veliko onesnaženje, nas sili k spoznavanju, da je rešitev tega problema prav v malih čistilnih napravah. Obremenitev voda manjših odvodnikov s komunalnimi odplakami se je v zadnjem obdobju z vse večjim poseljevanjem prebivalstva močno povečalo. Življenjski procesi so se spremenili, tako da so mikroorganizmi, ki so sodelovali pri razkroju, bodisi poginili oziroma se tako razširili, da je vsebnost

kisika postala vprašljiva. Vse to pa ima za posledico razvoj nižjih življenjskih združb, usedanje blata v koritu, gnitje. Da bi zavrla pogin aerobnih organizmov, je čiščenje odplak postala nujnost in potreba. Za večje in velike naseljenke komplekse je ustrezna čistilna naprava tista, ki je sestavljena iz mehanskega in biološkega dela. Takšen način čiščenja komunalnih odplak zahteva izgradnjo kanalske mreže, ki vodi v skupni kolektor, ki je speljan na takšno čistilno napravo. Vse ostale vode – kislno-alkalne in strupene – je potrebno najprej razstrupiti in nevtralizirati. Šele tako obdelane vode se lahko priključijo na čistilno napravo, ki je namenjena čiščenju organskih substanc. Takšna čistilna naprava zajema mehanske procese čiščenja; to je odstranjevanje drobnih plavajočih delcev, zadrževanje mineralnih snovi v preskolov in usedanje v usedalni bazen; biološke procese, stabilizacijo blata in dehidracijo blata, zajemanje plina v plinskih hramih.

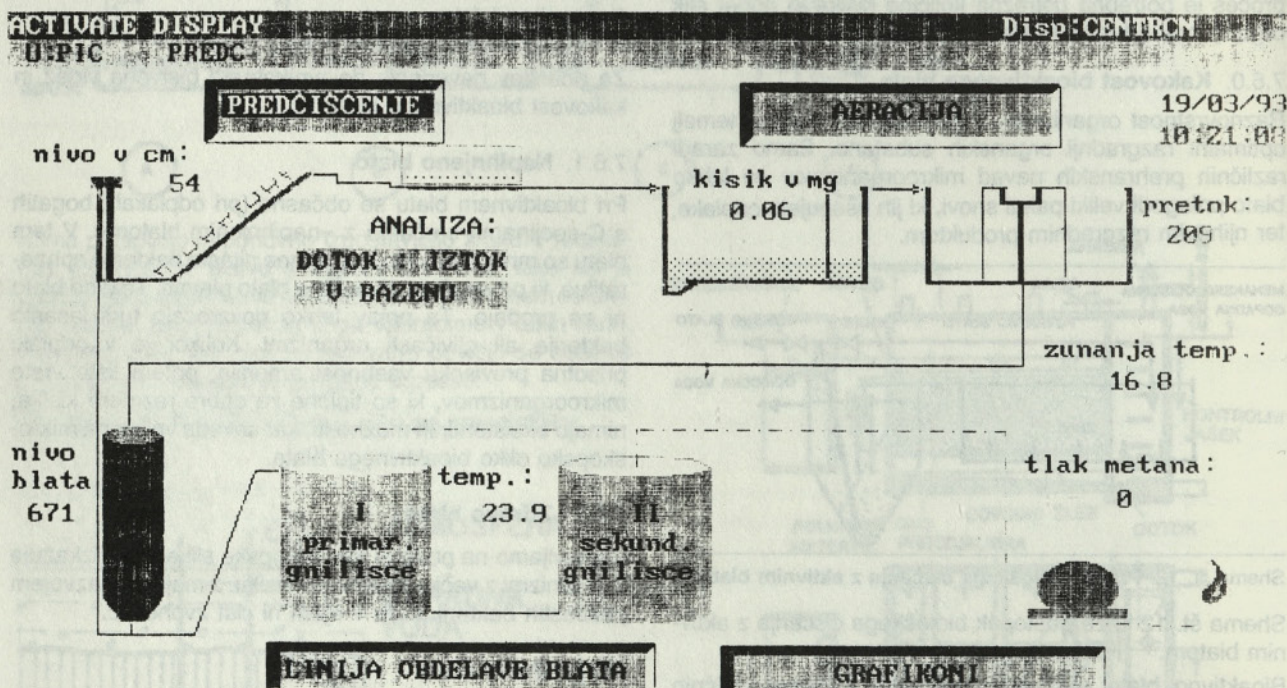
Shema št. 6 (23) prikazuje delovanje ČN v Šoštanju.

Slika št. 9: Velika čistilna naprava za čiščenje komunalnih odplak Velenja in Šoštanja

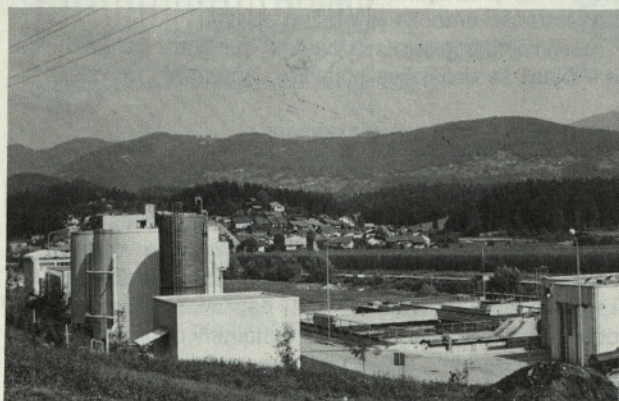
Procesi, ki potekajo v teh čistilnih napravah, so podobni tistim v naravnem odvodniku, samo da so bolj intenzivni. Na območjih, kjer bi bila izgradnja takih velikih sistemov predraga oziroma tam, kjer gre za posamezne hiše oziroma skupino hiš, se urejajo:

- greznice za suha stranišča z neprepustnimi stenami in dnom,
- nepretočne greznice za stranišča z vodnim odplakovanjem,
- pretočne greznice z odtokom.

Prvi dve skupini spadata v majhne čistilne naprave, pretočne greznice z odtokom pa v male čistilne naprave.



Shema št. 6. Prikaz čiščenja odplak na centralni čistilni napravi v Šoštanju



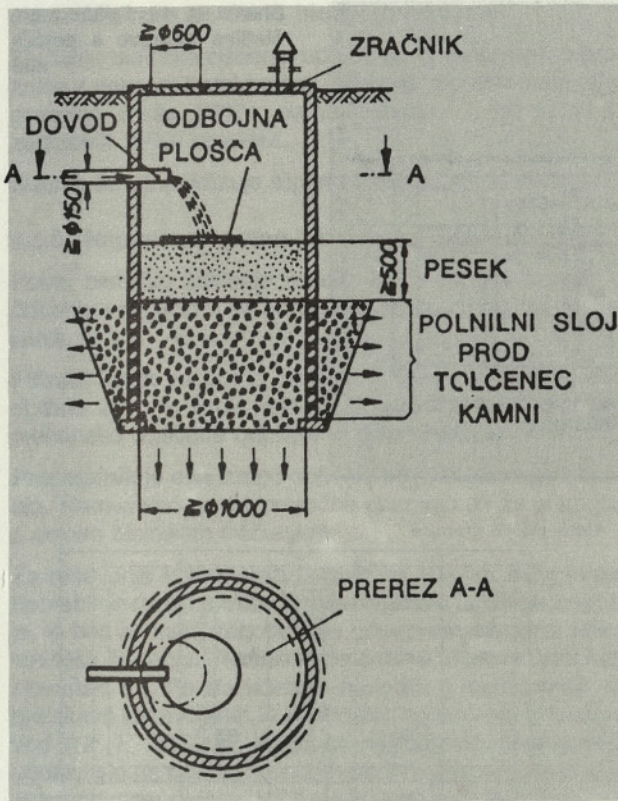
Slika 9. Centralna čistilna naprava Šaleške doline (mehansko čiščenje z delno biologijo)

Odtokov iz greznice ni dopustno odvajati v površinske vode, izjemoma s ponikovanjem v okoliško zemljišče.

Shema št. 14 kaže konstrukcijo ponikovalnice.

V zadnjem času se porajajo vse večji problemi, ko si krajanje izdelujejo skupni kanal in ga preusmerijo v male vodotoke ali celo speljejo v melioracijske jarke. Posledica tega je onesnaženje voda, kar zahteva izgradnjo malih čistilnih naprav za posamezno hišo, skupino hiš ali naselje. Stroka nam na tem področju ponuja več ali manj dobre rešitve.

Pri izbiri postopka je potrebno ugotoviti tako hidravlično kot organsko obremenitev. Če ne gre za večja odstopanja med obema, izbira postopka čiščenja ni problematična, s tem da je uporaba precejalnikov ali odprtih potopnikov zaradi padavin lahko vprašljiva. Kolikor gre za možnost



Shema št. 14. Konstrukcija ponikovalnice

hidravličnih ali organskih šokov, je pri napravi z lebdečim aktivnim blatom potrebno izvesti še mehansko čiščenje (emšarjev usedalnik) ali ustrezne velikosti pretočne greznice).

Bolj se priporočajo naprave s potopniki.

Shema št. 11 (1) kaže večjo napravo za čiščenje s potopniki.

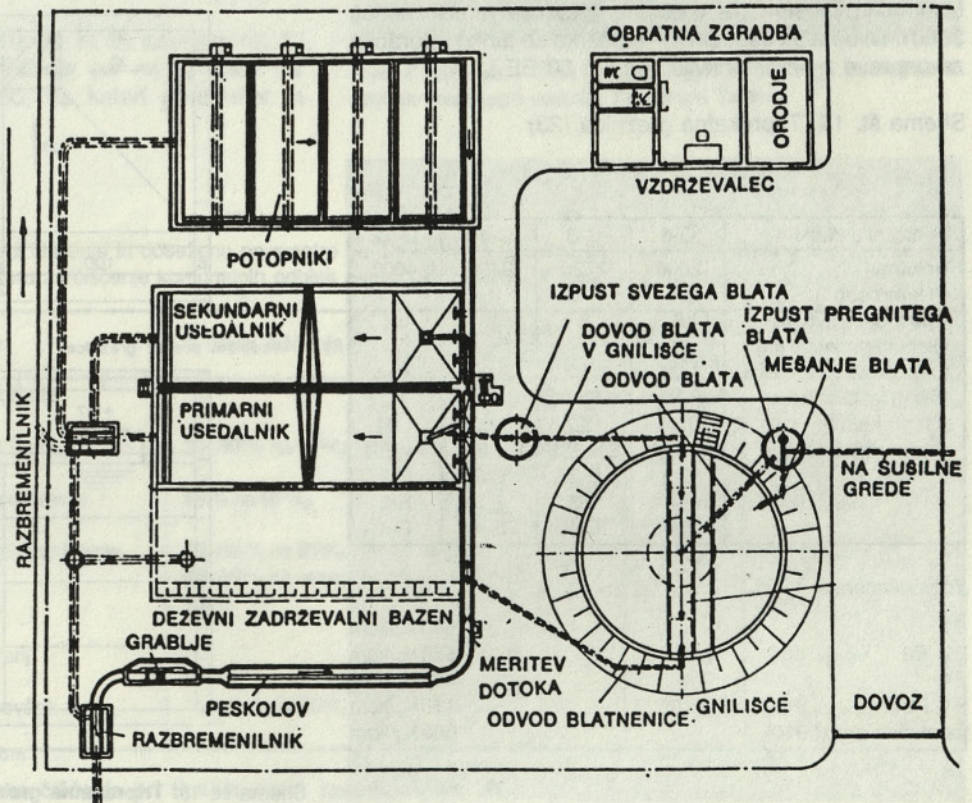
Shema št. 13 (26) kaže malo čistilno napravo s potopniki.

Vsekakor pa se pri teh napravah priporoča izravnalni bazen, tako da je možno kontinuirano doziranje odplak na napravo. Za srednje velike čistilne naprave od 500 EE dalje se priporočajo biološke naprave, ki so podaljšana stopnja aeracije do stopnje stabilizacije blata. Pri tem je potrebno zagotoviti izločanje grobih delcev (grablje, sita) ter ustrezno obdelavo blata.

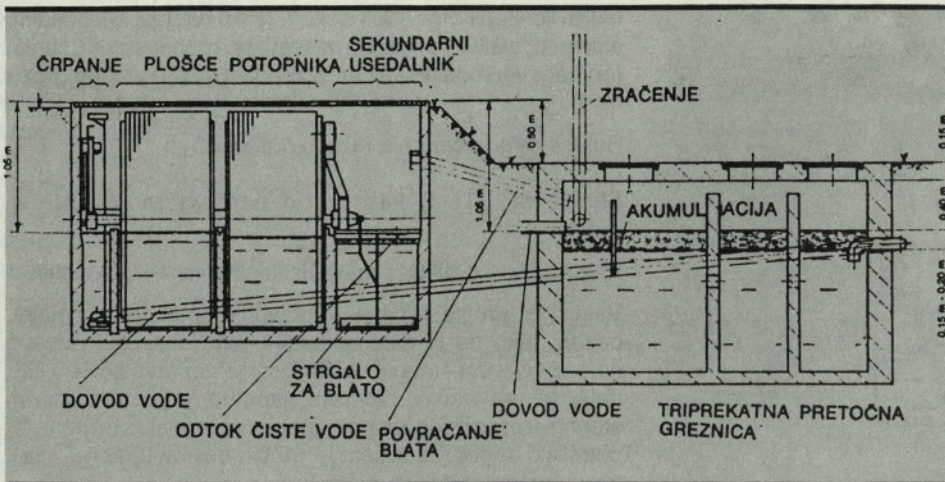
Te naprave je možno preurediti tako, da lahko zagotovimo nitrifikacijo-denitrifikacijo, z rastlinskimi gredami pa zagotovimo proces defosfatizacije.

Z malimi čistilnimi napravami se odpadne vode čistijo mehansko z delnim biološkim čiščenjem in s polnim biološkim čiščenjem.

Mehansko čiščenje se izvaja v večpreklatnih pretočnih greznicah, delno biološko čiščenje v večpreklatnih greznicah na anaerobni način, polno biološko čiščenje pa poteka v večpreklatnih greznicah z dodatnimi precejalniki in z uporabo biološke čistilne naprave z aktivnim blatom



Shema št. 11. Prikaz večje čistilne naprave s potopniki



Schema št. 13. Prikaz male čistilne naprave s potopniki

in stabilizacijo blata ali pa večprektnim greznicam priključimo še ponikovanje oziroma peščene filtre.

Večprekatne greznice

### 8.1.0. Naprave za mehansko čiščenje

Greznica mora imeti vsaj dve celici, od katerih znaša prostornina prve dve tretjini celotne prostornine. Greznico je treba prazniti enkrat v letu ali ko sta zapolnjeni dve tretjini uporabne prostornine. Ob praznjenju je treba pustiti šestino blata za cepitev svežega blata. Minimalna prostornina pretočne greznice mora znašati najmanj 300 l na ekološko enoto (EE).

Minimalna prostornina pretočne greznice mora znašati 3000 l. Dvoetažni usedalnik – emšerka se lahko uporablja za naprave z obremenitvijo več kot 50 EE.

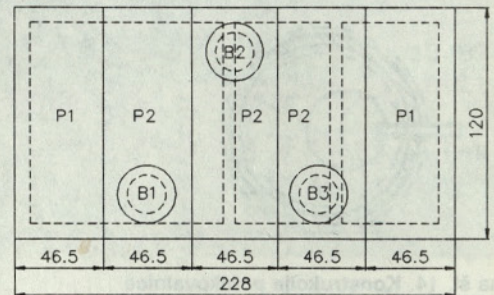
Schema št. 15: Triprekatna greznica (23)

Tehnični podatki	G-6	G-8	G-10	G-12
Volumen	2000	2720	3400	4000
Število oseb v gospodinjstvu	6	8	10	12
Globina greznice (m) (brez dna in pokrova)	1,34	1,67	2,00	2,34
Višina fekalne vode v 1. prekatu (m)	0,94	1,27	1,60	1,94
Sestavni elementi	1 × E1 E-2 E-3 E-4	2 × E-1 E-2 E-3 E-4	3 × E-1 E-2 E-3 E-4	4 × E-1 E-2 E-3 E-4

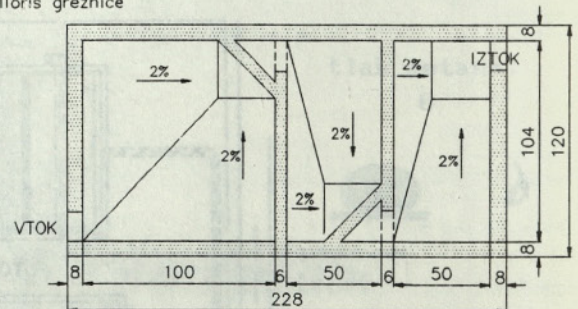
Teža elementov

E1	540 kg/kom
E2, E3	580 kg/kom
E4	435 kg/kom
P1, P2	135 kg/kom
montažno dno	600 kg/kom

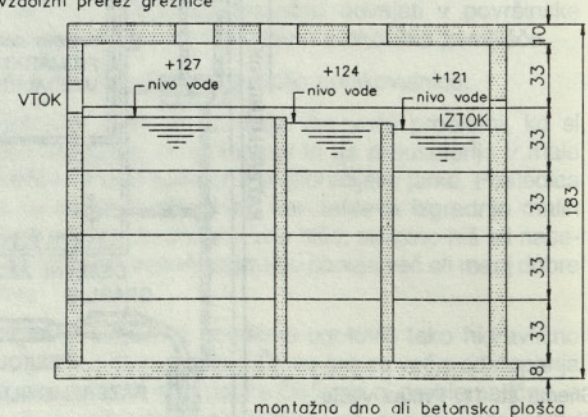
1. Tloris plošče greznice



2. Tloris greznice



3. Vzdolžni prerez greznice



Schema št. 15. Triprekatna greznica

### 8.2.0. Naprave za delno biološko čiščenje

Za delno biološko čiščenje uporabljamo večprekatne greznice z najmanj tremi prekati. Minimalna prostornina take greznice znaša 6000 l, na priključeno EE pa je treba zagotoviti 1500 l prostora.

Shema št. 15 prikazuje triprekatno greznico z iztokom.

### 8.3.0. Naprave za polno biološko čiščenje

Polno biološko čiščenje poteka tako, da predhodnemu čiščenju priključimo še ponikanje, filtrski pesek ali precejalnik.

**Filtrski jarek** za polno biološko čiščenje z maksimalno dolžino 30 m je širok najmanj 50 cm in nanj priključimo mehansko očiščene odplake in delno biološko.

**Precejalnik** je ena izmed oblik polnega biološkega čiščenja. Namestimo ga za pretočno greznico ali za greznico z delnim biološkim čiščenjem.

Za reševanje komunalnih odpadkov od 100 EE dalje lahko uporabimo različne male čistilne naprave tipskega značaja, ki bolj ali manj zagotavljajo ustreznost kazalcev učinkovitosti čiščenja. Takšne male čistilne naprave nudi tudi slovenski trg. Po strokovnem navodilu o metodologiji za preiskavo kakovostnih in količinskih sprememb odpadnih vod (Ur. l. SRS, št. 4/85) se kakovostne spremembe ugotavljajo na podlagi splošnih parametrov: vrednosti pH, suspendiranih delcev, KPK, BPK<sub>5</sub>, strupenostni test.

V Sloveniji je bilo v letu 1986 (Poročevalec za leto 1990) 119 komunalnih ČN, ki delno čistijo tudi industrijske odplake.

Od pregledanih ČN jih je delovalo le 30 zadovoljivo, 13 jih ni obratovalo, učinek čiščenja pa se je gibal od 24–98 % (seveda ni razvidno, na kateri parameter je

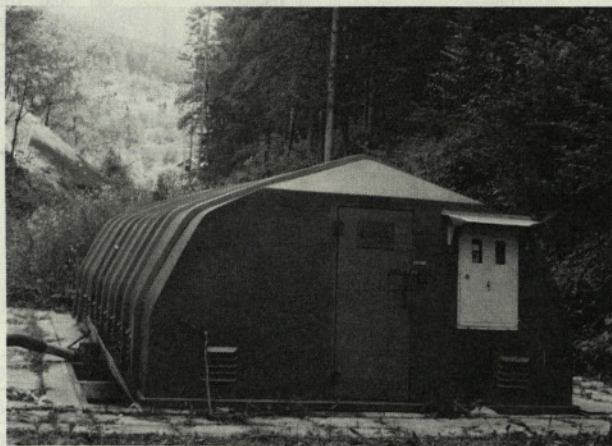
ocenjen rezultat; najbolj običajno je merjena učinkovitost ČN na BPK<sub>5</sub> in suspendirane delce).

Po podatkih pa je le 54 ČN zgrajenih z drugo, biološko stopnjo čiščenja komunalnih ali mešanih odpadnih vod.

V našem slovenskem prostoru je najbolj razširjena naprava biodisk TEH – projekt z Reke, ki pa žal dosega slabe rezultate čiščenja komunalnih odpadkov.

Iz preglednice je razvidno, da iz tehničnih informacij posameznih malih čistilnih naprav niso razvidni podatki za vse parametre po strokovnem navodilu o metodologiji (Ur. l. SRS, št. 4/85).

Maksimalne dopustne koncentracije navedenih parametrov so razvidne iz strokovnega navodila o tem, katere snovi se štejejo za nevarne in škodljive snovi in o dopustnih temperaturah vode (Ur. l. SRS, št. 18/85).



Slika 1. Biodisk – Teh. projekt Reka za čiščenje komunalnih odpadkov manjšega naselja Kavče pri Velenju

**Preglednica št. 10** kaže % učinka čiščenja in dosežene parametre po strokovnem navodilu za tipске male čistilne naprave, ki jih je možno najti na slovenskem prostoru za čiščenje komunalnih odpadkov (vendar le za BPK<sub>5</sub> in suspendirane delce).

Tip	Proizvajalec	% učink. čiščenja	Doseženi parametri po strokovnem navodilu			
			Ph	susp. delci	BPK <sub>5</sub>	KPK testi strupenosti
Bio-disk	TEH projekt Reka		6,5–9	20 mg/l	20 mg/l	ni podatkov
Bio-roll	TEH projekt Reka	30–50 % na BPK <sub>5</sub>	6,5–9	30 mg/l	20 mg/l	ni podatkov
Biotip	Jugoturbina Karlovac	90 % na BPK <sub>5</sub>	6,5–9	20 mg/l	20 mg/l	ni podatkov
Hidrodisk	Hidroinženiring Ljubljana	40–80 % na BPK <sub>5</sub> 40–80 % na neraztop. snovi	6,5–9	20 mg/l	20 mg/l	160 mg/l
Ehorol	Biotehna Kranj				20 mg/l	ni podatkov
Rastlin. ČN	prof. dr. Vrhovšek	70–80 % na BPK <sub>5</sub>	6,5–9		30 mg/l	za RČN 6 vsed 40–60 mg/l

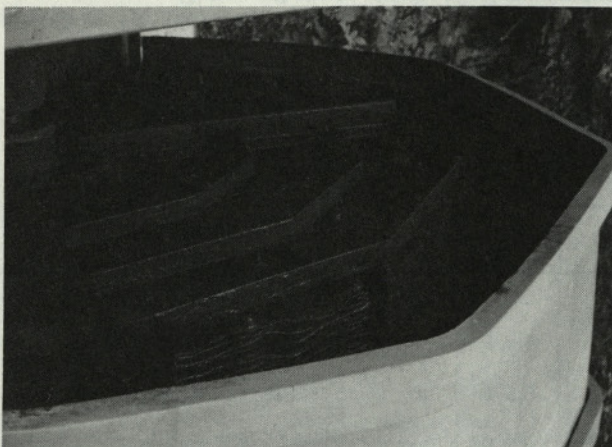
Preglednica 10. Prikaz % učinka čiščenja pri tipskih malih čistilnih napravah

Preglednica 6. Ostale tehnične informacije malih ČN

Tip	Obremenitev v EE	Hidravli. obrem. m <sup>3</sup> /dan	Biološ. obrem. kg/dan	Dolžina (m)	Širina (m)	Višina (m)	Poraba energije (kWh)	Zdržalni čas (h)
biodisk 10–1000 EE	10	1,8	0,68	3,28	1,53	1,47	1,08	
	200	36	13,6	6,25	4,24	4,7	4,9	
	500	90	34	11,55	4,25	4,7	9,6	
	1000	180	68	16,6	4,85	4,7	18	
bioroll 10–1000 EE	25	4,5	1,7	4,5	1,8	1,2	0,55	
	200	36	13,6	6,2	2,7	2,4	1,1	
	500	90	34	9,5	4	2,9	2,2	
	1000	180	68	13,2	4	2,9	2,2	
		m <sup>3</sup> /h						
biotip 50–2500 EE	50	0,75	30	4,0		2,5		
	200	3	12	5,5		4,0		
	500	7,5	30	5,63		6,5		
	1000	15	60	5,28		6,0		
	2500	37,5	150	9,23		10,0		
hidro-disk 60–600 EE	60	2001/EE/d	4,5				0,0106	9
	200	2501/EE/d	15,0				0,069	10
	500	3501/EE/d	37,5				0,029	12
	600	3001/EE/d	45,0				0,024	12
ekorol do 2000 E				ni podatkov				

**Biodisk – Teh. projekt Reka (25) slika št. 1**

Naprava je sestavljena iz primarnega in sekundarnega usedalnika, biološkega dela ter pogona. Odplake prihajajo direktno ali s pomočjo črpalke. Proces čiščenja poteka prek rotirajočih diskov, na katerih se nabira biološka ruša. Primarni usedalnik je pod biološko stopnjo, medtem ko je lamelni sekundarni usedalnik pred iztokom. S potapljanjem diska se mikroorganizmi izmenjajoče se oskrbujejo s hranili iz odplake in kisikom iz zraka, s pomočjo katerega se organska snov razkroji in vzdržuje aerobni proces.



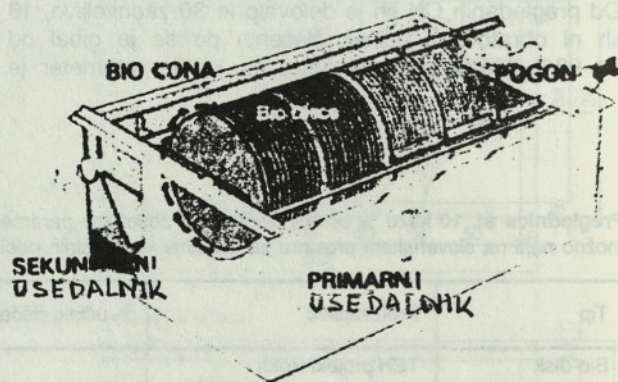
Slika 2. Rotirajoči disk, na katerem je naseljena biološka ruša

Višek biomase se s trenjem kot aktivni mulj odlušči z nosilnega sloja biomase in se useda v primarni bazen, preostanek potuje v sekundarni bazen.

Po podatkih je možno z muljem gnojiti zemljišča ob določenih pogojih ali ga nadalje obdelovati.

Naprava zahteva zelo dobro vzdrževanje, kar povzroča višje stroške, poraba električne energije je sorazmerno visoka (0,12 kWh/EE), vprašljivo je sprejemanje obremenitvenih šokov, ker naprava nima izravnalnega bazena. Lamelni sekundarni usedalnik nima priporočljivejše lijakeste oblike, vračanje odvečnega blata ni rešeno.

Shema št. 7 prikazuje osnovno shemo biodiska.



Shema št. 7. Osnovna shema biodiska

**Biotop – Jugoturbina Karlovac (24)**

Naprava je sestavljena iz bioaeracijskega bazena, sekundarnega naknadnega usedalnika, zračenja s komprimiranim zrakom, vračanja aktivnega mulja. Naprava rabi za izvajanje biološkega procesa, s pomočjo katerega se razgradijo organske snovi v postopku z aktivnim ogljem po daljšem aeracijskem času. Naprava je primerna za čiščenje odplak od 50–2500 EE. Poraba električne energije je sorazmerno majhna (0,09 kWh/EE). V procesu je ustrezno rešeno vprašanje vračanja odvečnega blata.

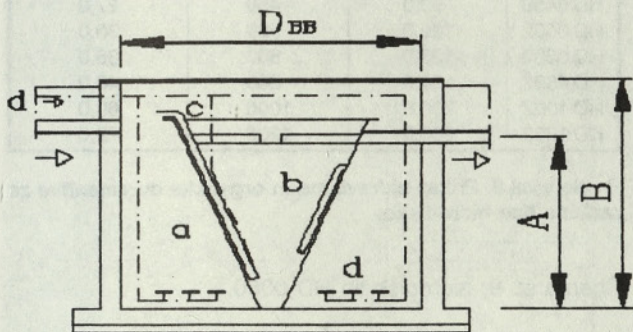


Sekundarni naknadni usedalnik ima lijakasto obliko, kar je zelo ugodno; naprave so enostopenjske biološke ČN, ki so sicer na liniji vode korektno dimenzionirane, puhala pa ne zagotavljajo zadostnega mešanja vsebine v aeracijskem bazenu (12). Obdelava stabiliziranega blata in vzdrževanje koncentracije aktivnega blata nista rešeni.

Preglednica št. 11 prikazuje biološko in hidravlično obremenitev v odvisnosti od števila EE za različne tipe biotopa.

Shema št. 8 prikazuje Jugoturbino malo čistilno napravo Biotop

a) bioaeracijski bazen, b) sekundarni usedalnik, c) vračanje aktivnega blata, d) aeracija s komprimiranim zrakom



Shema št. 8. Shematski prikaz biotopa Jugoturbina Karlovac

**Hidrodisk spiralnih biodiskov – Hidroinženiring Ljubljana (28)**

Proces biološkega čiščenja opravlja spiralni biodisk, ki je delno potopljen v odplako in je nosilec biološke ruše – mikroorganizmov, ki razkrajajo organske sestavine v odplaki.

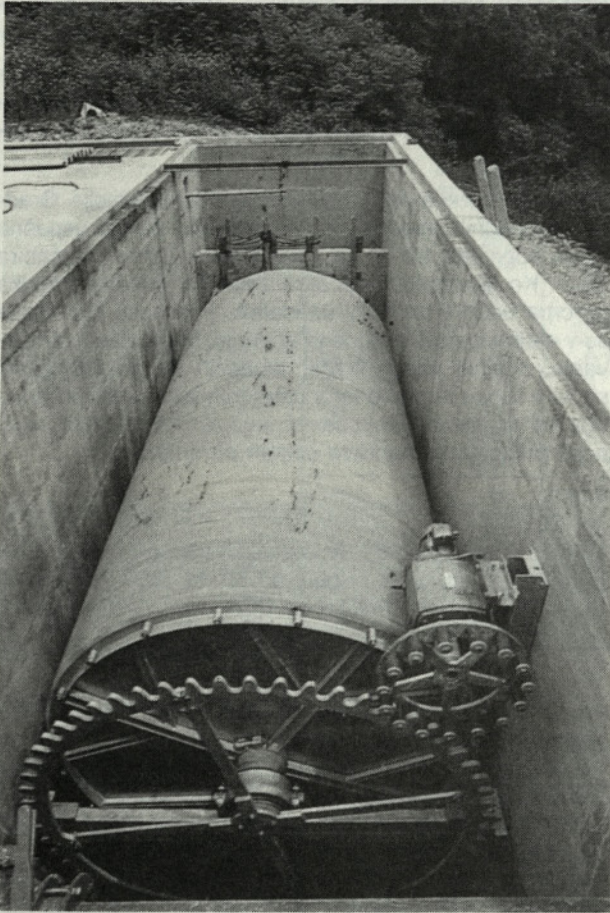
V procesu poteka delna nitrifikacija in denitrifikacija. Gradnja naknadnih usedalnikov ni potrebna zaradi uspešne vloge bobnastih filtrov, na katerih zunanji strani se nabira blato. Ko se prepustnost filtra zmanjša, sesalna črpalka prečrpa blato v primarni usedalnik. Prednosti hidrodiska so v majhni porabi električne energije, preprostem vzdrževanju, majhni koncentraciji lebdečih in neraztopljenih snovi v iztoku naprave ter v ustreznih vrednostih parametrov kakovosti, vračanju odvečnega aktivnega blata, možnosti prilagajanja naprave šokom obremenitve.

Priporoča se izgradnja zadrževalnih bazenov. Naprava je primerna za čiščenje odplak od 60 do 1200 EE. Poraba el. energije ca. 0,106 kWh na EE.

Preglednica št. 7 prikazuje osnovne značilnosti hidrodisk spiralnih diskov

		HD 0060	HD 0100	HD 0150	HD 0200	HD 0250	HD 0300	HD 0400	HD 0500	HD 0600
1. Vhodni podatki	Največja obremenitev:									
	– v ekvivalentih	60	100	150	200	250	300	400	500	600
	– v kg BPK <sub>5</sub> /d	4,5	7,5	11,2	15	18,8	22,5	30	37,5	45
	– hidravlična v l/EE × dan	200	200	250	250	300	250	300	350	300
	– hidravlična v m <sup>3</sup> /dan	12	20	37,5	50	75	75	240	350	360
	– zadrževalni čas v h	9	10	10	10	10	10	12	12	12
2. Predhodno mehansko čiščenje	prostornina prim. usedal. v m <sup>3</sup>	2,4	4	5,6	7,5	11,3	11,3	15	21,9	22,5
	prostornina gnilišča v m <sup>3</sup>	6,0	10	18,75	25	31	37,5	50	62,5	75
	zadrževalni čas v h			1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
3. Vezna cev	premer cevi v mm	100	100	150	150	150	150	150	150	150
4. Izravnalni bazen	prostornina v m <sup>3</sup>	2,4	3,8	2,8	4	4	5,5			
5. Spiralni biodisk	površina diskov v m <sup>2</sup>	240	360	480	630	780	940	1260	1570	1880
	spec. obrem. površine v g BPK <sub>5</sub> /m <sup>2</sup> × d	12,5	14	15,5	16	16	16	16	16	16
	obremenitev v kg BPK <sub>5</sub> /dan	3	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30
	moč motorja gonila v kW	0,25	0,25	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55	0,55
6. Bobnasti filter s sistemom za recirkuliranje	površina filtra v m <sup>2</sup>	0,38	0,38	0,58	0,78	1,17	1,17	1,56	2,34	2,34
	maksimalni pretok skozi filter v l/s	1,33	1,33	2,03	2,73	4,1	4,1	5,46	8,2	8,2
	moč motorja črpalke za odvišno blato v kW	0,25	0,25	0,55	0,55	0,55	0,55	0,75	0,75	0,75
	moč motorja črpalke za recirkulacijo v kW							0,75	0,75	0,75
	letna potrošnja energije v kWh/leto	2300	2400	5000	5000	5000	5000	5200	5200	5200
	teža spiralnega diska brez korita	700	750	1300	1500	1750	2000	2100	2200	2350
	teža skupaj s koritom iz jeklene pločevine	1600	1700	3400	3800	4200	4600	4600	5200	5700

Preglednica 7. Osnovne značilnosti hidrodisk spiralnih diskov



Slika 3. Element hidrodiska z redukcijskim pogonom (0,55 do 0,75 kW)

Preglednica št. 8 podaja prikaz hidravlične in organske obremenitve za različne tipe hidrodiskov.

Tip	Hidravlična obremenitev $Q_d = m^3/dan$	Število prebivalcev ali ekvivalentnih enot EE	Organska obremenitev $B_d = kg\ BPK_g/dan$
HD 0060	12,0	60	3,6
HD 0100	20,0	100	6,0
HD 0150	30,0	150	9,0
HD 0200	40,0	200	12,0
HD 0250	50,0	250	15,0
HD 0300	60,0	300	18,0
HD 0350	70,0	350	21,0
HD 0400	80,0	400	24,0
HD 0450	90,0	450	27,0
HD 0502	100,0	500	30,0
HD 0602	120,0	600	36,0
HD 0802	160,0	800	48,0
HD 1002	200,0	1000	60,0
HD 1202	250,0	1200	72,0

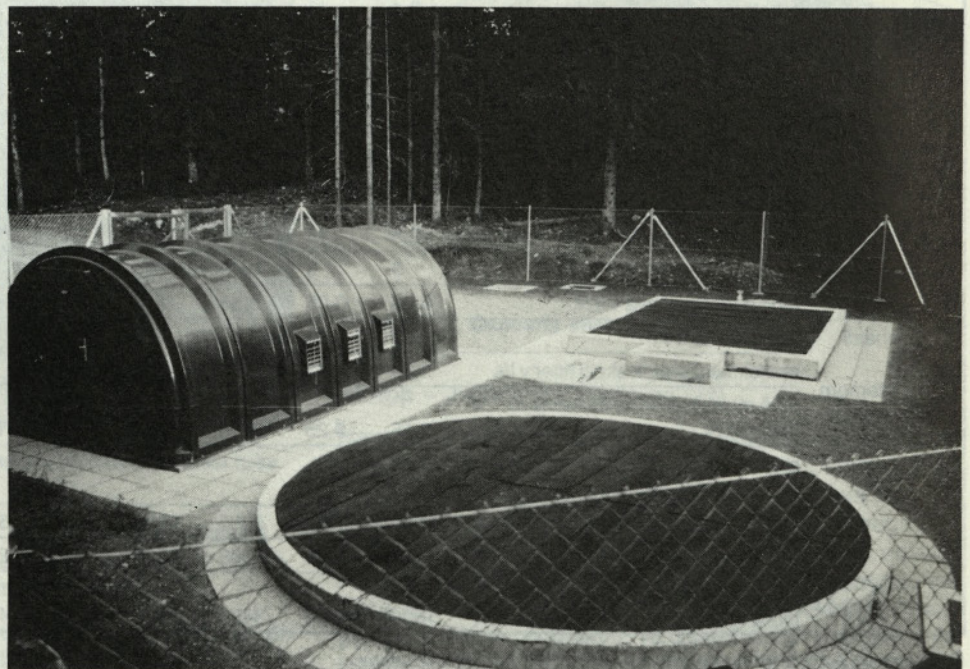
Preglednica 8. Prikaz hidravlične in organske obremenitve za različne tipe hidrodiskov

Shema št. 9: hidrodisk tip HD 0060.

#### Ekorol – Biotehna Kranj (27)

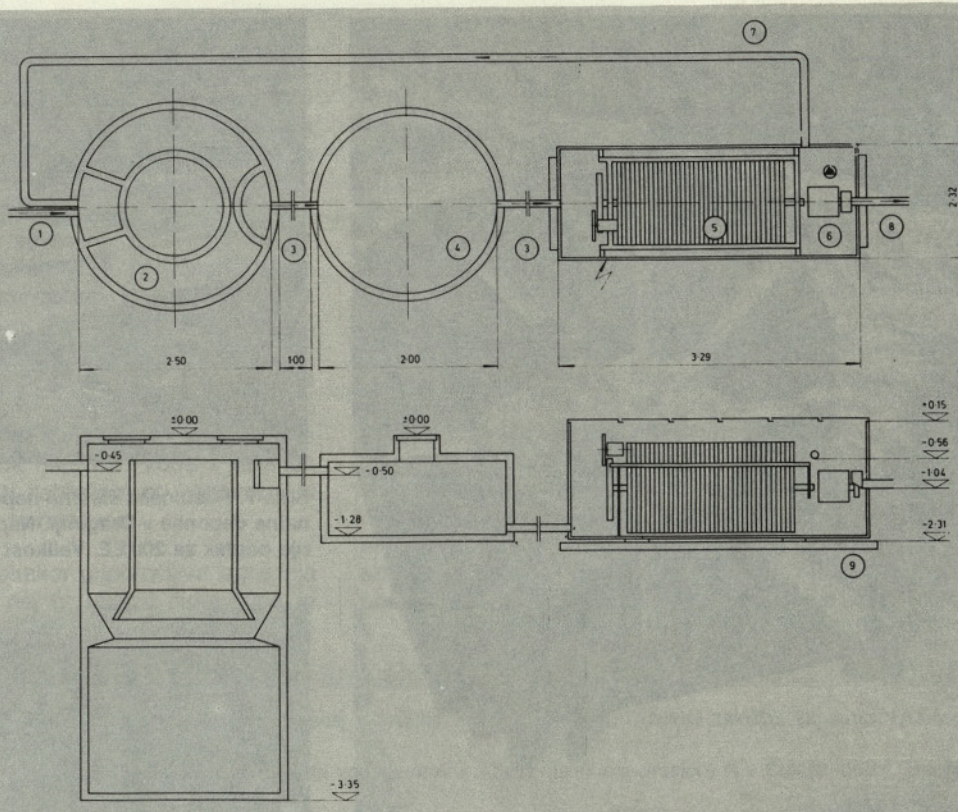
Ekorol čistilne naprave so namenjene čiščenju komunalnih odpadkov za naselja do 2000 EE in se šele v zadnjem obdobju uspešno prebijajo v slovenskem prostoru. Proces čiščenja vključuje naslednje faze:

- mehansko čiščenje z Emšerjevimi usedalniki, ki zagotavljajo ustrezno usedanje,
- biološko čiščenje preko čistilnega valja,
- naknadno usedanje v vertikalnem usedalniku.



Slika 5. Čistilna biološka naprava ekorol Biotehna Kranj

Shema št. 9. Prikaz izvedbe hidrodiska za 60 EE



Čistilne naprave ekorol se uvrščajo med naprave s fiksirano biomaso. Tem rešitvam s fiksnim nosilcem aktivnega blata se zlasti nagibajo vodilni strokovnjaki iz skandinavskih dežel. Pomeni pa, da so mikroorganizmi, ki čistijo odpadno vodo, pritrjeni na nosilcu in niso razpršeni v odplaki, kar ima za posledico:

- ni potrebno spremljati in uravnavati koncentracije aktivnega blata,
- ob obremenitvenih šokih ne pride do odnašanja biološke ruše iz sistema,
- pritrjena biomasa doseže večje odstiranje, kar pomeni, da so ustvarjeni pogoji za nitrifikacijo.

Ekorol naprave omogočajo aerobne procese. Zadovoljiva količina kisika je zagotovljena z vrtenjem čistilnega valja (slika št. 6). Poraba električne energije je nekajkrat nižja, kot bi jo potrebovali za pogon kompresorja na čistilni napravi z vpihovanjem zraka.

Ko biološka ruša doseže določeno debelino, se odluči s plošč in skupaj s prečiščeno vodo odteka v zaključni usedalnik, kjer se usede v konus usedalnika.

S korčno črpalko prečrpami biološki mulj se dovaja na dotok v Emšerjev usedalnik, kjer skupaj s primarnim muljem pregnije v komori za mulj.

Diagram št. 1 prikazuje uspešnost čiščenja glede na parameter  $BPK_5$ .

Diagram št. 1. Učinki čiščenja glede na parameter  $BPK_5$  z ekorolom Biotehna Kranj

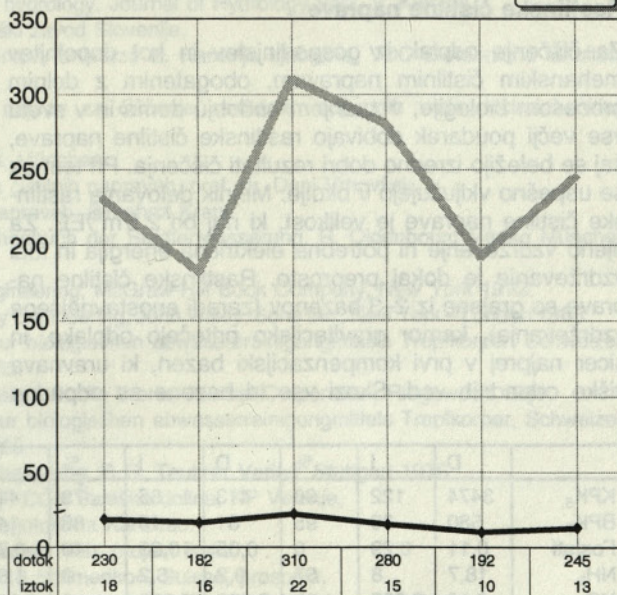
## EKOROL-300

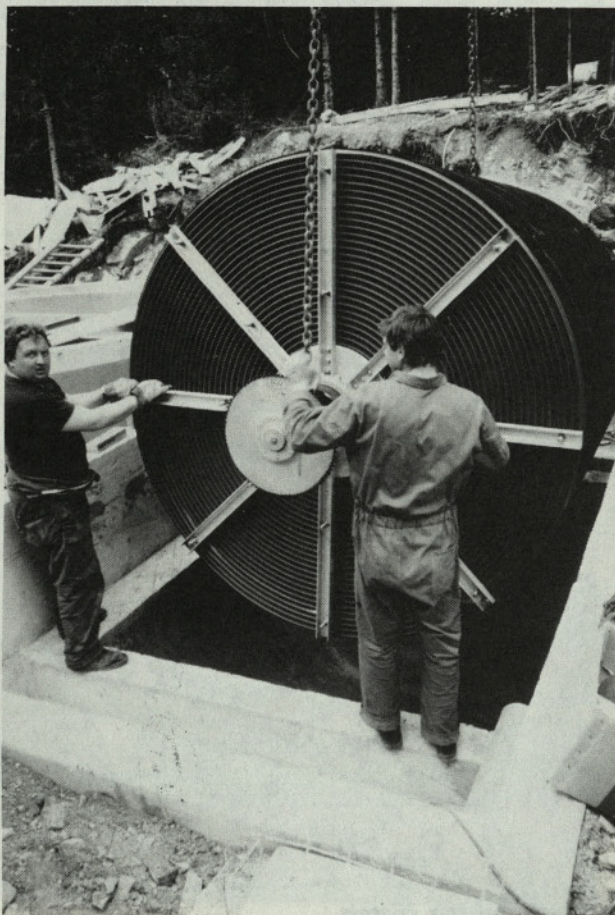
prikaz efektov čiščenja

spremljani parameter:  $BPK_5$

izvedba meritev: ITVO Inštitut za tehnologijo varstva okolja, Kranj

■ dotok  
 ▲ iztok

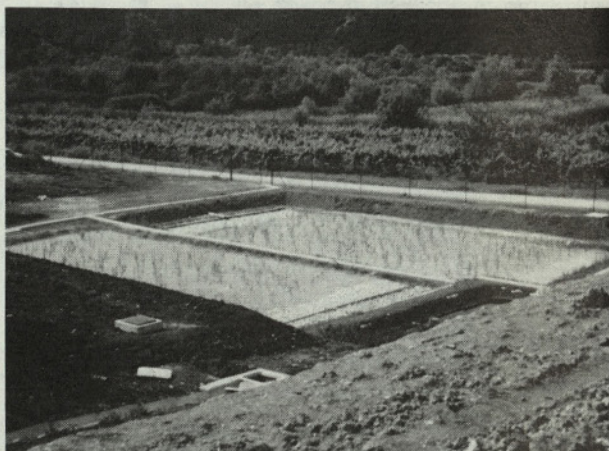




Slika 6. Čistilni valj ekorol Biotehna Kranj

### Rastlinske čistilne naprave

Za čiščenje odplak iz gospodinjstev in kot dopolnitev mehanskim čistilnim napravam, obogatenim z delnim procesom biologije, v zadnjem obdobju doma in v svetu vse večji poudarek dobivajo rastlinske čistilne naprave, saj se beležijo izredno dobri rezultati čiščenja. Pri tem pa se uspešno vključujejo v okolje. Mejniki delovanja rastlinske čistilne naprave je velikost, ki naj bo  $2,5 \text{ m}^2/\text{EE}$ . Za njeno vzdrževanje ni potrebna električna energija in tudi vzdrževanje je dokaj preprosto. Rastlinske čistilne naprave so grajene iz 2–3 bazenov (zaradi enostavnejšega vzdrževanja), kamor gravitacijsko pritečejo odplake, in sicer najprej v prvi kompenzacijski bazen, ki uravnava viške odpadnih vod. Skozi vse tri bazene se odpadne

Slika 7. Rastlinska čistilna naprava za izcedne vode iz komunalne deponije v Dragonji. Naprava je konstruirana za čiščenje odplak za 200 EE. Velikost:  $460 \text{ m}^2$ Slika 8. RČN v Ajdovščini zavzema  $147 \text{ m}^2$  površine in čisti odplake za 100 EE

vode očistijo in take gredo v vodotok. Princip delovanja naprave je v mikroorganizmih v substratu, ki je mešanica zemlje, mivke in šote. Rastline prispevajo v substrat kisik skozi listje, stebela in korenine. V okolju potekajo aerobni in anaerobni procesi, s pomočjo katerih se voda očisti.

Pomanjkljivost sistema je v tem, da se kompenzacijski bazen rad zamaši, kar pomeni, da je potrebno del substrata menjati. Neugodno za sistem je tudi nujnost po večji površini in slabša učinkovitost procesa v zimskem obdobju.

Sliki 7 in 8 prikazujeta rastlinski čistilni napravi v Dragonji in Ajdovščini.

Preglednica št. 9 prikazuje rezultat meritev parametrov  $\text{KPK}_5$ ,  $\text{BPK}_5$ , fosfati,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{NO}_2$  in  $\text{NO}_3$  v iztoku rastlinske čistilne naprave v Dragonji.

	D	I	%	D	I	%	D	I	%	D	I	%	D	I	%
$\text{KPK}_5$	3474	122	96	413	85	79	413	113	73	84	126	0	330	37	89
$\text{BPK}_5$	580	30	95	81	10	88	148	6	96	30	6	80	155	8	95
Fosfati	0,11	0,29	0	0,05	0,03	40	0,74	0,11	85	0,08	0,06	25	0,11	PMD	100
$\text{NH}_3$	18,7	8	57	0,2	6,2	0	1,85	1,06	43	0,48	0,14	71	0,32	0,09	72
$\text{NO}_2$	0,16	0,005	97	0,005	0,006	0	0,005	0,003	40	0,09	0,003	97	0,005	0,003	40
$\text{NO}_3$	1,7	0,0007	100	0,007	0,009	0	PMD	0,0007	0	0,53	0,011	98	0,03	0,01	67

Preglednica 9. Pregled rezultatov analih izcednih vod RČN v Dragonji

## SKLEP

Dosedanja spoznanja pri malih bioloških čistilnih napravah so pokazala, da gre za dve različni dovajanji kisika biomasi. Pri prvem načinu se kisik dovaja prek površinskih prezračeval ali z vpihovanjem. Biomasa ali biološka ruša, ki razgrajuje organske snovi v odplakah, lebdi v odplaki kot aktivno blato. Ti sistemi so občutljivi za organske in hidravlične obremenitve, medtem ko je poraba električne energije velika. Pri drugem načinu se biološka ruša (mikroorganizmi) nabira na podlagi, ki se vrti tako, da prihaja občasno iz vode in s tem v stik z zrakom (kisikom). To je primer pri biodisku. Ko postane plast biološke ruše tako debela, da difuzija kisika v spodnje plasti ni več možna, se plast biomase trga z nosilca in voda kosme biološke ruše odplavi v iztok naprave. Voda s takšnim odvečnim blatom ne zadosti zahtevam po kakovosti, ki so predpisane z zakonskim normativom.

Pri vseh teh sistemih je vsekakor priporočljiva izgradnja zadrževalnega bazena, ki naj bi ublažil hidravlične in

organske obremenitvene sunke.

Te pomanjkljivosti odpravlja hidrodisk.

In končno še tretji sistem, kjer je biološka ruša fiksirana. Prednosti procesa so obrazložene pri biološki čistilni napravi ekorol Biotehna Kranj.

Vsa v uvodu tega sestavka navedena dejstva nas vodijo k edinemu spoznanju, da je potrebno nemudoma začeti z reševanjem onesnaženosti malih vodotokov oziroma z njihovim varovanjem tam, kjer še niso onesnaženi. Glavni problem pri tem je še nadaljnje osveščanje ljudi, saj se ocenjuje, da nam stroka ponuja več možnih rešitev v malih bioloških čistilnih napravah. Izbira ene ali druge čistilne naprave naj bo odvisna od mnenja neodvisne strokovne institucije, ki bi objektivno ocenila prednosti ene ali druge. Opozoriti je potrebno, da se v dosedanem reševanju zadevne problematike močno čuti nestrokovnost investitorjev, ki jim je osnovno merilo pri izbiri cena in zadostitev zakonskim zahtevam po obstoju ČN. Zato se priporoča, naj bo izbira ustrezne rešitve za vsak posamezen primer strokovno podkrepljena in utemeljena.

## LITERATURA

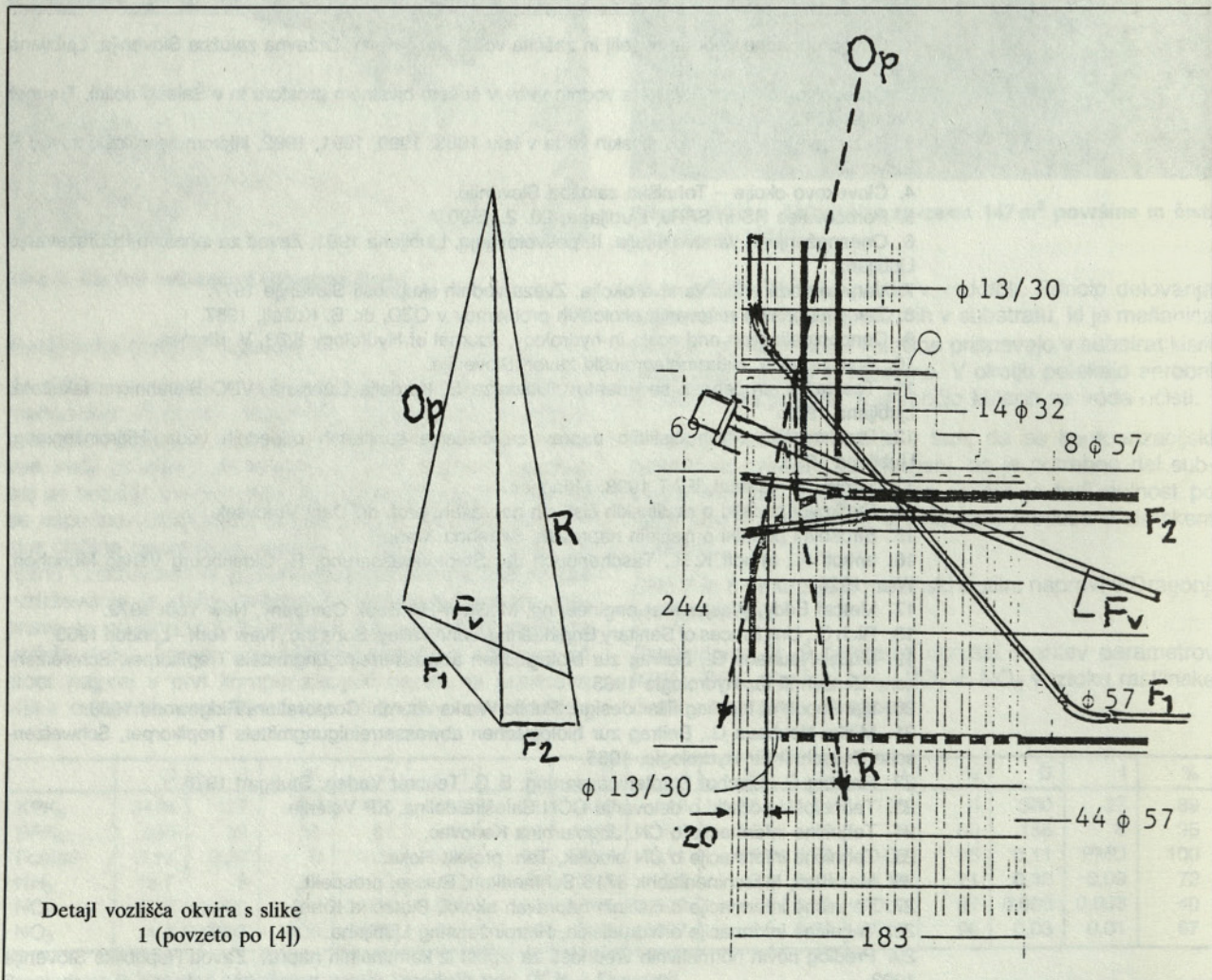
1. Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda, Jože Kolar, Državna založba Slovenije, Ljubljana 1983.
2. Opredelitev okolja in kvaliteta vodnih virov v širšem bivalnem prostoru in v Šaleški dolini, Trauner Amalija, 1992.
3. Raziskave kakovosti površinskih voda v letu 1989, 1990, 1991, 1992, Hidrometeorološki zavod R Slovenije.
4. Človekovo okolje – Tehniška založba Slovenije.
5. Poročevalec RS in SFRJ, Ljubljana, 20. 2. 1990.
6. Onesnaženje in varstvo okolja, II. posvetovanje, Ljubljana 1991, Zavod za tehnično izobraževanje Ljubljana.
7. Varstvo voda v luči varstva okolja, Zveza vodnih skupnosti Slovenije 1977.
8. Temeljni pristop reševanja ekoloških problemov v OZD, dr. B. Koželj, 1987.
9. Conceptualization and scale in hydrology, Journal of Hydrology 8/83, V. Klemeš.
10. Analize vode, Hidrometeorološki zavod Slovenije.
11. Testiranje strupenosti sedimentov, Univerza E. Kardelja Ljubljana, VDO Biotehnična fakulteta, Ljubljana 1985.
12. Problematika malih čistilnih naprav za čiščenje sanitarnih odpadnih voda, Hidroinženiring, Ljubljana 1993.
13. Strokovni material, IFAT 1993, München.
14. Strokovni podatki o rastlinskih čistilnih napravah, prof. dr. Dani Vrhovšek.
15. Strokovni podatki o čistilnih napravah, Biotehna Kranj.
16. Imhoff K., Imhoff K.R., Taschenbuch der Stattenwasserung, R. Oldenbourg Verlag München, Wien 1976.
17. Metcaf Eddy, Wastewater engineering, McGraw-Hill Book Company, New York 1972.
18. Rich G., Unit Proces of Sanitary Engineering, John Willey, Sons Inc., New York – London 1963.
19. Müller-Neuhaus G., Beitrag zur biologischen abwasserreinigungsmittels Tropfkorper, Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie 1965.
20. Handbook of trickling filter design, Public Works Journal Corporation, Ridgewood 1968.
21. Müller-Neuhaus G., Beitrag zur biologischen abwasserreinigungsmittels Tropfkorper, Schweizerische Zeitschrift für Hydrologie, 1965.
22. Hosang G., Bischof Stattenwasserung, B. G. Teubner Verlag, Stuttgart 1976.
23. Tehnološki podatki o delovanju ČČN Šaleška dolina, KP Velenje.
24. Tehnične informacije o ČN, Jugoturbina Karlovac.
25. Tehnične informacije o ČN biodisk, Teh. projekt Reka.
26. Mecansa, Maschinenfabrik 8716 Schmerikon, Suisse, prospekt.
27. Tehnične informacije o čistilnih napravah ekorol, Biotehna Kranj.
28. Tehnične informacije o hidrodiskih, Hidroinženiring Ljubljana.
29. Predlog novih normativnih vrednosti za izpust iz komunalnih naprav, Zavod Republike Slovenije 1993.

# IZREDNE OBTEŽBE (POTRES, SNEG) ODKRIVAJO NAPAKE KONSTRUKCIJ

UDK 624.21:625.745.1:624.046

SVETKO LAPAJNE

Ta članek predstavlja dopolnilo članka avtorjev: Fischinger, Fajfar, Bevc, z naslovom: Poškodbe konstrukcij mostov med potresi. Objavljen je bil v GV 1991, št. 3-6, str. 146. Gre za vzroke rušenja mostu Cypress v Kaliforniji. Na podlagi podatkov v tem članku, pripadajočih risb detajla in oblike rušenja, sem pri predpostavki obtežbe nosilca 30 t/m izvršil statično oceno notranjih sil in prišel do naslednjega sklepa:



Detajl vozlišča okvira s slike  
1 (povzeto po [4])

Detajlni projekt stika spodnjega nosilca z nadgrajenim stebrom in predvidenim elastičnim tečajem je napačen in ne nudi predpisane normalne varnosti niti za normalno obtežbo brez potresa. Potek tlačne opornice (v skici označene z Op) v velikosti okrog 300 t je poševen in se usmerja proti zunanji površini stebra. V kritičnem prerezu, kjer naj bi ga vodoravna vez od negativne armature spodnjega nosilca usmerila nazaj v notranjost betona, je opornica le še okrog 20 cm oddaljena od zunanje površine. To pa je za sidranje natezних vezi sile okrog 110 t res prekratka razdalja.

Pravilna rešitev v ohlapni armaturi bi zahtevala za okrog 100 t varne nosilnosti diagonalne armature  $F_1$  in še vodoravno vez v zgornji površini spodnjega nosilca za silo  $F_2$  okrog 50 t. V tem primeru bi morali izvesti kratko sidranje sile  $F_2$  na dolžino samo 40 cm vključno kritje betona. Način kratkega sidranja ohlapne armature je opisan v GV 1973, št. 11, str. 277–284 avtorja članka. Idealno rešitev kot nadomestilo ohlapne armature  $F_1$  in  $F_2$  bi predstavljali prednapeti kabli  $F_v$ , ki bi imeli svoja sidrišča zunaj betonske površine – kot okras. Skupna potrebna sila v kablji  $F_v$  bi znašala okrog 120 t. Tudi bi bilo bolje opustiti elastični tečaj in predvideti polno armiranobetonski steber po celi višini z ustrezno ohlapno armaturo. Sidranje spodnje armature zgornjega nosilca je kratko, za  $\varnothing 57$  dolžine 110 cm, to je 19  $\varnothing$ . To dopušča za rebrasto jeklo varno obremenitev do 120 N/mm<sup>2</sup>. Rebrasta armatura v prerezu ob stebru ne more biti polno izkoriščena, ker se prej izpuli iz betona.

Ob potresnih sunkih in od potresa izsiljenih deformacijah je negativni napetostni moment v zgornjem vozlišču spremenil predznak – v + ter povzročil izpuljenje spodnje armature gornjega nosilca. V spodnjem vozlišču je pri tem opornico vrglo iz betona ven. Oboje je razvidno iz skice rušenja. Potres nam je torej pokazal napake v konstrukcijskih detajlih, na žalost tudi z velikim številom človeških žrtev v vozilih.

V letu 1952 (v februarju) je v Ljubljani padlo 250 kg/m<sup>2</sup> snega namesto predpisanih 75 kg/m<sup>2</sup>. Z lastno težo lesenih ostrešij je znašala dejanska obremenitev 310 kg/m<sup>2</sup>. Kolikor mi je znano, se je tedaj zrušilo 7 lesenih paličnih ostrešij. Pri vseh so bile ugotovljene napake, zaradi katerih te strehe tudi pri predpisani obtežbi niso izkazovale zadostne varnosti, vsaj v detajlih, ki so odpovedali, ne. Posebno slabo so se obnesli iz desk žebliani palični nosilci. Deske imajo namreč večjo disperzijo trdnosti vzorcev zaradi tanke debeline, rezanja vlaken in grč. Ob zabitih žebli se pri sušenju pojavljajo razpoke, rane v lesu. Nasprotno, vsa ostrešja, ki so bila pravilno konstruirana in solidno izvedena, so uspešno zdržala 2,3-kratno obremenitev, čeprav so se šibila.

## RAZVOJ TEHNIČNE REGULATIVE NA IZHODIŠČIH NAVODILA O GRADBENIH IZDELKIH\*

UDK 624+006(4)

EDO PREVC

\* Povzetek poročila g. Karla Heinza Zachmanna, vodje referata za gradbeništvo pri Komisiji evropske skupnosti

\*\* Navodilo sveta ES za uskladitev pravnih in tehničnih predpisov držav članic o gradbenih izdelkih (89/106/EWG)

Gradbeništvo (gradnje s pripadajočimi izdelki) kot pomembnejši sektor gospodarstva je pospešeno vključeno v evropski integracijski proces. Danes obstoji že več kot 50 pravnih aktov skupnosti oz. iniciativ skupnosti, ki se neposredno ali posredno nanašajo na gradbeništvo in jih nihče ne bo mogel obiti. Med temi akti posebej izstopajo navodila ES o gradbenih izdelkih (GI)\*\*, ki obravnavajo gradbene izvedbe in se neposredno nanašajo na proizvajalce gradbenih materialov in gradbenih izdelkov.

Povod za nastanek navodil GI je v sklepih Bele knjige ES (objavljena 7. 5. 1985), kjer so navedeni principi tehnične uskladitve in potreba formuliranja obveznih nujnih zahtev s področja varnosti, zdravja, zaščite okolja idr. Konkretno to pomeni, da se navedene zahteve objavijo v usklajenih evropskih standardih (EN) in da neovrgljivo zagotovi ustreznost izdelkov proizvajalec oz. vsakdo, ki se vključi v tržni promet evropske skupnosti s tem, da doseže vzajemno priznanje vseh preizkusov, kontrol in potrditev ustreznosti, ki seveda vsebujejo zaščitno klavzulo pri upravičenem izražanju dvomov.

Prav dve leti po predložitvi predloga navodila GI, izdelanega po gornjih smernicah, je z njim soglašal Evropski parlament (21. 12. 1988), še istega meseca so ga notificirale države članice z navedbo, da ga moramo implementirati v 30 mesecih. Do tega roka je izpolnilo svojo obveznost le nekaj držav članic, medtem ko so preostale države zaprosile za dodatni prehodni čas nekaj mesecev prek 27. junija 1991. Vzrok za počasno implementacijo je zahtevno gradivo in dejstvo, da morajo mnoge članice sprejeti dokument v svojem parlamentu. Po zadnjih podatkih so te države že opravile tudi pravno proceduro do najvišje instance, kjer mora dokument GI končno preiti le še manj zahteven postopek o oškodovanju pogodbe. K pospešitvi sprejemanja je prispevala tudi komisija ES, še posebno njen podpredsednik g. Bangemann.

#### PODROČJE UPORABE IN SPREMLJEVALNI PAPIR

Navodilo GI obsega v primerjavi z drugimi navodili zelo široko uporabno področje, za katerega so odrejeni usklajeni tehnični in pravni predpisi. Kot gradbeni izdelek velja vsak izdelek, ki je izdelan in trajno vgrajen v gradbeno telo v visoki ali nizki gradnji. Sem sodijo tudi vsi lesni izdelki, namenjeni vgradnji. Gradbeni izdelki predstavljajo okrog 1/3 skupnega gradbenega trga, leta 1992 ocenjeno na okrog 50 milijard ECU.

Ker so se pojavljale nejasnosti, kako navodilo GI konkretno uporabljati v praksi, je kasneje izšel še spremljevalni dokument za interno uporabo. Dokument vsebuje nekaj kriterijev za presojo, kar omogoča in olajša najti odgovore pri konkretnih vprašanjih. Pokazalo se je, da je bil nastanek tega dokumenta, ki so ga sestavili predstavniki članic držav, z razumevanjem sprejet v praksi. Dokument pa ne nadomešča navodila GI, saj nima pravnega pomena ter zgolj pojasnjuje določila navodila pri konkretni uporabi. Postavlja se tudi širše vprašanje, ali ni navodilo, ki sicer zajema obvezno upoštevanje vseh bistvenih zahtev, pri gradbenih izdelkih omejila uskladitve ostalih tehničnih določil. Ta problem se je še posebej izpostavil v zvezi z veljavnim področjem za označevanje izdelkov z evropskim znakom CE. V nadaljevanju pojasnjujemo ta vprašanja.

#### INTERPRETATIVNI DOKUMENTI ODBORA ZA GRADBENIŠTVO

Na podlagi dosedanjih spoznanj se je izkazalo, da uporaba in uvajanje navodila GI ni nikakršno enkratno dejanje, temveč stalen proces. Zaradi tega je na podlagi mnenj evropskega parlamenta in sveta komisija ES končno ustanovila poseben odbor za izvajanje navedenih nalog. Že nekaj mesecev po navodilu GI je bil oblikovan »stalni odbor za gradbeništvo« (SOG). Kmalu po ureditvi svoje organizacije je SOG obdelal in izdal osnovne dokumente ali interpretativne dokumente (ID) ter potem na svojih 17 sejah obdelal in reševal številna vprašanja o izvajanju SGI.

V navodilu GI so obvezno zajete naslednje bistvene zahteve:

- mehanska trdnost in statika,
- varnost pred ognjem,
- higiena, zdravje, varstvo okolja,
- uporabna varnost,
- zaščita pred hrupom,
- toplotna zaščita in varčevanje z energijo.

Navedene zahteve so v splošnem formulirane kot ciljne naloge in se nanašajo na gradbeno telo ter le posredno na gradbene materiale in izdelke, kjer pa je poudarjena trpežnost oziroma trajnost in uporabnost.



V interpretativnih dokumentih ID je razložena povezava ciljnih nalog z izdelki. V primerjavi z določili navodila GI imajo dokumenti ID nekakšno vlogo mostu med bistvenimi zahtevami na eni ter usklajenimi tehničnimi specifikacijami na drugi strani, ki pa jih morajo izdelati ustrezni odbori CEN na podlagi dodeljenih mandatov. Dokumenti ID so bili sprejeti po predpisanem postopku v odboru SOG po večinskem glasovanju stališč ter zatem objavljeni v Ur. listu ES v vrsti informacij C. Določila v ID niso niti pravni predpisi niti ne menjajo kakega določila v navodilih GI, temveč so samo tehnične specifikacije. Po navodilih odbora SOG so po l. 1989 dokumente ID pripravljali in izdelali ustrezni tehnični odbori (TC). Teh odborov je šest, torej za vsako bistveno zahtevo posebej. Pri delu so stalno sodelovali gospodarski krogi raznih evropskih združenj. Nazadnje je tekste pregledala posebna koordinacijska skupina, jih uskladila in poskrbela, da so primerno vsebovane zahteve o trajnosti in uporabnosti izdelkov.

Poleg določenih splošnih določil je vsebina dokumentov ID razvrščena in obdelana po dogovorjeni shemi:

- predmet in uporabno področje,
- stopnje in razredi,
- splošne in posebne definicije,
- predložitev ustreznih bistvenih zahtev,
- osnove vrednotenja za izpolnitev bistvenih zahtev,
- tehnične specifikacije,
- življenjska doba.

Sedaj so praktično izdelani vsi dokumenti ID, razen za skupino – varnost pred ognjem ID 2, kjer so ostala še neka odprta vprašanja. V teku je prevajanje v devet uradnih jezikov. S tem delom so podane osnove za vhod v standardizacijo. Končne rešitve v smislu tehnične uskladitve bodo možne po opravljenem raziskovanju. Pričakujejo, da bodo naloge izpolnjene v naslednjih petih letih, ko bo izveden raziskovalni program skupnosti. Nekateri eksperti menijo, da bi morali skržiti sedaj prek 40 preizkuševalnih metod na kakih 6–9 metod in vpeljati ustrezne klasifikacije. Delo je torej zamudno, zato predlagajo, da bi do pravne uveljavitve usklajenih standardov pripravljene dokumente ID oklicali kot predpise za interno uporabo.

## POVEZANOST TEHNIČNE USKLAJENOSTI V STANDARDIH IN DIREKTIVAH

Po novem dopolnilu o poenotenju dokumentov v ES, člen 100 A navaja, da mora biti tehnična usklajenost med standardi in navodili EN. Tako ni možno izdati potrdila o ustreznosti samo za usklajene standarde, ki jih je izdelal CEN, temveč hkrati tudi za izpolnjene bistvene zahteve v navodilih, ki so obvezne. Navodilo GI ima drugačen značaj, ker se obvezne bistvene zahteve nanašajo na gradbeno telo in na trgu prisotne nevgrajene gradbene materiale in izdelke. Pri drugih direktivah, ki se nanašajo na izdelke in so nedvomno končni izdelki (npr. stroji, igrače itd.) za katere pa zadostuje, da dobi izdelek potrdilo o ustreznosti že na podlagi usklajene tehnične specifikacije. V tem se navodilo GI bistveno razlikuje od drugih navodil.

Navodilo GI pozna dve vrsti tehnične specifikacije:

- kot usklajeni evropski standard (EN), nastal z dodeljenimi mandati v CEN in CENELEC-a,
- kot evropsko tehnično pripustitev (ETA), nastalo v organih EOTA ali po smernicah GETA.

Predlagano normiranje pozna tri vrste standardov, ki bi jih lahko oblikovali na podlagi navodila GI:

- kategorija A – Osnovni, projektivni in računski standardi, v glavnem za strukture in zgradbe,
- kategorija Bh – Standardi o lastnostih in preizkušanjih izdelkov po vidikih, kot so navzemanje vlage, prepustnost zraka, drsnost in drugo,
- kategorija B – Standardi o materialih in izdelkih, ki obravnavajo tehnološke zahteve.

Delo uskladitvenega standardiziranja opravljajo ustrezni tehnični odbori (TC), ki jih koordinira programski odbor za gradbeništvo (PC 1) v komiteju za evropsko standardizacijo (CEN). Kar je v povezavi z navodilom GI, je znano, da so tehnični odbori prejeli mandate za to temo, vendar pod označbo »začasno«, zato izdelani dokumenti še ne morejo v volilni postopek ustreznosti. Prav tako »začasni« mandati ne morejo posegati na področje evropskega znaka CE. Neposredno za gradbeni sektor je prejelo naloge že 35 tehničnih odborov.

Tudi v letošnjem letu bodo dodeljeni mandati nekaterim TC-čjem za pripravo standardov vrste B<sub>h</sub> in B. Potem se bodo resno lotili preiskave dodatnih vprašanj: izbora kriterijev tehnične vrste, ki zavirajo trgovanje, gospodarskega pomena izdelkov, pomembnosti več ali samo ene bistvene zahteve. Napravljen bo pregled obstoječega stanja standardizacije v CEN in program nadaljevanja normiranja, predvsem za B kategorijo standardov, in dodeljevanja mandatov. Seveda bo delo učinkovito le, če bodo gospodarski krogi tesno sodelovali s komisijo ES in pristojnimi organi v državah članicah.

V tem pregledu je torej razloženo, da poleg poti usklajevanja standardov teče tudi pot pridobivanja evropskega znaka CE in s tem svobodnega pretoka blaga za gradbeništvo prek evropske tehnične pripustitve ETA.

#### PRIPUSTITEV IZDELKOV ZA VGRADNJO S SISTEMOM ETA

Potem ko so države članice imenovale svoje biroje za pripustitve in njih predstavnike, je komisija ES ustanovila oktobra 1990 gremij EOTA, skladno z dodatkom II navodila GI. Organizacija EOTA ima jasne zadolžitve glede vprašanj tehnične pripustitve in obveznosti za izvajanje skupnega dela ter poročanja komisiji ES in odboru SOG. Obstoji zbor vseh imenovanih predstavnikov držav članic z izvršilnim odborom in predsednikom. Tehnični biro pa usklajuje tehnična dela v vseh TC-jih, ki karkoli delajo za navodilo GI. Poslovanje vodi stalni generalni sekretar EOTA.

S komisijo ES ima EOTA sklenjeno okvirno pogodbo, ki vsebuje medsebojne dolžnosti in naloge z urejanjem financiranja. Odbor SOG pa je prepustil novemu EOTA vso dejavnost pri vodenju postopkov za presojanje prijav, dodelitev in podaljšanjih tehničnih pripustitev ETA. Pravila o postopkih bo komisija ES uvedla z odlokom na ravni zakonodaje skupnosti.

Svoje delo je EOTA prvič predstavila aprila 1992 z načrtom, da se dodelijo nekateri mandati za izdelavo smernic, imenovane GETA, in sicer za zunanje toplotne izolacije, tekoča tesnjenja streh, prefabricirane predelne stene, pritrdilne svornike in strukturne zasteklitvene sisteme fasad in streh.

Čeprav je v navodilu GI jasno določeno, da gre pot pripustitve izdelkov prek sistema ETA, pa v tej zvezi še vedno ni evropskih standardov EN in jih v doglednem času še ne bo. S tem pa še ni rečeno, da v sistemu ETA ne bi uporabljali tistih obstoječih EN, ki so namenjeni presojanju in preizkušanju.

EOTA in CEN tesno sodelujeta, še posebno, da bi zmanjšali prekrivanja in nepotrebosti pri standardizaciji. Predvideno je bilo, da bo sistem ETA po vseh elementih obdelah v petih letih, našete težave pa kažejo, da bo delo podaljšano še za dve leti. Trenutno je največ truda vloženo izdelavi smernic GETA, ki bodo prikazale priznано stanje tehnike in zatem posredovane v CEN, kjer bodo po dodeljenih mandatih ustreznim TC-jem uvedli standarde EN.

#### POVEZANOST NAVODILA GI Z EVROPSKIM ZNAKOM CE

Namen izdelave usklajenih tehničnih specifikacij potem, ko so uveljavljene v nacionalnih standardih, je dodelitev pravice za označevanje z evropskim znakom CE, ko so izdelki izpolnili zahteve specifikacij. Zdajšnja odredba o znaku CE ustreza skoraj vsem izdanim navodilom, ki zavezujejo izdelke s tehničnimi zahtevami. Pri direktivi GI pa ni tako in

bo potrebno uredbo o znaku CE dopolniti v vrsto nalog, ki identificirajo izdelke s pripadajočo posebno specifikacijo, kategorijo, lastnostmi itd.

Evropski znak CE pomeni, da izdelek ustreza EN standardom in obveznostim v navodilu, zato ga ne smemo zamenjati z znakom kakovosti. Pride pa velikokrat do nesporazumov, ker so tudi uradno predpisane zahteve na splošno formulirane tako, kot da gre za kakovostne zahteve.

Do ureditve pravnoveljavnih zadev bo trajalo prehodno obdobje, v katerem navodilo GI v členih 16 in 17 dopušča bilatelarno medsebojno priznanje in uporabo nacionalnega postopka o ustreznosti takrat, kadar so zajeta natančna preizkušnja, pa čeprav je izvzeta zahteva o ognjevarnosti, ki je še preostala kot odprt problem. Navedli smo že, da postopek o ustreznosti že tako ni v sestavi uredbe o znaku CE. Komisija ES je že pred letom in pol predložila svetu Evrope predlog za spremembo uredbe. Sedaj še vedno ni končan obravnavni postopek, tako da je še naprej nejasno, v kolikšni meri bodo spremembe zadele navodilo GI.

## POTRDITEV USTREZNOSTI IZDELKOV

V primerjavi z drugimi navodili o izdelkih, navodilo GI nima zajete nobene določbe o načinu ugotavljanja ustreznosti in izdajanja potrdila. Izbira predlaganega postopka za vsak izdelek ali vsako skupino izdelkov je prepuščena odboru s pooblastili za regulativo. Po tem predlogu bi to pomenilo kar zajeten prenos pooblastil v okviru tehničnega pravnega soglasja, prenašal pa bi jih vsakokrat svet Evrope na komisijo ES.

Medtem deluje posebna delovna skupina (WG/AC), ki jo je oblikoval odbor SOG, da bi se spoprijela z vrsto vprašanj za potrditev ustreznosti. Kot pripravo za reševanje vprašanj je najprej izdelala vrsto smernih papirjev, in sicer:

- Informacijo o zadevah, katere je potrebno dodati uredbi o znaku CE,
- Navodila za označitev uradov, ki bodo ugotavljali ustreznost v okviru navodila GI,
- Navodila v zvezi z izvajanjem tovarniške kontrole,
- Navodila za certificiranje izdelkov, ki jih izvajajo pooblaščen certifikacijski uradi,
- Smernice za nadziranje in certificiranje tovarniške kontrole,
- Smernice za izbor postopka za potrditev ustreznosti.

V dodatku III. navodila GI je določena vrsta elementov kontrole, da dobimo predstavo o ustreznosti. Tako se bo lahko izbralo kontrolni postopek iz naslednjih elementov:

- Prvo preizkušanje izdelka,
- Preizkušanja vzorcev, vzeti iz proizvodnje,
- Preiskava odvzetih vzorcev po metodi naključij,
- Preizkušanje vzorcev, vzeti pred odpremo,
- Izvajanje tovarniškega nadzora v proizvodnji,
- Prva inšpekcija tovarne in tovarniški nadzor,
- Tekoče nadziranje, presojanje in vrednotenje podatkov tovarniškega nadzora.

Večina navedenih elementov bo v postopku lahko izpeljal sam proizvajalec oziroma pooblaščen preizkuševalna organizacija. Elementi bodo dokončno definirani in razvrščeni v štiri sisteme ter objavljeni v drugem delu omenjenega dodatka III. Glede na vrsto izdelka in proizvodnje bo preizkuševalec med štirimi možnimi izbral ustrezen sistem.

Prvi sistem je praktično povsem podoben klasičnemu izvajanju, tj., da je vse s pogodbo izročeno pooblaščenim preizkuševalni organizaciji. Drug sistem dopušča, da postopek ustreznosti opravlja proizvajalec na tri možne načine. Zadnja dva sistema pa sta različni kombinaciji izvajanja, razdeljeni med proizvajalcem in pooblaščenim preizkuševalno organi-

zacije, ki prevzamejo nadzorne in presojevalne funkcije s poudarkom na delovanju tovarniškega nadzora, ki je pač jedro vsakega sistema za zagotavljanje kakovosti.

V okviru priprav, kakšne odločitve oblikovati za ugotovitev in označevanje ustreznosti, je delovna skupina WG/AC s predstavitvijo smernih dokumentov razvila t.i. »drevo odločanja«. Pri iskanju možne odločitve uporabljamo štiri vprašanja, iz odgovorov pa razberemo prvo orientacijo. Vprašanja se glasijo:

- Na koliko bistvenih zahtev se nanaša izdelek?
- Kako vplivajo manjša odstopanja lastnosti izdelka na neoporečno uporabo?
- Kako pomembna so manjša odstopanja v produkcijskem procesu oz. produkcijskih parametroh v zvezi z lastnostmi izdelka?
- Težavnostna stopnja preizkušanja tovrstnih odstopanj pri produkcijskih dejavnikih?

## SKLEP

Ugotavljamo, da je proces izdelave celovite tehnične regulative po izhodiščih temeljnega navodila GI zelo zahteven pri dokončnem definiranju tehničnih zadev in zapleten zaradi pravnega reda usklajevanja med državami članicami.

Temeljno navodilo, ki je izšlo decembra 1988 z zahtevo, da jo članice vnesejo v svoj pravni red do junija 1991, še do danes ni vpeljana v nekaterih državah članicah.

Prenos izhodišč navodila na tehnično raven in konkretno izvedbo pa je zahteval organiziranje posebnih odborov, dodeljevanje mandatov za usklajevanje obstoječih predpisov in s tem odpiranje posebnega raziskovalnega programa. Sedaj so v izdelavi še številne potrebne tehnične specifikacije, ki bodo izšle kot standardi EN in v okviru še nedograjenega sistema evropske tehnične pripustitve ETA. V začetku so predvidevali, da bo to delo opravljeno v petih letih, rezultati pa kažejo, da bo prišlo do podaljšanja za dve leti.

Pričakujemo lahko, da bo celovita tehnična regulativa sprejeta in urejena za konkretno izvajanje do leta 1996. Vedeti pa moramo, da bodo nekateri sektorji delo končali veliko prej. Kljub vsem težavam pa moramo vedeti, da so nekatere evropske države sklenile bilateralne pogodbe na podlagi navodila GI, predvsem, da bi zaščitile svoj trg in zagotovile gradnje z izdelki, ki imajo tehnično pripustitev.

## O VERJETNOSTNEM PRISTOPU PRI REŠEVANJU INŽENIRSKIH PROBLEMOV

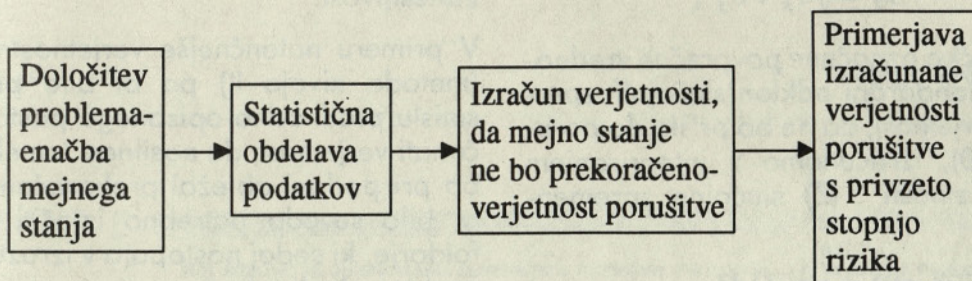
DARKO BEG

V Gradbenem vestniku št. 6-7, 1993 sta L. Trauner in Z. Zorič objavila članek z naslovom »Vrednotenje dopustne obremenitve temeljnih tal na verjetnostni osnovi« [1].

V članku kljub obljubam v naslovu ni najti ničesar o probabilističnem pristopu k obravnavanju geotehničnih problemov. Opravljen je bil le izračun povprečne vrednosti in standardnega odklona za nosilnost temeljnih tal

po Brinch Hansenu, pri čemer so trije od parametrov nastopali kot slučajne spremenljivke. Poleg tega prikazani računski primer ni komentiran, rezultati pa lahko manj poučenega bralca zavedejo k napačnim zaključkom.

Bistvo verjetnostnega pristopa pri reševanju inženirskih problemov lahko prikažemo s preprostim diagramom (sl. 1).



V enačbi mejnega stanja vedno nastopata dva elementa: odpornost  $R$  (nosilnost konstrukcije, nosilnost temeljnih tal...) in zunanji vplivi  $S$  (obtežba na konstrukcijo...). Izpolnjena mora biti zahteva, da je odpornost  $R$  večja ali enaka zunanjim vplivom  $S$

$R \leq S$  enačba mejnega stanja

Oba elementa v enačbi mejnega stanja sta v splošnem odvisna od večjega števila parametrov (geometrija, lastnosti materiala, različne vrste obtežb). Nekatere od teh parametrov lahko z dovolj veliko zanesljivostjo obravnavamo kot konstante (npr. dolžina nekega konstrukcijskega elementa), druge pa kot slučajne spremenljivke, ker imajo njihove vrednosti velik raztros (npr. tlačna trdnost betona). Pri slučajnih spremenljivkah moramo poznati njihovo razporeditev in koreliranost, v najslabšem primeru pa vsaj povprečno vrednost in standardni odklon, s tem da običajno predpostavimo normalno razporeditev.

Za izračun verjetnosti, da bo mejno stanje prekoračeno, je na voljo veliko število metod, ki so razvrščene v III nivoje:

– Metode nivoja III so najnatančnejše. Vsi parametri so neodvisne spremenljivke in so opisani s funkcijo gostote verjetnosti. Verjetnost porušitve se izračuna z izvrednotenjem zapletenih večkratnih konvolucijskih integralov, zato te metode niso primerne za vsakdanjo inženirsko prakso.

– Metode nivoja II so enostavnejše in največkrat temeljijo le na prvem in drugem momentu (povprečna vrednost in standardni odklon) ter normalni razporeditvi slučajnih spremenljivk.

– Metoda nivoja I je semiprobabilistična metoda, v kateri je s pomočjo ustrezno določenih parcialnih varnostnih faktorjev v enačbi mejnega stanja, ki ima navzven povsem deterministični format, zagotovljena ustrezna verjetnost, da do porušitve ne bo prišlo. Semiprobabilistična metoda se uporablja v sodobnih tehničnih predpisih (npr. EUROCODE) in je zelo preprosta za uporabo.

Bistvo metode nivoja II, ki jo uporabimo, kadar želimo natančneje oceniti zanesljivost konstrukcij, je bilo že dvakrat opisano (in

narisan) v Gradbenem vestniku [2], [3]. Ponovil bom samo najpomembnejše.

Če uvedemo funkcijo mejnega stanja  $Z(R, S)$

$$Z = R - S,$$

potem velja:

$Z > 0$  ni nevarnosti porušitve

$Z \leq 0$  nevarnost porušitve.

Če sta  $R$  in  $S$  slučajni spremenljivki, je tudi  $Z$  slučajna spremenljivka. V primeru, da  $R$  in  $S$  nista korelirani, je

$$\bar{Z} = \bar{R} - \bar{S}$$

$$\sigma_Z = \sqrt{\sigma_R^2 + \sigma_S^2},$$

kjer so s prečko označene povprečne vrednosti, s  $\sigma$  pa standardni odklon slučajnih spremenljivk. Verjetnost, da ne bo prišlo do porušitve  $P(Z < 0)$ , izračunamo z integriranjem gostote verjetnosti  $p(Z)$  slučajne spremenljivke  $Z$ .

$$P(Z < 0) = \int_{-\infty}^0 p(Z) dZ$$

Običajno pa jo opišemo z indeksom zanesljivosti  $\beta = Z/\sigma_Z$ , saj lahko z njegovo pomočjo iz tabel odčitamo vrednost  $P(Z < 0)$ .

Izračunana vrednost verjetnosti porušitve mora biti manjša od izbranega rizika  $P_f$ , ki se pri inženirskih problemih nahaja približno v mejah  $10^{-2}$  do  $10^{-7}$ . V standardih EURO-CODE 3 so npr. privzete stopnje rizika, ki so prikazane v tabeli 1.

	$P_f$	$\beta$
mejno stanje nosilnosti	$7 \cdot 10^{-5}$	3,8
mejno stanje uporabnosti	$7 \cdot 10^{-2}$	1,5

Iz povedanega je razvidno, da sta Trauner in Zorič v svojem članku izračunala le  $Z$  in  $\sigma_R$ ,

kar je samo prvi korak pri oceni zanesljivosti obravnavanega sistema.

Zanimivo je, da je ravno Brinch Hansen s svojo formulo za nosilnost temeljnih tal leta 1953 prvi uvedel v geotehniko parcialne varnostne faktorje in s tem vsaj posredno tudi semiprobabilistični pristop. Kolikor bi Trauner in Zorič hotela nosilnost temeljnih tal obdelati s semiprobabilističnega vidika, bi se morala posvetiti določanju karakterističnih vrednosti slučajnih spremenljivk, ki so običajno enake 5 % fraktili (odpornost) in 95 % fraktili (zunanji vplivi) in parcialnih varnostnih faktorjev, s katerimi bo dosežena zelena zanesljivost.

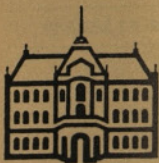
V primeru natančnejše verjetnostne analize (metoda nivoja II) pa bi bilo potrebno v smislu predhodno opisanega postopka izračunati verjetnost, da nosilnost temeljnih tal ne bo pri podani obtežbi prekoračena. Pri tem bi bilo seveda potrebno izločiti varnostne faktorje, ki sedaj nastopajo v izrazu za nosilnost temeljnih tal.

Privzemanje povprečne vrednosti za dopustno nosilnost, kot je bilo storjeno v računskem primeru, je z vidika verjetnostne analize kljub upoštevanju varnostnih faktorjev povsem nesprejemljivo. V primeru, da je zunanja obtežba  $F (= S)$  enaka povprečni vrednosti dopustne obtežbe  $\bar{P}_{dop} (= \bar{R})$ , dobimo za verjetnost, da ne bo prišlo do prekoračitve nosilnosti temeljnih tal  $P(Z < 0)$ , vrednost 0,5, saj je  $F = \bar{P}_{dop}$  in  $Z = 0$  ter  $\beta = 0$ . V vsakem drugem primeru bo torej nosilnost temeljnih tal prekoračena.

Ob površno napisanih člankih se postavlja tudi vprašanje ustreznega recenziranja, ki bi po mojem mnenju moralo biti kvalitetnejše, saj je Gradbeni vestnik edina strokovna revija s področja gradbeništva v Sloveniji.

## LITERATURA

1. L. Trauner, Z. Zorič, Vrednotenje dopustne obremenitve temeljnih tal na verjetnostni osnovi, Gradbeni vestnik, št. 6-7, 1993, str. 157-160.
2. J. Žnidarič, S. Terčelj, J. Marolt, Ocenjevanje stanja zanesljivosti betonskih konstrukcij, Gradbeni vestnik, št. 7-8, 1989, str. 166-172.
3. S. Vratuša, Primer probablistične ocene zanesljivosti armiranobetonske konstrukcije, Gradbeni vestnik, št. 3-4, 1990, str. 69-73.
4. Structural Eurocodes, Report, IABSE Conference, Davos 1992.
5. S. S. Rao, Reliability-Based Design, McGraw-Hill, 1992.



GV XXXXII • 8-9-10

## POROČILA 31

**UPORABA METODE SLEDENJA  
DELCEV PRI MODELIRANJU  
TRANSPORTA POLUTANTOV**

UDK 627.17:519.68

ANDREJ ŠIRCA, RUDI RAJAR

## POVZETEK

Kot alternativa eulerjevskim numeričnim modelom transporta polutantov po metodah končnih razlik (MKR) in končnih elementov (MKE) je bil razvit lagrangeovski model po metodi sledenja delcev (MSD).

V prispevku so prikazani princip MSD, njene osnovne enačbe ter dva primera verifikacije modela transporta po MSD (širjenje polutanta v laboratorijskem kanalu ter v Bohinjskem jezeru).

V sklepnem delu so navedene glavne prednosti in pomanjkljivosti MSD v primerjavi z MKR ter nadaljnje smeri razvoja.

**USE OF THE PARTICLE-TRACKING METHOD FOR MODELLING OF THE TRANSPORT OF POLLUTANTS**

## SUMMARY

As an alternative to the classical Eulerian numerical transport models, based on the finite-differences method (FDM) or finite-elements method (FEM), a Lagrangian particle-tracking model (PTM) has been developed.

The basic principle, equations and two examples of verification of the PT model (spreading of pollutants in a laboratory channel and Bohinj Lake) are presented in the paper.

Finally, advantages and deficiencies of the new method are shown in comparison to the finite-differences method and the main tasks of further research are determined.

**1. UVOD**

Matematično modeliranje fizikalnih, kemijskih in bioloških pojavov je do sedaj tako v svetu kot pri nas teklo po dveh

vzporednih tirih: prvi je predstavljal fizikalno (hidrodinamično) modeliranje tokov v rekah, jezerih in morjih, drugi pa kemijsko-biološko modeliranje kakovosti vode v istih okoljih. V zadnjih letih prihaja do številnih poskusov združevanja obeh smeri razvoja v tako imenovane kompleksne modele kakovosti, zato narašča zanimanje za pojave, ki so pomembni za obe področji. Tovrstna pojava sta tudi difuzija in disperzija ali splošneje rečeno, transport snovi. Ker nas navadno zanima širjenje škodljivih snovi, se je udomačil izraz **transport polutantov**.

Avtorja:  
mag. Andrej Širca, dipl. inž. gradb. in  
prof. dr. Rudi Rajar, dipl. inž. gradb.  
FAGG, Laboratorij za mehaniko tekočin, Hajdrihova 28

Sodobni večdimenzionalni matematični modeli transporta temeljijo na treh osnovnih enačbah: kontinuitetni, dinamični in transportni. Tipični numerični metodi za reševanje sistema teh enačb sta na primer metoda končnih razlik (MKR) in metoda končnih elementov (MKE). Obe temeljita na eulerjevskem pristopu, pri katerem opazujemo spreminjanje značilnih količin znotraj nekega kontrolnega volumna oziroma končnega elementa. Manj razširjen način obravnave osnovnih enačb je lagrangeovski; pri njem sledimo izbranemu delcu tekočine na njegovi poti po kontinuumu. Pri obravnavi kontinuitetne in dinamične enačbe je eulerjevski pristop lažji, za transportno enačbo pa se je izkazalo, da je ravno obratno; v mnogih primerih je lagrangeovski pristop enostavnejši in poleg tega še boljše fizikalno predstavljiva.

Lagrangeovski način obravnave transportne enačbe za neki polutant pomeni, da je polutant predstavljen v obliki diskretnih delcev. Ti delci se gibljejo v hitrostnem polju, ki je definirano z dinamično in kontinuitetno enačbo. Med simulacijo sledimo posameznim delcem na njihovi poti skozi tekočino, zato se je za ta način obravnave transporta uveljavil izraz **metoda sledenja delcev (MSD)**, ki smo ga dobili s prevodom angleškega izraza *particle-tracking method (PTM)*.

V nadaljevanju prispevka predpostavljamo, da je hitrostno polje v vsakem trenutku znano, zato ga ne bomo več posebej omenjali. Prav tako velja, da količina polutanta (koncentracija) ne vpliva na hitrostno polje, da je torej polutant **pasiven**.

## 2. PRINCIP METODE SLEDENJA DELCEV

Princip MSD je zelo preprost: v začetnem trenutku simulacije  $t_0$  spustimo v znanem vektorskem polju hitrosti neko število delcev  $n$ . Vsak od teh delcev naj ima maso  $m$ , tako da vsi skupaj predstavljajo začetno maso izpuščenega polutanta  $M = m \times n$ . Lego vsakega delca v trenutku  $t_0$  opišemo z radijvektorjem  $(x_{i0}, y_{i0}, z_{i0})$ . Indeks  $i$  označuje v tem primeru kateregakoli od  $n$  izpuščenih delcev. Po času  $\Delta t$  je delec zaradi učinka konvekcije in difuzije na neki drugi lokaciji, premaknil pa se je z določeno hitrostjo, kar opišemo z enačbo:

$$\vec{r}(t + \Delta t) = \vec{r}(t) + \vec{u}(\vec{r}(t), t) \Delta t, \quad (1)$$

ki je osnovni izraz algoritma za sledenje delcev. Vrednost člena  $\vec{u}(\vec{r}(t), t)$  je pri tem določena na stari lokaciji delca. Vse, kar moramo še storiti za simulacijo transporta, je ponavljanje izračuna z gornjo enačbo do zelenega končnega časa.

Na intenzivnost transporta oziroma širjenja kekega polutanta vplivata dva pojavi: konvekcija in difuzija. V primeru modeliranja transporta po MSD opišemo konvekcijo z deterministično komponento premika, ki jo določimo na podlagi znanega hitrostnega polja. Difuzijo ponavadi opišemo z zaporedjem **naključnih premikov**, za kar se v strokovni literaturi pogosto uporablja kar angleški izraz **random-walk**. Difuzija je v tem primeru predstavljena kot stohastičen proces.

## 3. OSNOVNE ENAČBE

Naš prvi korak pri izpeljavi osnovnih enačb MSD je dokazati, da difuzijo resnično lahko opišemo kot stohastičen proces. Ta dokaz je dokaj obsežen, zato si ga bralec lahko ogleda na primer v literaturi [1] in ga na tem mestu ne bomo ponavljali. Na kratko pojasnimo le, da izhajamo iz nelinearne Langevinove enačbe, ki določa položaj posameznega delca v modelu naključnih korakov. V limiti, ko gresta število delcev  $n \rightarrow \infty$  in časovni korak  $\Delta t \rightarrow 0$ , dobimo iz te enačbe Fokker-Planckovo enačbo, za katero je moč dokazati, da je le na drugačen način zapisana klasična transportna enačba.

Razvoj modela po MSD smo na FAGG-LMTe začeli z dvodimenzionalno obliko, ki smo ji nato dodali tretjo dimenzijo. Na ta način bomo v nadaljevanju tudi prikazali osnovne enačbe.

Izhodiščna enačba je dvodimenzionalna, globinsko povprečna transportna enačba s konstantnima koeficientoma difuzije:

$$\frac{\partial(c)}{\partial t} + \frac{\partial(uc)}{\partial x} + \frac{\partial(vc)}{\partial y} = K_{x^2} \frac{\partial^2 c}{\partial x^2} + K_{y^2} \frac{\partial^2 c}{\partial y^2}. \quad (2)$$

Predpostavimo še, da v toku obstaja neka dominantna smer in v to smer obrnemo eno od osi koordinatnega sistema (na primer X os), s čimer se znebimo zunajdiagonalnih komponent difuzijskega tenzorja. Gibanje polutanta v takšnem sistemu sedaj ponazorimo z gibanjem diskretnih delcev, od katerih vsak nosi del celotne mase polutanta. Vsak od teh delcev se v vsakem časovnem koraku premakne v skladu z enačbo 1, ki se v skalarni obliki glasi:

$$x(t + \Delta t) = x(t) + u(x(t), y(t), t) \Delta t, \quad (3a)$$

$$y(t + \Delta t) = y(t) + v(x(t), y(t), t) \Delta t. \quad (3b)$$

Do premika delca pride zaradi konvekcije, ki jo opišemo z deterministično komponento ( $u^*$ ,  $v^*$ ) in difuzije, ki jo opišemo s stohastično komponento ( $u^{**}$ ,  $v^{**}$ ):

$$u = u^* + u^{**}, \quad (4a)$$

$$v = v^* + v^{**}. \quad (4b)$$

Vrednosti determinističnih komponent  $u^*$  in  $v^*$  določimo na podlagi znanega hitrostnega polja, za stohastične pa uporabimo naslednji enačbi:

$$u^{**} = u_L^{**} \cos \theta - u_T^{**} \sin \theta, \quad (5a)$$

$$v^{**} = u_L^{**} \sin \theta + u_T^{**} \cos \theta, \quad (5b)$$

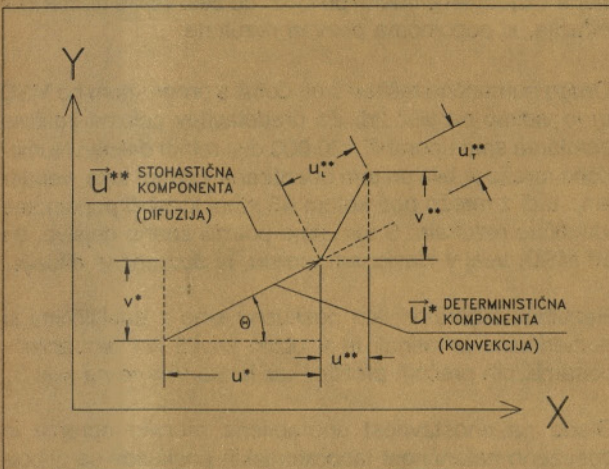
kjer je  $u_L^{**}$  naključno velika hitrost premika delca v smeri lokalnega vektorja konvekcije,  $u_T^{**}$  pa pravokotno nanj (slika 1) po enačbah:

$$u_L^{**} = r_1 \sqrt{2K_L / \Delta t}, \quad (6a)$$

$$u_T^{**} = r_2 \sqrt{2K_T / \Delta t}, \quad (6b)$$



kjer sta  $r_1$  in  $r_2$  naključni spremenljivki z verjetnostno porazdelitvijo, ki ima srednjo vrednost 0 in standardno deviacijo 1. Pri konkretnem računanju ju dobimo z nekim generatorjem naključnih števil. Koeficient  $K_L$  je koeficient difuzije v vzdolžni (longitudinalni) smeri,  $K_T$  pa v prečni (transverzalni) smeri.



Slika 1. Komponente hitrosti premika posameznega delca

V primeru obravnave tridimenzionalnega problema dodamo še tretjo prostorsko smer oziroma enačbe:

$$z(t + \Delta t) = z(t) + w(x(t), y(t), z(t))\Delta t, \quad (7a)$$

$$w = w^* + w^{**}, \quad (7b)$$

$$w^{**} = r_3 \sqrt{2K_V / \Delta t}, \quad (7c)$$

kjer je  $K_V$  koeficient difuzije v vertikalni smeri.

Določitev posameznih koeficientov difuzije ostaja kljub hitremu razvoju znanja na tem področju še v veliki meri stvar občutka in izkušenj. Kljub temu lahko z mnogimi primeri dokažemo, da ima pri računih tridimenzionalnih tokov spreminjanje vertikalnega koeficienta difuzije veliko večji vpliv na rezultate kot spreminjanje obeh horizontalnih (literatura Rajar [2], Četina [3], Koutitas et al [4], Širca [5]).

Zaradi tega smo za  $K_L$  in  $K_T$  izbrali konstantni vrednosti, pri določitvi  $K_V$  pa smo se oprli na ugotovitve Koutitasa [4], Rajarja [6] in Četine [3].

Koutitas je za koeficient  $K_V$  upošteval parabolično porazdelitev po vertikali, do katere je prišel na osnovi enačbe kinetične energije turbulence, delno pa s pomočjo fizičnih eksperimentov. Rodi [7] je podal način za upoštevanje stratificiranosti vodnega telesa, Četina pa je ugotovitve obeh avtorjev združil in preveril na praktičnih primerih.

Pomembna faza računa pri MSD je generiranje naključnih števil  $r$ , ki nastopajo v enačbah 6a, 6b in 7c. Obstajata dva generatorja, in sicer:

Generator A, ki deluje tako, da naključno izbira med

dvema vrednostma:  $r = 1$  in  $r = -1$ , ki imata enako verjetnost pojavljanja. Po velikem številu poskusov je povprečna vrednost naključne spremenljivke enaka 0, standardna deviacija pa 1.

Generator B proizvaja različna naključna, tudi necela števila  $r$ . Edini pogoj je, da je tudi v tem primeru po velikem številu poskusov povprečna vrednost naključne spremenljivke 0, standardna deviacija pa 1.

Pri našem delu smo uporabili generator B, ker se je bolje obnesel v primerih teoretičnih tokov in daljših časovnih korakov. V primerih realnih tokov iz narave so bili rezultati z obema generatorjema skoraj identični.

#### 4. ROBNİ POGOJI

Robni pogoji so eno od najkočljivejših vprašanj MSD, pa tudi transportnih modelov na splošno. Odvisni so od mnogih fizikalnih, lahko pa tudi kemičnih in bioloških faktorjev. Večina avtorjev se zateka k poenostavljenim pristopom. Če je možno, se z ustrezno postavitvijo računske mreže lahko do neke mere izognemo določanju robnih pogojev. Le-ti so deloma definirani že v hidrodinamičnem modelu, v primeru transportnega modela po MSD pa moramo dodati še pogoje, ki nadzorujejo gibanje delcev v bližini meja računskega področja. Tu prihaja do dveh pojavov:

- do izginjanja delcev, če le-ti prestopijo mejo računskega področja (prepusten rob – odprti rob) ali
- do odboja delcev, če prestop meje ni možen (neprepusten rob – obala).

Tuja literatura je pri opisih robnih pogojev s tega področja skopa, zato smo jih morali v glavnem oblikovati sami. Dva osnovna tipa, izginjanje in odboj, smo glede na zahteve razčlenili v več podtipov. Na tem mestu jih ne bomo opisovali, ker bi s tem presegli zastavljeni okvir prispevka.

#### 5. PRIMERI

Na podlagi enačb, navedenih v 3. poglavju, smo oblikovali dvo- in tridimenzionalni model transporta po MSD. Le-ta je zaenkrat ločen od hidrodinamičnega modela, s katerim pred računom transporta izračunamo hitrostno polje, ki je lahko stacionarno ali nestacionarno.

Model transporta smo preizkusili na treh primerih:

- a) na dvodimenzionalnem toku v laboratorijskem kanalu, kjer smo primerjali eksperimentalne rezultate, analitično rešitev in numerični rešitvi po MKR in MSD,
- b) na tridimenzionalnih tokovih v Bohinjskem jezeru, kjer smo primerjali samo rezultate MKR in MSD ter
- c) na tridimenzionalnih tokovih v Severnem Jadranu, kjer smo rezultate MKR in MSD primerjali še s satelitskima posnetkoma.

V nadaljevanju bomo prikazali le rezultate primerjav za primera a) in b), saj se primer c) le malo razlikuje od

primeru b).

### 5.1. LABORATORIJSKI KANAL

V tem primeru so bili osnova za primerjave laboratorijski poskusi v ravnem, gladkem laboratorijskem kanalu s trapeznim prečnim prerezom. V tem kanalu smo najprej vzpostavili stalen tok, zagotovili njegovo dvodimenzionalnost, nato pa na zgornjem koncu kanala časovno kontinualno in v izbrani točki prereza spuščali barvilo (polutant) ter v štirih nizvodnih profilih merili njegovo koncentracijo. Rezultat meritev so bile krivulje koncentracije v prečnih profilih. Model, izvedba poskusov ter vsi njihovi parametri so natančno opisani v literaturi [5].

Za opisani primer kontinualnega, točkovnega izpusta v dvodimenzionalnem prostoru obstaja tudi poenostavljena analitična rešitev transportne enačbe v obliki:

$$c(x, y) = \frac{q_0 c_0}{2h\bar{u} \sqrt{\frac{\pi x K_T}{\bar{u}}}} \cdot \exp\left[-\frac{\bar{u} y^2}{4K_T x}\right], \quad (8)$$

kjer je  $c$  koncentracija v poljubni točki,  $q_0$  jakost izvira polutanta,  $c_0$  koncentracija polutanta na iztoku,  $h$  globina,  $K_T$  pa prečni koeficient difuzije. Analitična rešitev je prikazana na sliki 2a in jo v primerjavi z ostalimi rezultati lahko štejemo za točno.

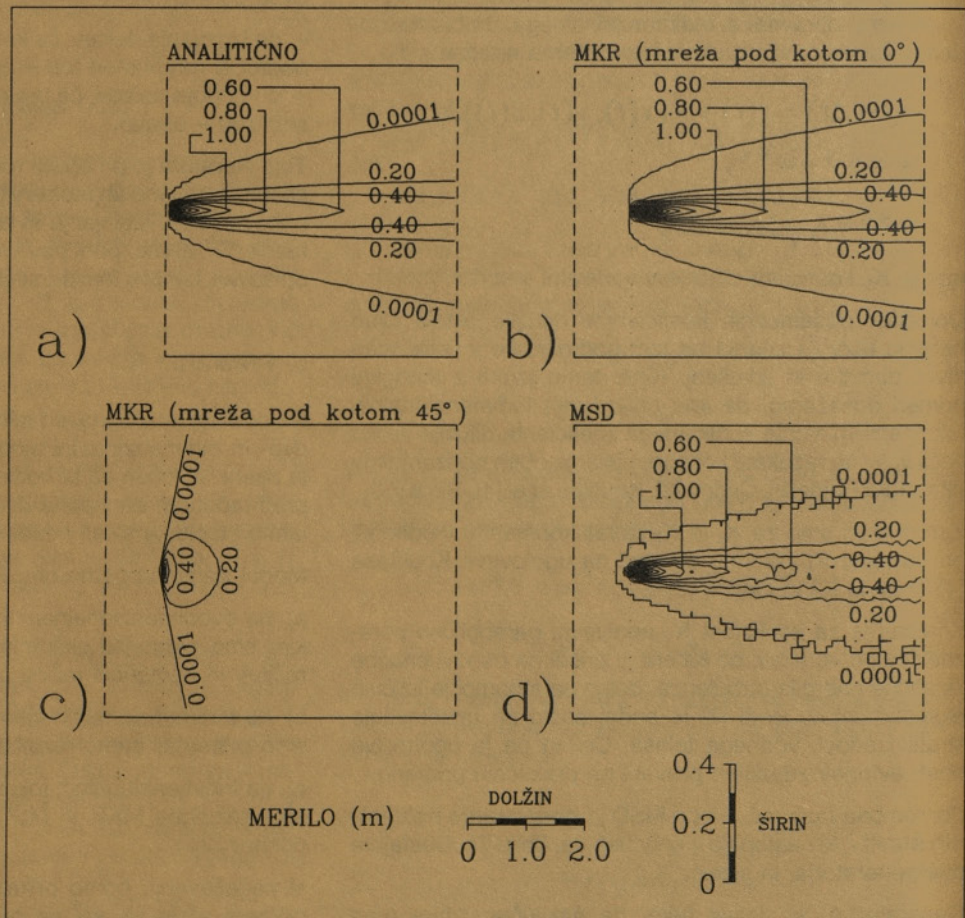
Numerično smo problem najprej rešili s programom TRIDIM (Rajar [8], Četina [3]), ki temelji na MKR. V prvem primeru smo računali z numerično mrežo, orientirano v smeri toka (slika 2b). V drugem primeru smo zaradi preučevanja numerične difuzije zasukali računsko mrežo za 45 stopinj glede na smer toka in dobili rezultat, kot ga kaže slika 2c. Le-ta nam je potrdil domnevo, da lahko pride v izjemnih primerih pri MKR do zelo velike numerične difuzije, ki popolnoma pokvari rezultate.

Drugo numerično rešitev smo dobili s programom po MSD in jo vidimo na sliki 2d. Za predstavitev celotne količine polutanta smo uporabili 120.000 diskretnih delcev. Numerična mreža je bila pri tem orientirana v smeri toka, vendar smo tudi z mrežo pod kotom 45 stopinj dobili popolnoma identične rezultate. S tem smo potrdili znano dejstvo, da pri MSD, vsaj v klasičnem smislu, ni numerične difuzije.

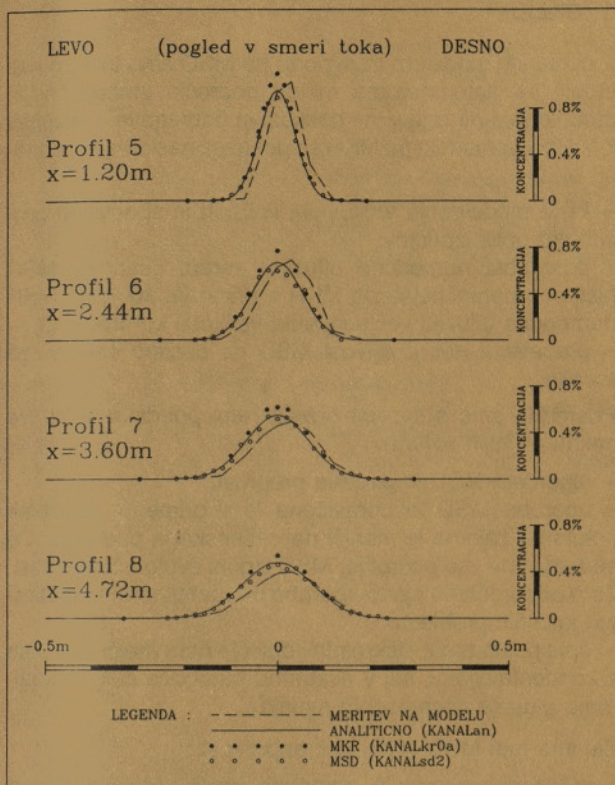
Rezultate laboratorijskih poskusov smo z analitičnimi in numeričnimi primerjali le v obliki krivulj koncentracije v posameznih prečnih profilih, kar lahko vidimo na sliki 3.

Glede na enostavnost uporabljene merske opreme in doseženo natančnost laboratorijskih poskusov se njihovi rezultati zadovoljivo ujemajo z analitično rešitvijo.

Rezultati po MSD se odlično ujemajo z analitičnimi, če je



Slika 2. Laboratorijski kanal – primerjava rezultatov računov po različnih metodah za kontinualni izpust (izolinije koncentracij v %)



Slika 3. Laboratorijski kanal – primerjava meritev in rezultatov računov po različnih metodah za primer kontinualnega izpusta (vrednosti koncentracij v prečnih prerezih)

le število delcev dovolj veliko (najmanj 100.000) ter časovni korak  $\Delta t$  dovolj kratek.

Rezultati po MKR se z analitičnimi nekoliko slabše ujema, za kar je več razlogov:

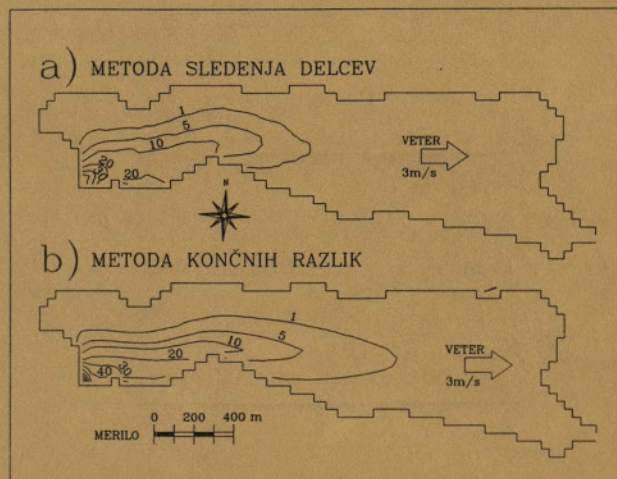
- po MKR ni možno modelirati točkovega izpusta. Pomozne metode, ki jih uporabimo za rešitev tega problema, imajo stranske učinke, ki povzročajo dodatne težave,
- velik vpliv gostote numerične mreže ter dolžine časovnega koraka  $\Delta t$ ,
- pojav numerične difuzije v primerih, ko ena os numerične mreže ni vzporedna z glavno smerjo toka.

## 5.2. BOHINJSKO JEZERO

V tem primeru so bili osnova (referenca) za primerjavo rezultati računov tokov in disperzije polutantov v Bohinjskem jezeru po MKR. Omenjeni računi so natančno opisani v literaturi [3] in zanje velja, da so bili večkrat potrjeni, med drugim tudi eksperimentalno.

Za primerjavo smo izbrali karakteristične poletne razmere, ko 12 ur piha zahodni veter s hitrostjo 3 m/s. Ustrezno hitrostno polje v jezeru smo izračunali s tridimenzionalnim baroklinim modelom TRIDIM na osnovi MKR (Rajar [8], Četina [3]). Istočasno smo računali tudi širjenje polutanta iz kampa v Zlatorogu, ki je v resnici velik onesnaževalac jezera. Pri tem smo predpostavili en sam konstanten

horizontalni koeficient difuzije  $K_H$ , ki je nadomestil vrednosti  $K_L$  in  $K_T$ , vertikalni koeficient difuzije  $K_V$  pa računali po Koutitasu in z upoštevanjem stratifikacije jezera. Rezultate smo prikazali v obliki izolinij koncentracije za primer, ko je koncentracija izpusta 100-odstotna (slika 4b).



Slika 4. Bohinjsko jezero – primerjava rezultatov MSD in MKR (izolinije koncentracij v % v površinskem sloju jezera)

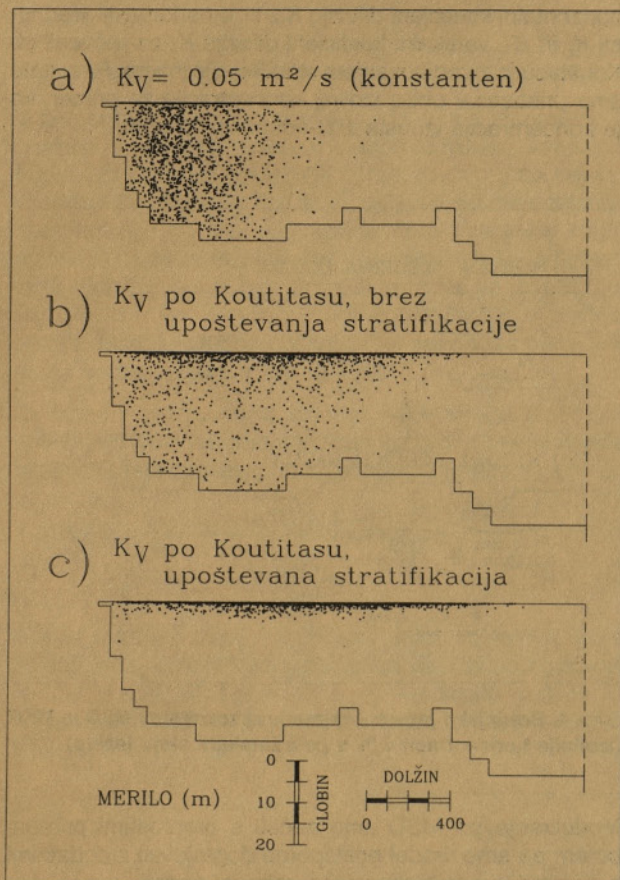
Modeliranje po MSD smo začeli s preprostimi primeri, potem pa smo model postopoma dograjevali z dodatnimi parametri in kompleksnejšimi robnimi pogoji.

Faze razvoja lahko na kratko podamo:

- račun transporta s konstantnima  $K_H$  in  $K_V$ ; variiranje velikosti  $K_V$  (rezultati se bistveno razlikujejo od rezultatov po MKR),
- račun s konstantnim  $K_H$  in parabolično porazdelitvijo  $K_V$  po Koutitasu (še vedno občutna razlika med rezultati MKR in MSD),
- račun s konstantnim  $K_H$ , račun  $K_V$  po Koutitasu in upoštevanje stratificiranosti (solidno ujemanje obeh metod, sliki 4a in 4b),
- poskusi z variiranjem velikosti  $K_H$ ,
- poskusi z različno dolgimi časovnimi koraki.

Najzanimivejši so bili vsekakor računi a., b. in c., ki so znova potrdili dominanten pomen  $K_V$  v primerjavi s  $K_H$  v primerih tridimenzionalnih tokov v vsaj delno stratificiranih vodnih telesih. Vpliv posameznih ukrepov v različnih fazah modeliranja je lepo razviden iz slike 5, pri čemer predstavlja slika 5c najbližjo aproksimacijo dejanskega stanja.

V primeru Bohinjskega jezera sta bili MSD in MKR približno enakovredni, ker smo pri obeh upoštevali iste mehanizme transporta. Numerična difuzija v primeru MKR je bila istega velikostnega reda kot fizikalna in ni bistveno vplivala na rezultate.



Slika 5. Bohinjsko jezero – račun po MSD; vpliv porazdelitve  $K_V$  po globini in vpliv stratifikacije (končne lege delcev v podolžnem prerezu vzhodnega dela jezera)

# izolirka

Nudimo **svetovanje** o  
 pravih načinih uporabe  
 izolacijskih materialov  
 v gradbeništvu. Za brezplačen  
 nasvet ter izčrpne informacije  
 se obrnite neposredno na  
 TEHNIČNO INFORMATIVNO  
 SLUŽBO Izolirke  
**tel. 061 103 096,**  
**int. 36.**

## 6. SKLEP

Z opisanim modelom transporta po MSD smo tudi pri nas stopili na sorazmeroma mlado področje stohastičnega modeliranja difuzije. Prvi poskusi in primerjave z rezultati klasičnega modela po MKR so pokazali naslednje prednosti MSD:

- lažje modeliranje točkovnih, linijskih in specialnih (poljubnih) oblik izpustov,
- odsotnost numerične difuzije, zaradi česar je MSD bistveno natančnejša od MKR v primerih, ko je pri MKR numerična difuzija večjega reda velikosti kot fizikalna,
- precejšnja neobčutljivost MSD na dolžino časovnega koraka.

Posredno smo s svojimi raziskavami potrdili tudi trditve nekaterih tujih avtorjev:

- algoritem MSD je izredno preprost,
- uporaba MSD je upravičena le v primerih, ko oblak polutanta zajema le manjši del računskega področja. Če se razširi na vse področje, MSD izgubi svojo učinkovitost. Zato priporočamo njeno uporabo pri (detajlnem) modeliranju lokalnih problemov,
- opis polutanta z diskretnimi delci je naravnejši od opisa s koncentracijami, saj v ekstremu omogoča celo modeliranje gibanja posameznih molekul.

Žal ima tudi MSD svoje pomanjkljivosti:

- račun tokov zaradi gostotnih razlik (density-driven flows) je izredno zahteven glede porabe računalniškega časa, zato tudi v svetovnem merilu v tej smeri še ni bilo veliko narejenega. Tu ima, vsaj zaenkrat, MKR še prednost,
- zaradi pomanjkanja izkušenj (tudi v svetu) je potrebna večja pazljivost pri oblikovanju robnih pogojev. Le-ti so odvisni od številnih, včasih težko določljivih parametrov (vrsta polutanta, oblika obale, tip obale itd.) in so zato pogosto problematični tudi pri MKR.

Metoda sledenja delcev ima pri modeliranju transporta polutantov vsekakor svetlo prihodnost. Tuji avtorji jo zelo pogosto uporabljajo za **modeliranje širjenja naftnih madežev** v površinskih vodah, povsem pa se je že udomačila na področju modeliranja **transporta v podtalnici**.

Na Hidrotehnični smeri FAGG v prihodnosti načrtujemo naslednje faze uporabe in razvoja MSD:

- Modeliranje širjenja naftnih madežev z uporabo MSD in z upoštevanjem najvažnejših pojavov, kot so: mehansko širjenje, izhlapevanje, fotodegradacija, biološka razgradnja ter odlaganje na obale in spiranje z njih.
- Vključitev modela po MSD v obstoječi hidrodinamični model TRIDIM, s čimer bomo dobili možnost neposredne primerjave hitrosti in učinkovitosti MSD in MKR pri računih transporta.
- Postopno nadgradnjo tako dobljenega hidrodinamično-transportnega modela v kompleksen model kakovosti, v katerem bodo upoštevane tudi temeljne enačbe za opis kemičnih in bioloških procesov v vodnih telesih.

## L I T E R A T U R A

1. Dimou, N. in Adams, E.: Particle tracking models for well-mixed estuaries and coastal waters. Submitted to: Estuarine, Coastal and Shelf Science in August 1991 (delovna kopija članka).
2. Rajar, R.: Three dimensional modeling of currents in the Northern Adriatic sea, XXIII. kongres IAHR, Ottawa, 1989 (zbornik referatov).
3. Četina, M.: Tridimenzionalni matematični baroklini model za izračun tokov v jezerih in morju, Doktorska disertacija, FAGG, Ljubljana, 1992.
4. Koutitas, C. in O'Connor, B.: Modeling three-dimensional wind-induced flows, Journal of the Hydraulic Division, Vol. 106, HY11, 1980, strani 1843–1865.
5. Širca, A.: Modeliranje transporta polutantov po metodi sledenja delcev, Magistrsko delo, FAGG, Ljubljana, 1992.
6. Rajar, R., Četina, M. in Tonin, V.: Influence of linearization and of vertical distribution of turbulent viscosity coefficient on 3-dimensional simulation of currents, Computational Modelling and Experimental Methods in Hydraulics (HYDROCOMP '89), Eds. Maksimović, Č. in Radojković, M., Elsevier Applied Science, 1989.
7. Rodi, W.: Turbulence Models and their Application in Hydraulics (A State of the Art Review), IAHR Book Publication, Delft, 1980.
8. Rajar, R. in Četina, M.: Modeling Wind-Induced Circulation and Dispersion in the Northern Adriatic, XXIV. kongres IAHR, Madrid, 1991 (zbornik del).



## STROKOVNI IZPITI ZA GRADBENIŠTVO IN ARHITEKTURO TER PRIPRAVLJALNI SEMINARJI ZA STROKOVNE IZPITE V LETU 1994

Rok	Leto	Mesec	A.		B.	
			SEMINAR	IZPIT	pisni	ustni
VIII.	1993	November	22.–26. november	20. november	6.–10. december	
IX.	93	December	13.–17. december	18. december	10.–14. januar 1994	
I.	1994	Januar	17.–21. januar	22. januar	7.–11. februar	
II.	94	Februar	14.–18. februar	19. februar	7.–11. marec	
III.	94	Marec	14.–18. marec	26. marec	11.–15. april	
IV.	94	April	18.–22. april	23. april	9.–13. maj	
V.	94	Maj	16.–20. maj	21. maj	6.–10. junij	
VI.	94	September	19.–23. september	15. oktober	2.–4. november	
VII.	94	Oktober	17.–21. oktober	19. november	4.–8. december	
VIII.	94	November	21.–25. november			
IX.	94	December	12.–16. december			

A. Pripravljalni seminar organizira **ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE**, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon: 061/221-587. Prijavo v obliki dopisa, skupaj z dokazilom o plačilu, pošlje plačnik stroškov seminarja. Cena seminarja v mesecih novembru in decembru 1993 znaša 350 DEM, plačljivo v SIT po srednjem tečaju Banke Slovenije na dan plačila, z doplačilom 5 % prometnega davka. Morebitna sprememba cene bo naknadno objavljena.

B. Izpit organizira **ZAVOD ZA RAZISKAVO MATERIALA IN KONSTRUKCIJ LJUBLJANA**, Dimičeva 12, Ljubljana. Informacije dobite pri Inž. Grošlju prek telefona št. 061/342-671, od 10. do 12. ure.

## EDOMETER S KONTINUIRNIM OBREMENJEVANJEM

UDK 624.131:620.1.08

BOJAN ŽLENDER, LUDVIK TRAUNER, STANISLAV ŠKRABL

### POVZETEK

Prispevek podaja kratek pregled dosedanjega raziskovalnega dela in predloge za izvedbo hitrih, računalniško vodenih edometriških preiskav. Osnovna novost je vpeljava kontinuirnega obremenjevanja vzorca zemljine. Edometriški aparat, merilni senzorji z merilno opremo ter računalniška strojna in programska oprema tvorijo celoto, imenovano merilni modus. Ta omogoča preiskave, ki tečejo avtomatsko, po poljubno izbranih poteh, s sprotno analizo meritev in interpretacijo rezultatov.

### OEDOMETER WITH CONTINUOUS LOADING

### SUMMARY

The paper presents a brief report of our research work and suggestions for performing quick, computer aided oedometer tests. The basic novelty is the introduction of continuous loading of the soil sample. The measuring system consists of the laboratory apparatus, measuring equipment, hardware and software. The proces controlled investigation runs automatically according to the in advance selected programmed procedures, thus enabling an immediate measuring analyses and interpretation of results.

**Avtorji:**

*Doc. dr. Bojan Žlender, Tehniška fakulteta Univerze v Mariboru,*

*Prof. Dr. Ludvik Trauner, Tehniška fakulteta Univerze v Mariboru,*

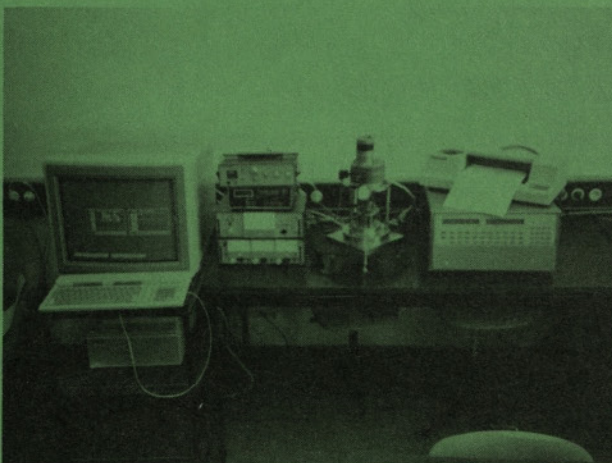
*Doc. Dr. Stanislav Škrabl, Tehniška fakulteta Univerze v Mariboru*

## 1. UVOD

Preiskave stisljivosti zemljin praviloma izvajamo na konvencionalnih edometrih, ki delujejo na podlagi inkrementalnega obremenjevanja vzorcev zemljin z utežmi. Po standardnem postopku pri vsaki spremembi napetostnega stanja časovno zasledujemo deformiranje vzorca. Tako izmerimo za vsako spremembo obremenitev vzorca konsolidacijsko krivuljo, ki jo izrazimo kot funkcijski odnos med deformacijo vzorca in časom. Ker je za kakovosten rezultat potrebnih čimveč manjših sprememb obremenitev vzorca, je tak, konvencionalen pristop dolgotrajen, prav tako pa nas tudi omejuje v načinu izvedbe preiskave. Zato smo v Laboratoriju za mehaniko tal na Tehniški fakulteti v Mariboru (LMT-TF) zastavili večletno raziskovalno delo, ki je imelo dva osnovna cilja. V geotehnične preiskave smo želeli vpeljati prednosti, ki jih nudijo računalništvo in sodobne merilne tehnike in tako doseči čim kakovostnejši izvedbo konvencionalnih preiskav, hkrati pa smo želeli razviti teoretično podlago in eksperimentalne postopke, ki bi omogočili vpeljavo novih testnih postopkov, pri čemer smo še posebej izpostavili pomen hitrih testov stisljivosti zemljin. Za doseg raziskovalnega cilja smo izdelali prototip monoaksialnega edometra s kontinuirnim obremenjevanjem (s katerim smo izvajali začetne eksperimentalne preiskave), kasneje pa še prototipa »biaksialnega« in »triaksialnega« edometra.

## 2. LABORATORIJSKA OPREMA

Edometrske preiskave s kontinuirnim obremenjevanjem vzorca zemljine se izvajajo na tako imenovanem merilnem modusu, ki ga sestavljajo laboratorijski aparati, merilna oprema ter računalniška strojna in programska oprema. Merilni modus je zasnovan tako, da omogoča poljubne konvencionalne in nekonvencionalne računalniško vodene preiskave zemljin.

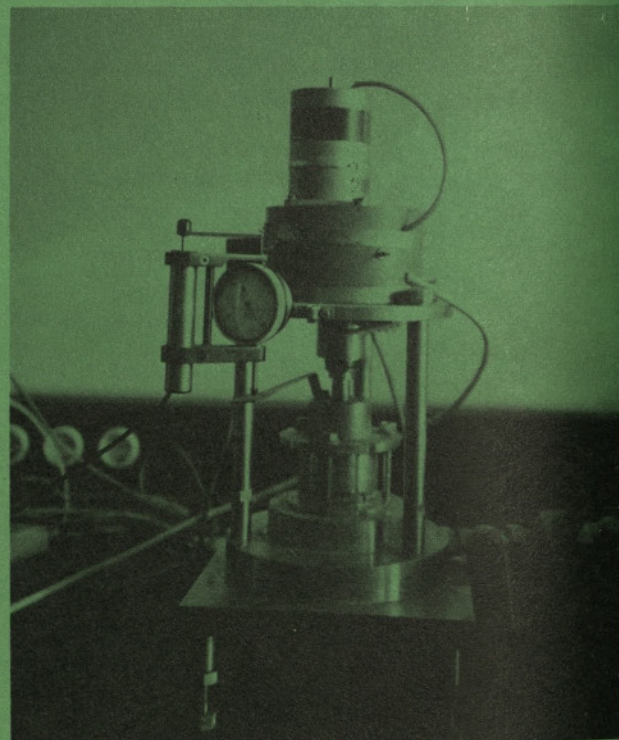


Slika 1. Merilni modus

### 2.1. Prototip edometra s kontinuirnim obremenjevanjem

Prototip edometrskega aparata s kontinuirnim obremenjevanjem smo razvili v LMT na TF med leti 1986–89. Sestavljen je iz trinožne nosilne konstrukcije, v katero se vstavi cilindrični jekleni oklep premera 50 mm in višine 20 mm. V oklep vgrajeni vzorec zemljine je ograjen na podložni in zgornji ploskvi vzorca s poroznim kamnom, ki preprečuje izpiranje finih zrn iz vzorca. Kapilarne cevke rabijo za iztok porne vode in jih lahko povežemo z merilci pornih tlakov ali menzurami, s katerimi merimo količino izcejene porne vode iz vzorca. Po potrebi lahko dosegamo popolno začetno zasičenost vzorca, ustvarjamo osnovni porni tlak v vzorcu, ipd. Na gornji rob vzorca pritiska bat, ki je prek reduktorja povezan s sinhronim izmeničnim elektromotorjem. Ta z rotacijo prek reduktorja omogoča pomik bata gor ali dol in tako povzroča obremenitve na gornjo ploskev vgrajenega vzorca zemljine. Na elektromotor sta vgrajeni sklopki, s katerima lahko izbiramo med ročnim in strojno vodenim preklapljanjem elektromotorja. Elektromoter je s kablom povezan na merilni sistem (DACQ), prek katerega dobiva komande za preklop oz. pogon določenega števila vrtljajev. Stikalo za ročno vodenje rabi za pomik bata pri vgrajevanju oz. ko izvzemamo vzorec zemljine iz aparata po končani preiskavi.

Kasneje smo razvili še prototipa edometrov, na katerih lahko ob enoosnih deformacijskih pogojih ugotavljamo dvoosno oz. triosno napetostno stanje. Delujeta po enakem principu kot opisani prototip, s tem da obremenjevanje izvajamo klasično, po napetostnih inkrementih ali pa kontinuirno, prek hidravličnega mehanizma.



Slika 2. Prototip edometra s kontinuirnim obremenjevanjem



## 2.2. Merilna oprema

Merilno opremo tvorijo:

- Merilci napetosti, ki so sestavljeni iz merilne sonde, vgrajene v aparat, veznega kabla in ojačevalca s kalibratorjem in indikatorjem napetosti.
- Merilci pornih tlakov, ki jih tvorijo merilne sonde, vgrajane na iztočne cevke aparata, kabli in ojačevalec z indikatorjem pornih tlakov.
- Merilci deformacij (pomikov) z merilnim tipalom, mikrometrom za direktno odčitavanje pomikov, kabli in ojačevalcem z indikatorjem pomikov.

## 2.3. Računalniška oprema

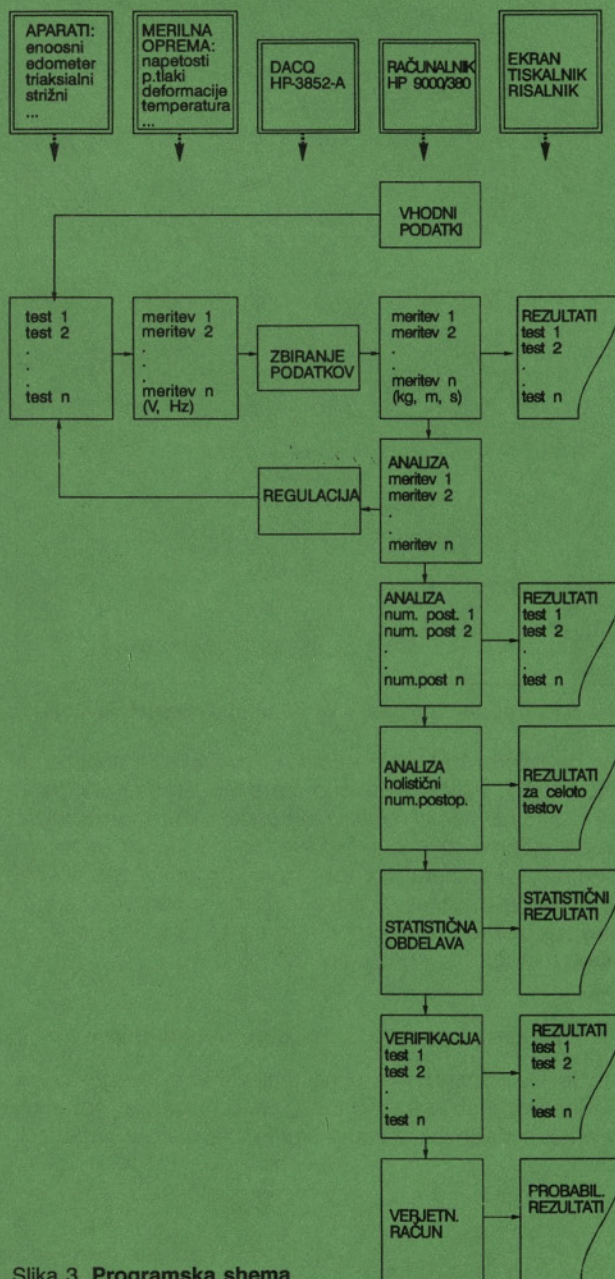
Strojno opremo tvori osebni računalnik HP 9000/310, ki predstavlja osnovo, prek katere s procesnim programom izvajamo preiskave zemljin po želeni poti. Osebni računalnik je s HPIB (IEEE-488) povezan na merilni sistem (Data acquisition) HP 3852-A. Na DACQ, ki je sestavljen iz voltmetra HP 44701A, 20-kanalnega multiplekserja in 16-kanalne izhodne karte, priključimo prek pretvornikov merilce, nameščene na aparatih. Izhodna karta nam omogoča povratno komuniciranje sistema z aparatom. Rezultate meritev lahko interpretiramo na ekranu, s printerjem in ploterjem v numerični ali grafični obliki.

Programsko opremo tvorijo:

- Procesni ukazi so zapisani na DACQ v programskem jeziku HP – BASIC – 5.1. Rabijo za komuniciranje v merilnem sistemu, prek katerega mikroračunalnik daje krmilne komande in prejema zelene meritve.
- Osnovni program za zagon in kontrolo izvedbe preiskav. Program omogoča izvedbo in interpretacijo rezultatov za več testov hkrati.
- Procesni programi za izvedbo konvencionalnih in hitrih edometriških preiskav zemljin. S programom, zapisanim na osebнем računalniku, podamo pogoje in potek preiskave ter zapis meritev in hranjenje rezultatov. Prav tako sproti po izbrani teoretični podlagi in glede na izbrane preizkusne pogoje izračunavamo zelene parametre.
- Programi za izračun parametrov glede na celoto preiskav.
- Programi za statistično obdelavo rezultatov preiskave.
- Programi za grafično interpretacijo rezultatov meritev, ki so uporabni za časovni prikaz spreminjanja merjenih spremenljivk ter za grafični prikaz soodvisnosti med posameznimi spremenljivkami.

## 3. MERILNI POSTOPEK

Merilni postopek je računalniško voden in teče avtomatsko, po izbranem poteku, ki ga programiramo za vsak tip testa. Osebni računalnik HP 9000/310 je s HPIB (IEEE-488) povezan na Data acquisition HP 3852-A. DACQ sestavljen iz voltmetra HP 44701A, 20-kanalnega multiplekserja in 16-kanalne izhodne karte je povezan s pretvorniki merilcev, ki so nameščeni na oz. ob aparatih. Meritve v obliki električne napetosti (mV) zbira na 20-kanalnem multiplekserju in jih nato pretvorjene v fizikalne

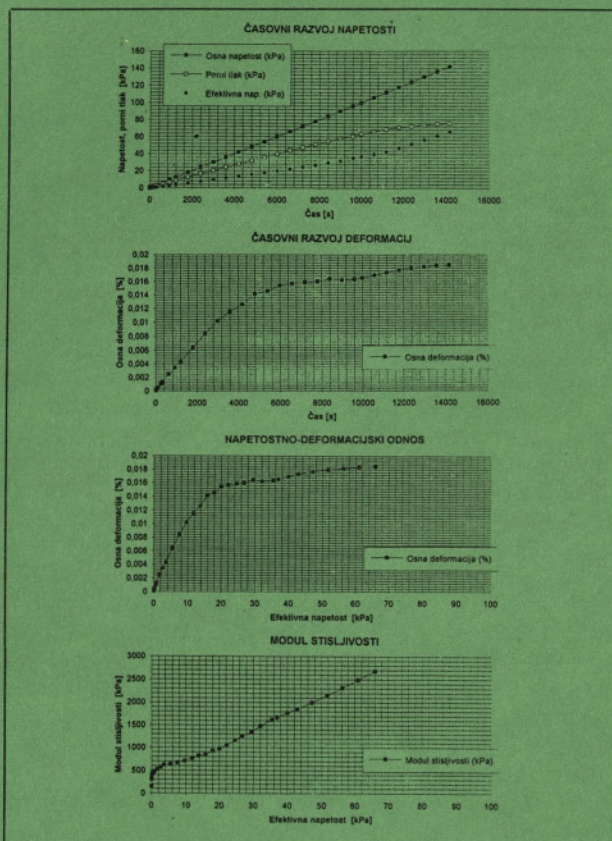


Slika 3. Programska shema

količine (kN, m, s) hrani v računalniku. Na podlagi sprotne analize meritev in programiranega poteka preiskave, prek izhodne kartice povratno krmili aparat. To dosežemo z zaganjanjem elektromotorja v eno ali drugo smer in določenim številom vrtljajev na posamezen časovni inkrement preizkusa. Prek mehanizma se tako ustvarjajo zelene obremenitve vzorca.

## 4. IZVEDBA TESTOV

Za praktično uporabnost merilnega modusa je vpeljan tristopenjski sistem dela. Na prvi stopnji izvajamo preiskave s hkratno analizo. Gre za teste, ki tečejo avtomat-



Slika 4. Hitri edometriški test s kontinuirnim obremenjevanjem

sko po naprej izbranem postopku. Meritve in analiza so avtomatske. Kadar izvajamo teste na aparatih, ki niso priključeni na merilni modus, izvedemo ročni vnos meritev. Druga stopnja analizira meritve že izvedenih testov in interpretira rezultate. Na tej stopnji so lahko uporabljeni zahtevnejši konstitutivni odnosi. Tretja stopnja določa in analizira celoto preiskav, pri tem pa se uporabljajo statistične metode in verjetnostni računi.

#### 4.1. Hitri test s kontinuirnim obremenjevanjem

Hitri test s kontinuirnim obremenjevanjem izvedemo na primerno opremljenem aparatu, tako da vzorec obremenjujemo s časovno zvezno spreminjajočo se obtežbo.

Test teče avtomatsko po poljubno izbranih poteh sprememb obremenitvenih napetosti, pornih tlakov, deformacij ali njihovih medsebojnih odnosov. Spremembe podamo v obliki časovne funkcije. Ob primerni teoretični podlagi se iz časovno izraženih meritev spremenljivk določijo napetostno-deformacijski odnosi in izračunajo iskani parametri. Na sliki 4 je prikazan primer hitrega edometriškega testa, kjer iz merjenih časovno izraženih sprememb napetosti, pornih tlakov in deformacij določimo napetostno-deformacijski odnos in modul elastičnosti.

## 5. SKLEPI

V dosedanjem raziskovalnem delu smo razvili izvirne testne postopke za izvajanje računalniško vodenih edometriških preiskav. Izpopolnili in razvili smo teoretične rešitve in numerične postopke, ki omogočajo ob konvencionalnih preiskavah tudi izvedbo hitrih testov. Za njihovo izvedbo smo uporabili konvencionalno opremo, prav tako pa smo razvili tudi prototipne edometriške aparate in merilno opremo. Edometriški aparati, opremljeni z merilno opremo ter povezani z računalniško strojno in programsko opremo, tvorijo merilni modus. Merilni modus omogoča računalniško vodenje preiskav, ki tečejo avtomatsko po vnaprej izbranih poteh. Zasnovan je tako, da ga je možno ob primerni opremi uporabiti tudi za ostale laboratorijske preiskave in preiskave na terenu.

Praktična uporaba edometra s kontinuirnim obremenjevanjem, ob uporabi merilnega modusa in predlaganih postopkov izvedbe računalniško vodenih preiskav, je pokazala nekaj bistvenih prednosti.

- Izvedba testov je enostavna in kakovostna. Testni postopek teče avtomatsko, po programiranem postopku, s hkratno izvedbo meritev in analizo rezultatov.
- Ob primerni teoretični podlagi in opremi je možno izvajati hitre teste. Tako je čas preiskave bistveno skrajšan, kar nam omogoča, da lahko v kratkem času izvedemo veliko število preiskav.
- Možna je izvedba več (konvencionalnih in hitrih) testov hkrati. Teoretična podlaga za izvedbo preiskav in kompatibilnosti izvedenih testov omogoča kasnejšo analizo celote testov. Tako se analizira vsak test zase in kasneje celota testov.
- Uporaba statističnih metod in verjetnostnega računa omogoča kakovostnejše rezultate.

## LITERATURA

1. Ludvik Trauner s sod.: »Edometer s kontinuirnim obremenjevanjem I. do IV.«, Raziskovalna naloga, Tehniška fakulteta Univerze v Mariboru, Slovenija, 1986–1989.
2. Bojan Žlender: »Procesno vodena edometriška preiskava«, Magistrsko delo, Tehniška fakulteta Univerze v Mariboru, Slovenija, 1989.
3. Ludvik Trauner, Bojan Žlender: »Procesno vodene edometriške preiskave«, Gradbeni vestnik, Ljubljana, Slovenija, str. 180–184, 1991.
4. Bojan Žlender, Ludvik Trauner: »Procesno vodene laboratorijske preiskave«, seminar Računalnik v gradbenem inženirstvu, Ljubljana, Slovenija, str. 158–165, 1992.
5. Bojan Žlender, Ludvik Trauner, Stanislav Škrabl: »Holistic determination of soil permeability«, Pannonian Applied Mathematical and Mechanical Meetings, Balatonfüred, Hungary, p. 195–206, 1992.
6. Bojan Žlender: »Določanje reoloških parametrov zemljin s hitrimi laboratorijskimi testi«, Doktorska disertacija, Tehniška fakulteta Univerze v Mariboru, Slovenija, 1993.
7. Bojan Žlender, Ludvik Trauner, Gorazd Lipnik: »Computer Guided Laboratory Tests«, International conference – Design to manufacture in modern industry, Bled, Slovenia, p. 563–570, 1993.
8. Bojan Žlender, Ludvik Trauner, Stanislav Škrabl: »Quick determination of physical properties of soil«, Pannonian Applied Mathematical and Mechanical Meetings, Balatonfüred, Hungary, 12. p., 1993.
9. Bojan Žlender, Ludvik Trauner, Stanislav Škrabl: »Računalniško vodene geotehnične preiskave«, 1. posvetovanje slovenskih geotehnikov, Bled-93, Slovenija, str. 15–24, 1993.

## ANDEZITNI TUF V SLOVENIJI — KULTURNA DEDIŠČINA NA GORENJSKEM

UDK 553.5:728.6:736

BRANKA ZATLER-ZUPANČIČ, ANA MLADENVIČ, ANTON RAMOVŠ, JOŽEF VESEL, CENE AVGUŠTIN

### POVZETEK

V severozahodnem delu Slovenije je za portale in okenske okvire kmečkih in meščanskih hiš ter pogosto sakralnih in graščinskih objektov uporabljan kamen zelene barve. Ta vrsta kamna je andezitni tuf in je iz kamnoloma Peračica, ki je obratoval od 16. do 20. stoletja. Nekaj tipičnih izdelkov predstavljamo s fotografijami, navajamo pa tudi tehnične lastnosti kamnine. Analizirane so še vrste poškodb na izdelkih ter opisane bistvene ugotovitve zadnjih geoloških raziskav, ker se pripravlja ponovno aktiviranje kamnoloma.

### ANDESITE TUFF IN SLOVENIA – PART OF THE CULTURAL HERITAGE OF GORENJSKA

### SUMMARY

Andesite tuff is a greenish stone which, in northwest Slovenia – Gorenjska (Upper Carniola), has been used in the past to make the door – frame and window – frame elements of town and rural houses, as well as, frequently, those of churches and manor-houses. It is found at the Peračica Quarry, which was worked from the 16th up until the early part of the 20th century. Some typical building elements made of andesite tuff are presented in the paper. The stone's technical characteristics are described, and the typical deterioration is analysed. Also given are the most important findings of recent geological studies, since the re-opening of the quarry is now planned.

**Avtorji:**

mag. Branka Zatler-Zupančič, dipl. inž. kemije  
Ana Mladenovič, dipl. inž. geologije  
Zavod za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana,  
Dimičeva 12  
dr. Anton Ramovš, dipl. inž. geologije, Univerza v Ljubljani,  
Fakulteta za naravoslovje in tehnologijo, Aškerčeva 2  
Jožef Vesel, dipl. inž. geologije, Geološki zavod Ljubljana,  
Dimičeva 14  
dr. Cene Avguštin, prof. umetnostne zgodovine, Gorenjski  
muzej, Kranj, Tavčarjeva 43

Prispevek je skupno delo slovenskih strokovnjakov s področja kamna, predstavljeno na 7. mednarodnem kongresu o poškodbah in obnovi kamna, ki je bil v Lizboni na Portugalskem od 15. do 18. junija 1992.

## 1. UVOD

Kjer danes pri gradnji stavb uporabljamo pretežno beton in opeko, so bili naši predniki vezani izključno na naravne lokalne materiale. Običajno so jih iskali na domačem področju, zato ima vsaka naša pokrajina pri izbiri in načinu gradnje svoje posebnosti.



Slika 1. Baročni portal in okni iz »zelenega kamna« – kmečka hiša iz 18. stoletja v vasi Posavec

Kulturno dediščino Gorenjske predstavljajo v stavbarstvu – ruralnem, meščanskem, sakralnem in graščinskem – elementi stavb in spomeniki, izdelani iz kamna značilne zelene barve (sl. 1, 2, 3, 4). Izdelki iz pastelno zelenega andezitnega tufa so posebnost Gorenjske ter pomemben del slovenske tehniške dediščine in narodove kulture.

Kamen so pridobivali v kamnolomu Peračica (sl. 5, 6, 7) od 16. do začetka 20. stoletja. Začetek sklenjene kamnoseške dejavnosti v tem kamnolomu povezujemo s prihodom družine Kocijančič, ki se je, po izročilu, v zgodnjem 17. stoletju priselila s Primorske. Mojstri so bili spretni, imeli so občutek za obliko in posluš za stilne značilnosti dobe [1]. Njihova delavnica je bila na Črnivcu (sl. 8). Na prehodu iz 19. v 20. stoletje sta pri takratnih gradnjah v mestih in vaseh štukater in fasader začela nadomeščati kamnoseka, zato je bil v tem stoletju kamnolom postopoma opuščen [1].

## 2. OHRANJENOST IZDELKOV

Izdelki iz andezitnega tufa so predvsem portali, okenski



Slika 2. Kapela iz leta 1898 v vasi Leše

okvirji ter stebri. Prevladujejo vertikalni elementi pod nadsreškom; sto do dvesto let stari izdelki so dobro ohranjeni (sl. 9). Poškodbe – površinska luščenja – opazimo predvsem na detajlih, ki omogočajo zadrževanje vode, kot npr. okenske police in reliefi na portalih (sl. 10), oziroma na elementih, postavljenih na tla v višini do 30 cm zaradi vplivov kapilarnega dviganja vode in odbojnega dežja (sl. 3 in 4).

Izdelki so dobro ohranjeni tudi zaradi dejstva, da je bil kamen uporabljen za gradnje v vaseh in manjših mestih brez industrije v pokrajini, porasli z gozdovi.

## 3. LASTNOSTI KAMNA

Prvi podatki o lastnostih kamnine iz kamnoloma Peračica so iz tridesetih let tega stoletja [2, 3, 4]. Primerjava ugotovljenih lastnosti andezitnega tufa v letih 1936, 1969 ter 1987 je navedena v preglednici 1.

Prvi vzorec je bil odvzet iz čela kamnoloma še med njegovim obratovanjem. Kasnejši rezultati izhajajo iz preiskav na jedrih iz vrtin v sklopu geoloških raziskav.

Kapilarni dvig in modul elastičnosti sta merjena na vzorcu kamnine iz poskusnega useka.

Petrografske analize vzorcev iz leta 1987 kažejo, da sta v kamnolomu dva tipa andezitnega tufa: pelitni in lapilni (preglednica 2).

Preglednica 1: Lastnosti andezitnega tufa Peračica

Vzorci iz leta			1936	1969	1987
Lastnosti	Metoda preiskave po JUS	Enota			
Prostorninska masa brez por in votlin	B.B8.032	(kg/m <sup>3</sup> )	2450	2490	2580
Prostorninska masa	B.B8.032	(kg/m <sup>3</sup> )	2100	2150	2178
Poroznost	B.B8.032	(%)	14,2	13,3	15,6
Vpijanje vode	B.B8.010	(% m/m)	9,6	6,4	5,8
Obstojnost – izguba mase po 5 ciklih v Na <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	B.B8.002	(% m/m)	1,1	0,7	0,7
Obraba pri brušenju	B.B8.015	(cm <sup>3</sup> /50 cm <sup>2</sup> )	23,7		26,4
Tlačna trdnost	B.B8.012	(MPa)	B.B8.012		
– suho stanje			64	101	210
– z vodo nasičeno stanje					113
– po 25 ciklih zmrzovanja					119
Upogibna trdnost	B.B8.017	(MPa)	B.B8.017		
– suho stanje					28,8
– z vodo nasičeno stanje					14,4
– po 25 ciklih zmrzovanja					13,8
Modul elastičnosti	U.M1.025	(MPa)			14.300
Kapilarno vpijanje vode	U.M8.300	(kg/m <sup>2</sup> h <sup>0,5</sup> )			0,59

Preglednica 2: Petrografska analiza (JUS B.B8.003)

Komponente (vol. %)	Vrsta andezitnega tufa	
	pelitni	lapilni
tufska kloritizirana in bentonitizirana masa	89	65
glinenci in kremen	6	30
klorit	3	2
steklo	1	2
goethit	0,3	0,0
manganovi oksidi	0,7	0,5
zeolit	0,0	0,5



Slika 3. Baročni portal iz 18. stoletja v vasi Zasip



Slika 4. Zgodnjeklasicistični portal kmečke hiše iz vasi Dobro Polje – postavljen leta 1795

#### 4. O NASTANKU IN RAZŠIRJENOSTI ANDEZITNGA TUF V SLOVENIJI

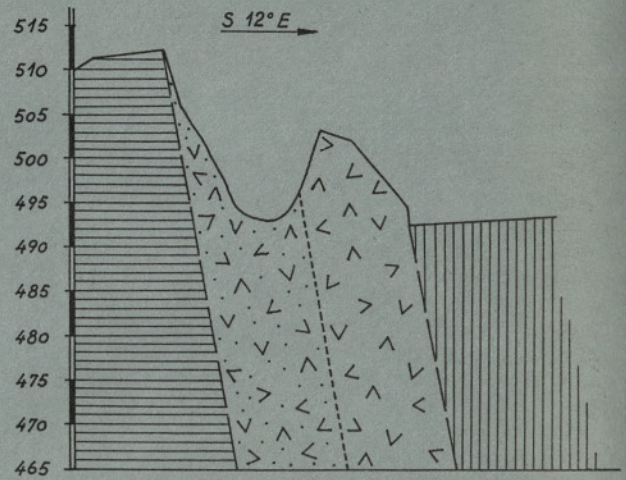
Rezultat oligocenskega vulkanizma ob smrekovškem prelomu na osrednjem Štajerskem v severni Sloveniji – pred približno 25 milijoni let – je bil olivno zeleni do sivkasto zeleni andezit. Pojavlja se na ozemlju Travnika, Komna in Smrekovca. Veliko številnejši so bili plinski izbruhi, ki so pustili, do tisoč metrov debelo skladovnico smrekovških plasti. Prevladujejo drobnozrnati in debelozrnati tufi pastelno zelene in olivno zelene barve, med njimi so tudi vulkanske breče. Tufi se pogosto menjavajo z glinenimi in lapornimi plastmi. Najbolj so razširjeni na Štajerskem, čistejši so predvsem v okolici Gorenja pri Velenju. Najpomembnejše slovensko nahajališče andezitnega tufa in vulkanske breče pa je v dolini potoka Peračica pri Brezjah na Gorenjskem, andezitni tuf iz te doline imenujejo tudi peračiški tuf [3, 4].

Preglednica 3: Ocena zalog za bloke minimalnih dimenzij (50 × 100 × 120 cm)

Vrsta kamnine Zaloge (m <sup>3</sup> )	Lapilni tuf	Pelitni tuf	Skupaj
nahajališče	30.500	20.500	51.000
bloki	1.236	828	2.064
tomboloni	2.400	1.600	4.000



Slika 5. Nahajališča andezitnega tufa v Sloveniji



LEGENDA

- siva laporna glina - krovnina
- laporna glina - talnina
- pelitni tuf
- lapilni tuf

Slika 6. Shematski geološki prerez nahajališča Peračica

#### 5. GEOLOGIJA NAHAJALIŠČA PERAČICA

V letu 1987 so bile na ozemlju površine 9 km<sup>2</sup> v dolini potoka Peračica opravljene pregledne, poldetajlne in detajlne geološke raziskave, in sicer na področju treh opuščenih kamnolomov.

Na tem področju se andezitni tuf oligocenske starosti [5] pojavlja v razmeroma globoki erozijski dolini pod kvartarnimi sedimenti nanosa reke Save.

Iz sistematičnih geoloških raziskav na površini 18.000 m<sup>2</sup> (11 raziskovalnih vrtin s skupno globino 244 m ter poskusni usek) sledi (sl. 6):

Slika 7. Kamnolom v Peračici, posnetek približno iz leta 1900





Slika 8. Delavnica za grobo obdelavo kamna v kamnolomu, posnetek približno iz leta 1900

- debelina produktivne plasti tufa je do 25 m, vendar je spremenljiva;
- posebnost tega nahajališča je serija konkordantnih plasti tufa in prikamnine, ki ima strm vpadni kot – povprečno 80° proti jugu;
- talnina je siva laporasta morska glina (sivica);
- meja s produktivno plastjo tufa je jasna, začne se s tufsko brečo; tej
- sledijo plasti drobnnozrnatega lapilnega tufa, ki prehaja v drobnnozrnat pelitni tuf;
- krovina pelitnega tufa je sivica.



Slika 9. Detajl s portala, postavljenega v 19. stoletju



Slika 10. Detajl s portala s slike 4, pelitni tuf

Prevladuje kontinuirna, ravna, plastovita zgradba. Produktivne plasti obeh različkov tufa so prekinjene s številnimi razpokami, z rušnimi conami ter s prelomi z manjšimi premiki. V prekinitvenih ploskvah je mogoče pogosto opaziti zaglinjenost, limonitizacijo in manganove dendrite.

Prekinitvene ploskve skupaj z značilno plastovitostjo sicer zmanjšujejo kompaktnost kamna, po drugi strani pa bi nekatere od njih lahko bile tudi v pomoč pri pridobivanju blokov oziroma še uporabnih kosov kamna. Predvsem v pelitnem tufu se pojavljajo vulkanske bombe premera do 1 m.

Orientacijske zaloge z območja detajlnih raziskav andezitnega tufa – izračunane na podlagi računalniške obdelave gostote in lege izmerjenih prekinitvenih ploskev – so navedene v preglednici 3. Izkoristek blokov v najugodnejši legi etaže bi znašal do 5%.

V nekaterih vrtnah je bilo pridobljeno kompaktno jedro dolgo tudi do 4,5 m, tako da predvidevamo možnost dobivanja blokov dimenzij 290 × 100 × 120 cm.

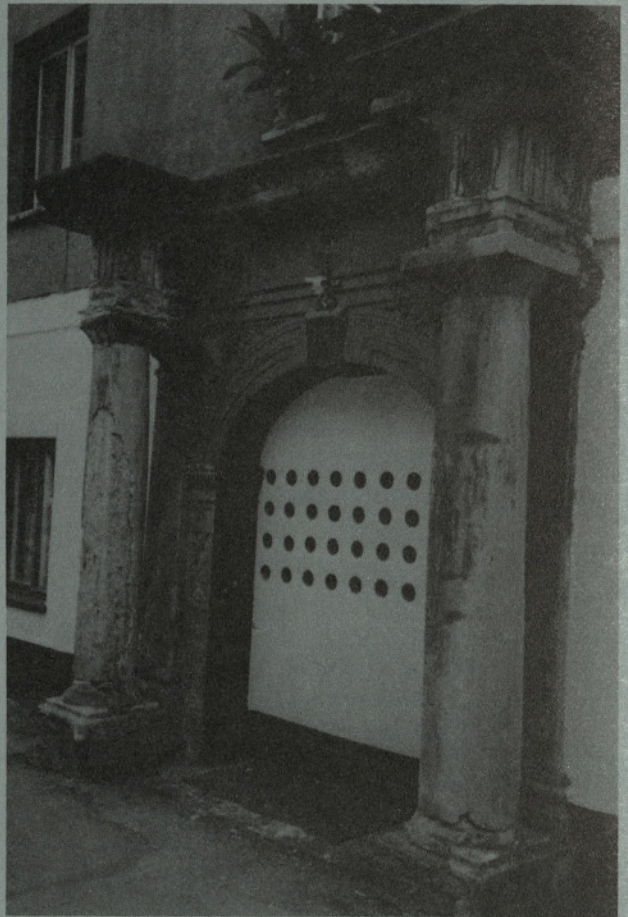
Poleg ponovnega aktiviranja opuščenih kamnolomov, predvsem za izvajanje restavratorskih del, raziskano nahajališče omogoča tudi odpiranje srednje velikega kamnoloma za proizvodnjo blokov.



Slika 11. Dejtalj s portala s slike 4, lapilni tuf

## 6. DISKUSIJA

Poškodovanost spomenikov kulturne dediščine smo šele začeli pregledovati. Rezultati kažejo, da je dosti manj poškodb pri pelitnem tipu tufa. Poškodbe so najizrazitejše na izdelkih iz lapilnega tufa (sl. 10, 11).



Slika 12 Portal hotela na Jesenicah je primer neustrezne obnove. Poškodovana površina stebrov je obdelana kar s cementno malto.

Pri pregledih ugotavljamo neprimerne načine obnove. Na sl. 12 je prikazan eden od primerov ravnanja s kulturno dediščino, ko so kamen »restavrirali« kar s cementno malto.

## 7. SKLEPI

Opravljeni geološke raziskave ter poznavanje lastnosti kamnine in vrste poškodb na izdelkih omogočajo:

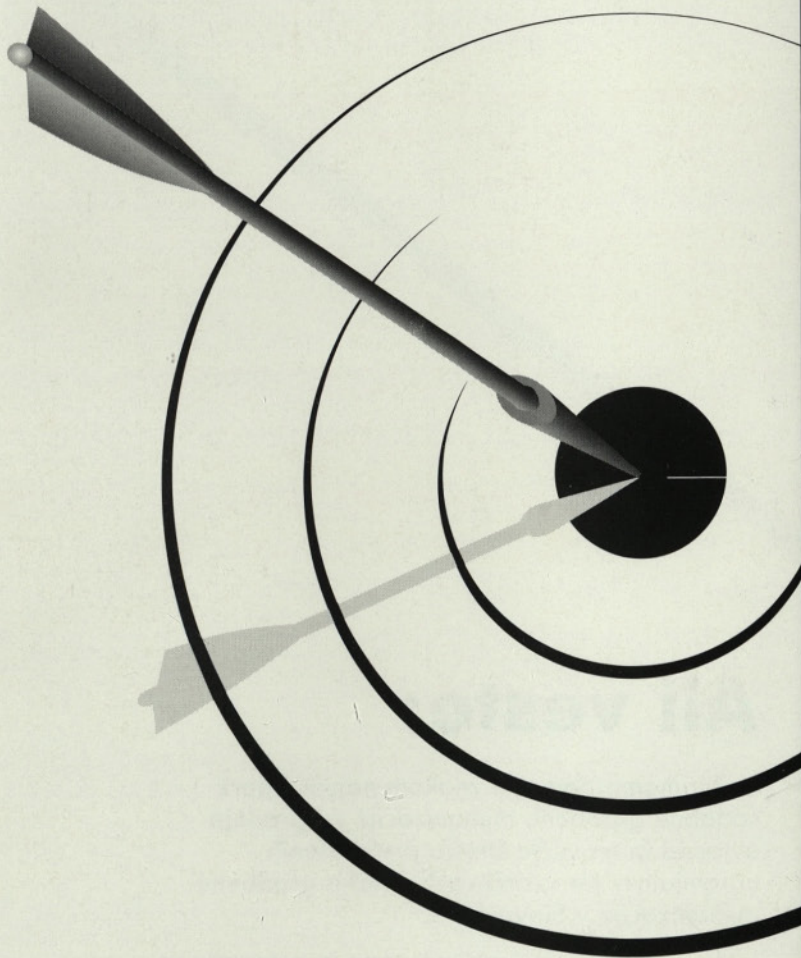
- ponovno aktiviranje opuščenega kamnoloma, ki bo dajal kamnino za restavratorska dela in nove gradnje;
- oblikovanje smernic za najprimernejši način obnove kulturnih spomenikov oziroma priporočil za ustrezno uporabo tega kamna pri novih gradnjah.

## LITERATURA

1. Avguštin Cene: Piračiški zeleni kamen v gorenjski arhitekturi, Geološki zbornik 8, 93–103, Ljubljana 1987
2. Duhovnik Jože: Diplomsko delo, Univerza v Ljubljani, 1936
3. Dolar-Mantuani Ljudmila: Piračiški grohi v Ljubljani, Kronika, 152–154, Ljubljana 1933
4. Dolar-Mantuani Ljudmila: Piračiški tufi, Vestnik geološkega inštituta kraljevine Jugoslavije 5, 123–168, Beograd 1937
5. Buser Stanko in sodelavci: Osnovna geološka karta SFRJ – Tolmač za list Celovec, 1 : 100.000, Zvezni geološki zavod Beograd.



**POSTANITE  
SOINVESTITOR ALI  
SOVLAGATELJ!**



**IMOS**  
DELNIŠKA DRUŽBA

Informacije: IMOS delniška družba LJUBLJANA  
Linhartova 11a, p.p. 99, 61109 Ljubljana  
telefon: 061 131 42 75, 131 42 44  
telefaks: 061 325 962

**PONUJAMO VAM  
IDEALNO LOKACIJO.**

V središču Ljubljane, za Bežigradom, v predelu, ki zagotavlja zasebnost stanovanjskim enotam in obenem vpetost v živahnost in dinamiko poslovnega dogajanja.

**NAČRTUJEMO IN GRADIMO  
PO SVETOVNIH STANDARDIH!**

Zgradili bomo dva poslovno-trgovska objekta, hotel visoke kategorije, stanovanjsko-poslovni objekt (vse s podzemnimi etažami); osrednji del bo pokrival park, hortikulturno bogat, namenjen sprehodom in sprostitivi.

**NALOŽBA ZA PRODRNE  
PROJEKT "BO 2/3"**

**USTANAVLJAMO KONZORCIJ!**

Po dveletnih intenzivnih pripravah začnemo z zbiranjem sredstev za pričetek gradnje, predvidene v juliju 1994.

Nudimo različne oblike partnerstva:

- direktni član konzorcija - soinvestitor, katerega želje in potrebe se upoštevajo že v projektni dokumentaciji;
- član konzorcija, ki s posredovanjem podjetja IMOS d.d. postane soinvestitor za stanovanja, lokale ali poslovne prostore;
- član konzorcija, ki s posredovanjem podjetja IMOS d.d. postane sovlagatelj (naložba brez tveganja, boljši donos kot bančno varčevanje).

*z a d e t e k v*

**POLNO!**