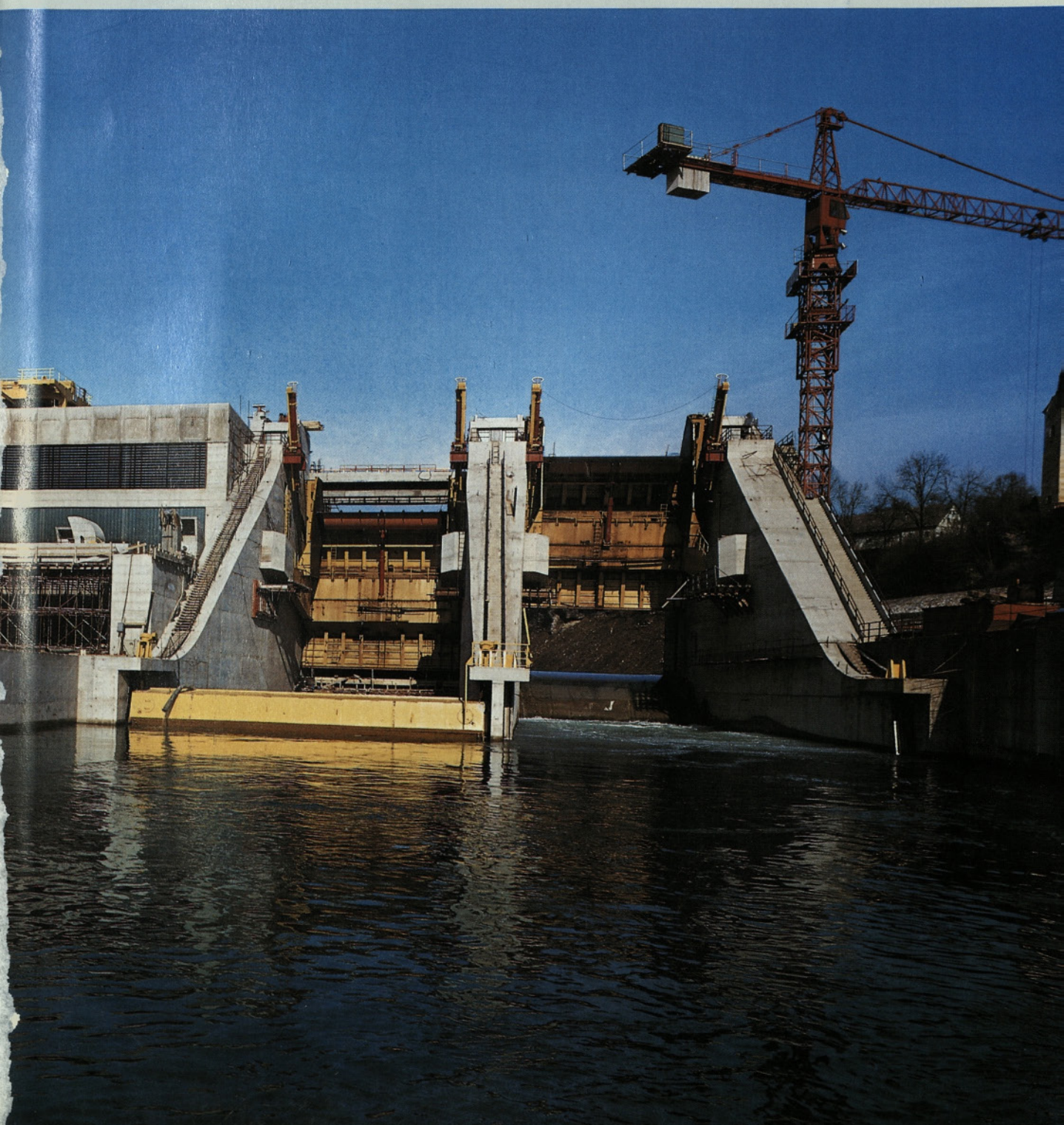


# GRADBENI VESTNIK

## 9-10

HIDROELEKTRARNA MAVČIČE –  
PROJEKT IB ELEKTROPROJEKT LJUBLJANA







# GRADBENI VESTNIK

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE  
ŠT. 9-10 • LETNIK 36 • 1987 • YU ISSN 0017-2774

## VSEBINA-CONTENTS

<b>Clanki, študije, razprave</b> <b>Articles, studies, proceedings</b>	Franc Zupan HIDROELEKTRARNA MAVČIČE JE ZGRAJENA . . . . . 192
	Rudi Rajar PROBLEMI MODELIRANJA TURBULENTNIH TOKOV . . . . . 194
	Boris Pavličič EKONOMIKA ČISTILNIH NAPRAV Z AEROBNO STABILIZACIJO BLATA — PRIMERJAVA ČISTILNIH NAPRAV V MURSKI SOBOTI IN ŠKOFJI LOKI . . . . . 198
<b>Iz inozemstva</b>	Jože Ahačič OBRAMBNI JEZ PRED VIHARNIMI VALOVI NA VZHODNI ŠEDLI (OOSTERSCHELDE) — NIZOZEMSKA . . . . . 200
<b>Gradbena regulativa</b>	IZBOLJŠAVA GRADBENE REGULATIVE SKLEPI IN STALIŠČA OSME KONFERENCE DELEGATOV ZVEZE GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV HRVATSKE . . . . . 206
<b>Iz naših kolektivov</b> <b>From our Enterprises</b>	Lojze Cepuš . . . . . 208
<b>Jubilej</b>	Ciril Stanič VINKO KREGAR — OSEMDESETLETNIK . . . . . 212
<b>Poročila Fakultete za arhitekturo,</b> <b>gradbeništvo in geodezijo</b> <b>Proceedings of the Department</b> <b>of Civil Engineering</b> <b>University E. Kardelj, Ljubljana</b>	Rajko Rogač, Srečko Vratuša, Miran Lozej RAČUN PREČNE ARMATURE BETONSKIH ELEMENTOV PO METODI MEJNIH STANJ Z UPORABO RAČUNALNIKA . . . . . 213
<b>Informacije Zavoda za raziskavo</b> <b>materiala in konstrukcij</b> <b>Proceedings of the Institute for</b> <b>material and structures</b> <b>research Ljubljana</b>	Ultimate Shear and Torsion Strength Design by Means of Computer Andrej Zajc DOLOČANJE PARAMETROV ZRAČNE POROZNOSTI OTRDELIH BETONOV IN NJIHOV POMEN ZA ODPORNOST PROTI UČINKU MRAZA TER MRAZA IN SOLI . . . . . 219

**Glavni in odgovorni urednik: SERGEJ BUBNOV**

**Tehnični urednik: DANE TUDJINA**

**Lektor: ALENKA RAIČ**

**Uredniški odbor: FRANC ČAČOVIČ, VLADIMIR ČADEŽ, JOŽE ERŽEN,**  
**IVAN JECELJ, ANDREJ KOMEL, DR. MIRAN SAJE**  
**STANE PAVLIN, JOŽE ŠČAVNIČAR, BRANKA ZATLER-ZUPANČIČ**

Revija izdaja Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15, telefon 221 587. Tek. račun pri SDK Ljubljana 50101-678-47602. Tiska tiskarna Tone Tomšič v Ljubljani. Revija izhaja mesečno. Letna naročnina skupaj s članarino znaša 2000 din, za upokojeince in študente 1000 din, za podjetja, zavode in ustanove 20.000 din, za inozemstvo 50.00 US dolarjev. Revija izhaja ob finančni podpori Raziskovalne skupnosti Slovenije, Splošnega združenja gradbeništva in IGM Slovenije, Zveze vodnih skupnosti Slovenije, Zavoda za raziskavo materiala in konstrukcij Ljubljana in Fakultete za arhitekturo, gradbeništvo in geodezijo.



## Hidroelektrarna MAVČIČE je zgrajena

UDK 627.8.09

FRANC ZUPAN

### Povzetek

Podana je vloga hidroelektrarne Mavčiče v elektroenergetskem sistemu Slovenije in njen pomen za nižje ležečo verigo savskih elektrarn.

Opisani so glavni vplivi akumulacijskega bazena na okolje ter ukrepi za preprečevanje oziroma omiljenje negativnih vplivov.

### 1. UVOD

Hidroenergija je najpomembnejši obnovljivi vir energije v Sloveniji.

Ob sicer skromnih lastnih energetskih virih bo kljub odločitvi za varčevanje z energijo in preusmerjanje gospodarstva v proizvodnjo z manjšo specifično porabo energije na enoto proizvoda potrebno izkoriščati ta največji obnovljivi vir energije, ki ga Slovenija premore.

V Sloveniji je sedanja letna proizvodnja energije v obstoječih hidroelektrarnah ca. 3 milijarde kWh, kar predstavlja ca. 30 % letne proizvodnje električne energije v SRS. Današnja ocena tehnično izkoristljivega hidropotenciala znaša ca. 7,6 milijarde kWh. To pomeni, da je izrabljeno ca. 40 % tehnično izkoristljivega potenciala.

Kot vsaka dejavnost tudi izkoriščanje vodnih virov energije ni brez negativnih vplivov na okolje.

Načrtovanje objektov mora težiti k temu, da bodo spremembe v okolju, ki so nujna posledica gradnje teh objektov, čim manj boleče oziroma take, da bodo v največji možni meri sprejemljive za vse dejavnike v družbi.

Problematiko, vezano za gradnjo hidroenergetskih objektov v SRS, je potrebno analizirati kompleksno, načrtovanje posameznih objektov pa mora v največji možni meri upoštevati tudi vse ostale parcialne in lokalne interese, tako da postanejo objekti, za katere se družba odloči, resničen prispevek k celotnemu hitrejšemu in kakovostnejšemu razvoju.

Brez globalnega načrtovanja hidroenergetskih in vodnogospodarskih objektov, z analiziranjem le posameznih objektov, se navadno zelo na hitro in površno ugotavlja, kako majhen je prispevek posameznega objekta k celotni porabi in kako veliki so negativni vplivi na okolje. Ob takem analiziranju je potem malo hidro objektov takih, ki so deležni večinske podpore in se lahko realizirajo.

Avtor:

Franc Zupan, IB, dipl. ing. gr., Elektroprojekt,  
Hajdrihova 4, Ljubljana

Za vse ostale «nesprejemljive hidroelektrarne» pa so v sedanjih razmerah alternative le nove termoelektrarne ali nuklearne elektrarne, ki pa prav tako imajo negativne vplive na okolje.

### 2. VLOGA HE MAVČIČE V HIDROENERGETSKEM SISTEMU

Slovesnost ob otvoritvi hidroelektrarne Mavčiče 31. julija 1986 s prisotnostjo najvišjih predstavnikov družbenopolitičnih organizacij, elektrogospodarstva ter zainteresiranih gospodarskih organizacij je označila začetek dela novega energetskega objekta slovenskega elektrogospodarstva.

Velike potrebe po variabilni energiji v elektroenergetskem sistemu Slovenije in še posebej na območju Ljubljane so zahtevale visoko instalirano moč hidroelektrarne Mavčiče. Od skupne letne proizvodnje 83 GWh predstavlja 65 GWh delež variabilne energije, proizvedene v 12 urah dnevno. V ožji štiriurni konici pa hidroelektrarna Mavčiče proizvede 34 GWh. Instalirana moč obeh agregatov je 38 MW. Ob srednjem letnem pretoku Save v profilu elektrarne 66,7 m<sup>3</sup>/sek je instalirani pretok obeh agregatov 2 × 130 = 260 m<sup>3</sup>/sek. Faktor instaliranosti je 3,9 in je najvišji od vseh hidroelektrarn v Sloveniji.

Hidroelektrarna Mavčiče predstavlja skupaj z že zgrajeno hidroelektrarno Medvode čelno elektrarno za bodočo nižje ležečo verigo savskih elektrarn, ki bo lahko tako ekonomsko obratovala v dnevnem vršnem režimu po principu pretočne akumulacije.

Od skupne vsebine 10,7 milijona m<sup>3</sup> vode je ob normalni denivelaciji za 1,7 m uporabna prostornina 1,7 milijona m<sup>3</sup>, ob izredni še možni denivelaciji bazena za 3,3 m pa 3,3 milijona m<sup>3</sup> vode.

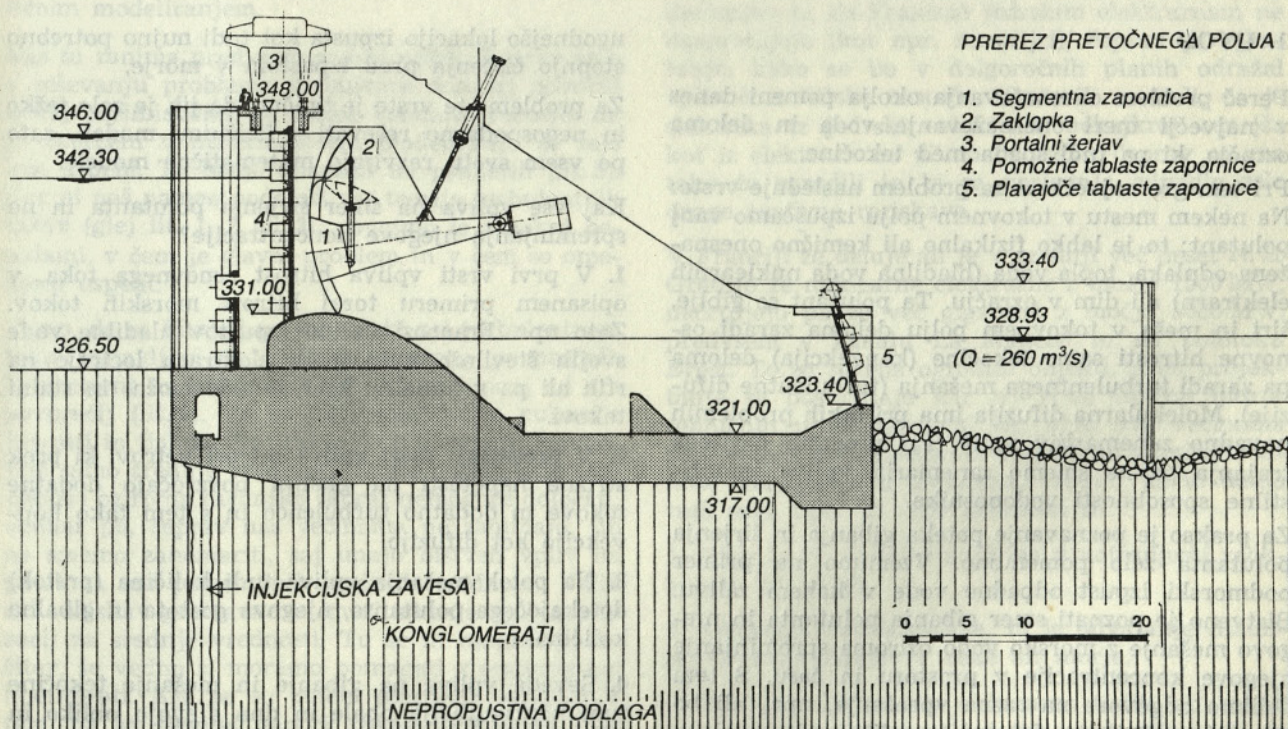
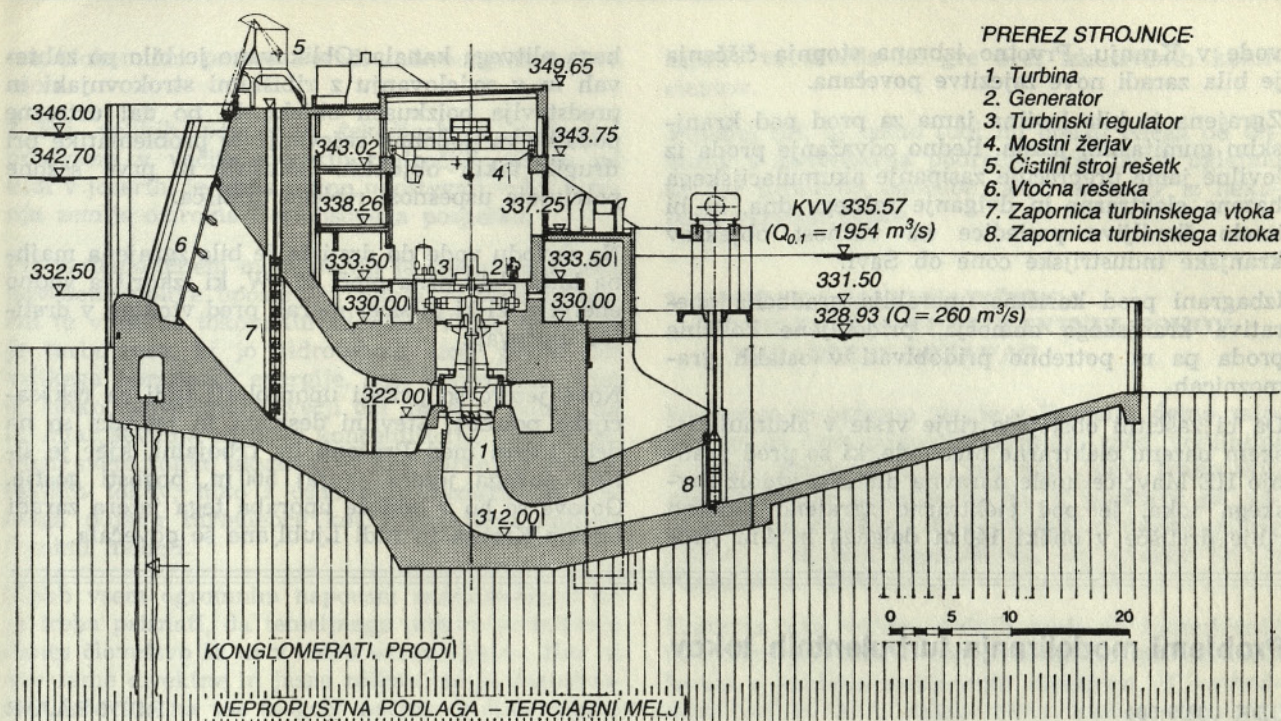
### 3. VPLIV HIDROELEKTRARNE NA OKOLJE

Zajezitev reke Save v profilu elektrarne za 17 m je ustvarila akumulacijsko jezero skupne prostornine 10,7 milijona m<sup>3</sup> vode.

Vpliv dviga gladine Save na izgube vode iz akumulacije in s tem na podtalnico Kranjskega in Sorškega polja je bil analiziran ter spremljan v skladu z obsežnim programom opazovanj in analiz.

Program opazovanj se je pričel dve leti pred zajezitvijo in se nadaljeval 2 leti po začetni zajezitvi. Gladina podtalnice se je dvignila za 4 do 7 m, povečal se je dotok v podtalnico. Izgube vode iz akumulacije znašajo ca. 3 m<sup>3</sup>/sek.





Višji nivoji in večje količine podtalnice so povzročili, da se je na nižje ležečih travnikih ob Sori podtalnica dvignila nad površino. V končni fazi je izvedba drenažnih kanalov, ki bodo znižali in odvedli vodo s kmetijskih površin.

Izvedena je bila tudi zaščita pred dvignjeno podtalnico na 4 stanovanjskih objektih na vznožju terase v bližini Sore in 10 stanovanjskih objektih v vasi Mavčiče v neposredni bližini elektrarne.

Zaradi dvignjene podtalnice je bila pred njenimi škodljivimi vplivi izvršena sanacija nekaterih industrijskih objektov in zgrajena črpalnica za meteorne vode v industrijski coni ob Savi v Kranju.

Da bi preprečili poslabšanje kakovosti rečne vode, ki se v akumulacijskem jezeru umiri, in posredno prek nje tudi kakovosti podtalnice, ki se napaja tudi iz Save, je bila sofinancirana gradnja kanal-skih kolektorjev in čistilne naprave za odpadne



vode v Kranju. Prvotno izbrana stopnja čiščenja je bila zaradi nove zaježitve povečana.

Zgrajena je bila lovilna jama za prod pod kranjskim gumijastim jezom. Redno odvažanje proda iz lovilne jame preprečuje zasipanje akumulacijskega bazena elektrarne in dviganje rečnega dna, ki bi imelo škodljive posledice na varnost objektov kranjske industrijske cone ob Savi.

Izbagrani prod koristno uporablja gradbena operativa kranjskega območja, pridobljene količine proda pa ni potrebno pridobivati v ostalih gramoznicah.

Da bi zaščitili obstoječe ribje vrste v akumulacijskem bazenu elektrarne Medvode, ki so pred gradnjo HE Mavčiče imele naravna drstišča vzdolž savskega toka, je pod elektrarno zgrajeno umetno ribje drstišče v obliki 140 m dolgega in 4 m širo-

kega plitvega kanala. Oblikovano je bilo po zahtevah in v sodelovanju z ribiškimi strokovnjaki in predstavlja poizkusen objekt, ki bo dal ustrezne podatke za podobno reševanje te problematike pri drugih takih objektih. Izkušnje iz prve sezone potrjujejo uspešnost ribjega drstišča.

Na dovodu vode do drstišča je bila zgrajena majhna hidroelektrarna moči 60 kW, ki izkorišča vodno energijo, ki bi jo sicer morali pred vtokom v drstišče uničevati.

Novo jezero so pričeli uporabljati tudi za rekreacijske potrebe. Številni deskarji in jadralci so na delu jezera med Prašami in Trbojami, kjer je širina novega jezera skoraj 500 m, pogosti gostje. Gotovo se bo v bodoče uporaba tega jezera zaradi bližine Kranja in tudi Ljubljane še povečala.

## Problemi modeliranja turbulentnih tokov

UDK 532.5:504

RUDI RAJAR

### 1. UVOD

Pereč problem onesnaževanja okolja pomeni danes v največji meri onesnaževanje voda in deloma ozračja, ki pa tudi spada med tekočine.

Pri tem gre največkrat za problem naslednje vrste: Na nekem mestu v tokovnem polju izpuščamo vanj polutant; to je lahko fizikalno ali kemično onesnažena odplaka, topla voda (hladilna voda nuklearnih elektrarn) ali dim v ozračju. Ta polutant se giblje, širi in meša v tokovnem polju deloma zaradi osnovne hitrosti same tekočine (konvekcija) deloma pa zaradi turbulentnega mešanja (turbulentne difuzije). Molekularna difuzija ima pri takih problemih navadno zanemarljiv vpliv. Pri procesih daljšega trajanja pa ne smemo zanemariti vpliva samočistilne sposobnosti vodonosnika.

Za prakso je poznavanje poteka gibanja in širjenja polutanta zelo pomembno. Vzemimo na primer podmorski izpust odpadne vode v kakem zalivu. Bistveno je poznati smer gibanja polutanta in njegovo mešanje z morskovo vodo oziroma spreminjanje njegove koncentracije v prostoru in času. S tem dobimo odgovore na razna vprašanja, npr., ali bo »madež« polutanta dosegel kopališka ali hotelska področja v mejah dovoljene koncentracije ali jo bo presegel, ali se bo koncentracija dovolj hitro zmanjšala, da je možno računati na samočistilno sposobnost morja itd. Če znamo z matematičnim ali fizikalnim modeliranjem že pri projektiranju določiti potek tega gibanja, lahko naprej določimo naj-

ugodnejšo lokacijo izpusta kot tudi nujno potrebno stopnjo čiščenja pred izpustom v morje.

Za probleme te vrste je tipično, da jih je zelo težko in negospodarno reševati s fizičnimi modeli, zato po vsem svetu razvijajo matematične modele.

Kaj vse vpliva na smer širjenja polutanta in na spreminjanje njegove koncentracije?

1. V prvi vrsti vpliva hitrost osnovnega toka, v opisanem primeru torej hitrost morskih tokov. Zato npr. Francozi večino izpustov hladilne vode svojih številnih nuklearnih elektrarn locirajo na rtih ali pa v kanalih, kjer so zelo močni in stalni tokovi.

2. V precejšnji meri vpliva hitrost vetrov, ki prek strižne napetosti na gladini povzročajo dodatne tokove in dodatno turbulenco in s tem tako konvekcijo kot difuzijo.

3. Na potek mešanja vpliva tudi količina (pretok) dotekajočega polutanta, njegova gostota in gibalna količina.

4. Seveda vpliva na gibanje in mešanje tekočine tudi konfiguracija obale in dna s svojo obliko in hrapavostjo.

5. Pri tokovih v morju, še v večji meri pa v jezerih, je često zelo pomemben vpliv toplotne stratifikacije posameznih slojev, saj stabilna stratifikacija lahko bistveno zmanjša, nestabilna pa poveča turbulentno mešanje.

6. Kot smo že omenili, lahko pri procesih daljšega trajanja na potek koncentracije polutanta bistveno vpliva samočistilna sposobnost vodonosnika oziro-



ma biokemični procesi zaradi mikroorganizmov v njem.

7. Pri velikih površinah tekočinskega področja, predvsem v večjih morskih področjih, včasih pa tudi v jezerih, je treba nujno upoštevati vpliv vrtenja zemlje oziroma Coriolisovega pospeška.

Pri matematičnem modeliranju je treba vse zgoraj navedene vplive upoštevati. Skoraj v vseh primerih te vrste so tokovi turbulentni. V teh primerih je turbulenca, ki jo hidrotehnik sicer pozna kot velikega porabnika energije, celo dobrodošla: njej se lahko zahvalimo za večji del mešanja polutanta in zmanjševanja njegove koncentracije. Zato se po vsem svetu toliko ukvarjajo z modeliranjem turbulentnih tokov, tako z osnovnimi raziskavami samega pojava turbulence kot s praktično aplikativnimi modeli.

Kljub vsem ogromnim naporom znanstvenikov pa je treba priznati, da temeljnega pojava turbulence danes človeštvo še ni v celoti »razvozljalo«. Ker ni ene same direktne in jasne rešitve, se je znanstveniki lotevajo na vse mogoče načine: z dimenzijsko analizo, s teorijo vrtincev, z energijskimi metodami, pa s stohastičnimi metodami in z matematičnim modeliranjem.

Nas tu zanima predvsem zadnji način. Čeprav smo o reševanju problema turbulence dosedaj govorili dokaj pesimistično, pa lahko vendarle rečemo, da so doseženi v matematičnem modeliranju že zelo lepi uspehi. To bomo dokazali na primerih (lit. 5). Ker ni naš namen podajati vse teorije turbulentnih tokov (glej lit. 1, 2 ali 3), povejmo le z nekaj besedami, v čem je glavni problem in v čem so omenjeni uspehi.

Vemo, da so hitrosti pa tudi tlaki pri turbulentnem toku sestavljeni iz srednjih časovno povprečnih komponent in zelo naglih nihanj, odstopanj od teh povprečij (lit. 3). To so tako imenovane pulzacije hitrosti in tlakov. Za prakso so v glavnem pomembne samo srednje vrednosti. Same pulzacije je teoretično oziroma računsko skoraj nemogoče določiti, vendar pa, čeprav nas večinoma ne zanimajo, jih ne smemo zanemariti, saj imajo bistven vpliv na potek za nas pomembnih srednjih vrednosti. Velik del raziskav gre ravno v smeri iskanja vpliva pulzacij za srednje vrednosti. Tu še ni natančnih rešitev, še vedno si moramo pomagati z empiričnimi koeficienti. Kje pa so potem omenjeni uspehi? V tem, da so številni napori znanstvenikov privedli do univerzalnih konstant, ki jih ni treba iskati za vsak primer posebej, ampak danes že veljajo za večino problemov omenjenega tipa. Pri tem pa na tisoče člankov v svetovni literaturi dokazuje na podlagi primerjave z meritvami na modelu ali v naravi, da te konstante in metode matematičnega modeliranja turbulentnih tokov resnično dajo dobre in za prakso popolnoma uporabne rezultate. Pri tem dodatni členi v enačbah do neke mere natančnosti lahko tudi simulirajo biokemične procese,

čeprav tu seveda ne gre brez izkustvenih koeficientov.

Posebej (lit. 5) bomo tudi mi dodali enega od dokazov s slovenskega področja, prej pa si oglejmo še več primerov uporabe takih modelov iz nekaterih razvitih držav.

## 2. UPORABA MATEMATIČNEGA MODELIRANJA TURBULENTNIH TOKOV V NEKATERIH DRŽAVAH

Predvsem je opisano stanje v Franciji, delno zato, ker so na tem področju trenutno med vodilnimi v svetu, delno pa zato, ker avtor delo francoskih znanstvenikov najbolje pozna. V glavnem pa veljajo trendi razvoja v Franciji tudi za druge razvite države. Nekatero specifičnosti so opisane še za Nemčijo in ČSSR.

Francija ima večino vodnih moči že izkoriščenih in očitno je sklenila svoj energetske problem reševati z gradnjo nuklearnih elektrarn. V prihodnosti naj bi N. E. dajale 64 % celotne električne energije. Že v letu 1985 so proizvedli ca.  $136 \cdot 10^9$  kWh »jedrske« elektrike (Jugoslavija  $5,8 \cdot 10^9$  kWh). Zanimivo je, da Francozi jedrskim elektrarnam ne nasprotujejo (kot npr. Avstrijci), čeprav je vprašanje, kako se bo v dolgoročnih planih odražal vpliv černobilske nesreče. Ugotovili so tudi, da je elektrika iz jedrskih elektrarn nekajkrat cenejša kot iz elektrarn na plimo in oseko, čeprav so eno tako že zgradili in bi za naslednje odpadle zelo drage osnovne raziskave.

V Franciji že deluje ali je v gradnji več deset N. E. Gradijo že nuklearne elektrarne z močjo 1500 MW, načrtujejo pa že več gigantov z močjo 5000 MW, predvsem v kanalu La Manche in na polotoku Brest. To so seveda ogromni objekti. Pred projektante se postavljajo kar tri vrste tipično hidrotehničnih problemov. Od teh prva dva večinoma rešujemo z matematičnimi modeli turbulentnih tokov, tretjega pa s podobnimi modeli, ki so delno tudi tega tipa. Ti trije problemi so:

1. Cirkulacija vode in sodiuma v notranjosti reaktorjev (hlajenje).
2. Toplotno onesnaževanje, to je odvajanje hladilne vode reaktorjev v reke ali morje.
3. Varnost nuklearnih elektrarn: tistih ob rekah pred visokovodnimi valovi ter pred valovi, ki bi nastali v primeru rušenja pregrad vzvodno N. E. in ob morju pred valovi zaradi viharjev in pred potresnimi valovi (»tsunami«).

ad. 1. Ob tako velikem številu N. E. se Francozom splača razvijati lasten »know-how« in sami razvijajo razne tipe reaktorjev. Pri tem je mnogo matematičnega modeliranja turbulentnih tokov v notranjosti reaktorjev oziroma v njihovih hladilnih sistemih. Tu simuliranje tokov v različnih oblikah



hladilnih sistemov poda optimalne oblike za prevajanje toplote in izkoristke hlajenja, daje pa tudi odgovore na vprašanja varnosti, npr. kako bi proces hlajenja potekal ob raznih okvarah v sistemu. Izdelane imajo izredne matematične modele, ki so sposobni simulirati tridimenzionalno vse detajle tokov v notranjosti hladilnih sistemov, seveda ob upoštevanju spremenljive temperature in s tem gostote (vzgonski efekti).

**ad. 2.** Če vemo, da je pri N. E. za vsak MW moči potrebno zagotoviti pretok hladilne vode velikostnega reda ca.  $0,04 \text{ m}^3/\text{s}$  (odvisno od dopustne razlike temperature med hladilno in rečno vodo, ki znaša v različnih državah nekje od 8 do  $15^\circ\text{C}$ ), lahko izračunamo, da potrebuje N. E. z močjo 1500 MW pretok  $60 \text{ m}^3/\text{s}$ , za gigante bližnje bodočnosti s 5000 MW pa že blizu  $200 \text{ m}^3/\text{s}$ , kar je že skoraj srednji letni pretok Save pri Zidanem mostu. Ekološki predpisi so tudi tam strogi, predpisana je razdalja od izpusta, na kateri voda ne sme biti segreta za več kot  $1^\circ\text{C}$ . To često predstavlja za gradnjo N. E. omejitveni faktor, saj je ta pogoj možno doseči le ob reki s konstantno zagotovljenim velikim pretokom ali ob obali morja, kjer so morski tokovi res močni. Tu so matematični modeli turbulentnih tokov nenadomestljivi. Simulirajo lahko na stotine variant lokacij in pogojev in pokažejo, kako se »madeži« tople vode (z izotermami vred) širijo po reki ali morju. Posebno pri lokacijah ob morju je težko dobiti robne pogoje. Zato rešujejo ta problem tako, da najprej z bolj grobo numerično mrežo simulirajo široka področja (npr. celoten Rokavski preliv), nato pa upoštevajo rezultate teh modelov kot robne pogoje v ožje lociranem finem modelu. Često delajo celo v treh velikostnih razredih od globalnih modelov do lokalnih v bližini izpustov.

**ad. 3.** Vemo, da so varnostni predpisi za N. E. v vseh državah izredno strogi. Zato je treba za N. E. ob rekah preračunati vse vrste visokovodnih valov ob najnevarnejših hidroloških pogojih (»probable maximum flood«). Tako so pogoji varnosti še bistveno strožji kot npr. za zemeljske pregrade, kjer se navadno upošteva varnost ob desetisočletni vodi. Upoštevati je treba tudi valove zaradi zaporedne porušitve vseh pregrad, ki so na reki vzvodno od N. E. in lokacija N. E. mora biti varna pred poplavo ob vseh najneugodnejših okoliščinah. Vse te raziskave stimulirajo torej razvoj novih matematičnih modelov predvsem za simulacijo turbulentnih tokov. Razvoj modelov gre po eni strani z dveh dimenzij na tri, po drugi strani pa se razvijajo vedno popolnejši »modeli turbulence«, ki lahko vedno natančneje simulirajo vse detajle turbulentnih tokov. Pri tem se razvijajo tudi vedno boljše numerične metode in ob istočasnem razvoju računalnikov se dosega vedno boljša simulacija turbulentnih tokov. Numerična mreža je vedno finejša, vpliv turbulentnih strižnih napetosti v elementih tekočine, ki so manjši od numerične mreže, pa je zajet prek »modelov turbulence« tako popolno, da so skoraj že dosegli tisto, o čemer so

raziskovalci pred desetimi leti lahko le sanjali: popolna simulacija makroturbulence in zelo dobra simulacija elementov turbulence srednjega razreda, pri čemer pa je tudi upoštevan vpliv mikroturbulence na oba višja razreda. Na tem področju so francoski raziskovalci trenutno gotovo med prvimi na svetu, če ne celo prvi. Na Mednarodnem kongresu za hidravlične raziskave v Moskvi leta 1983 so pokazali film, ki je prikazoval najprej poskus na fizičnem modelu: tok skozi kockasto posodo z vtokom levo zgoraj in iztokom desno spodaj. Nato so pokazali isti tok, simuliran na matematičnem modelu: videli so se vsi detajli toka z vrtinci velikega in srednjega razreda.

Prav tako stimulirajo problemi varnosti N. E. razvoj matematičnih modelov za simulacijo nestalnega toka s prosto gladino, to je za simulacijo visokovodnih in porušitvenih valov. Na tem področju so enodimenzijski modeli že več let zelo popolni, razvoj pa gre v modeliranje toka v dveh dimenzijah (npr. razlivanje prek ravnin in dolin ob porušitvi nasipov), kjer pa so še vedno težave pri numeričnem reševanju enačb, stabilnosti in simuliranju robnih pogojev, tako da ta problem verjetno še nekaj časa ne bo dosegel stopnje »rutine«.

Do sedaj smo govorili le o matematičnih modelih, dejstvo pa je, da Francozi v prav tako veliki meri uporabljajo fizično modeliranje.

Na tem področju v primerjavi s stanjem v Sloveniji osupneš predvsem ob izredni merilni tehniki, ki je skoraj obvezno vezana na računalnike za direktno ovrednotenje in obdelavo podatkov, poleg tega pa so zelo zanimivi primeri, kjer sta matematični in fizični model povezana v skupno celoto in v »real-time« načinu računalnik krmili robne pogoje na fizičnem modelu. Kot primer lahko navedemo naslednje: valove zaradi zaporedne porušitve dveh pregrad v razmeroma dolgi in ozki dolini je možno dobro simulirati z matematičnim modelom, medtem ko bi bilo zaradi velike dolžine doline fizično modeliranje zelo težko in negospodarno. Vendar pa se pod drugo pregrado dolina razširi v ravnico, na kateri stojijo razni objekti in bi matematični model ne dal dovolj natančnih rezultatov. Zato je ta del zgrajen na fizičnem modelu; na mestu dotoka iz ozke doline pa je zgrajen krmilni mehanizem, ki ga računalnik vodi tako, da pretok doteka na model iz zgornjega dela doline po časovni funkciji, ki jo računa matematični model.

»Electricité de France«, francosko podjetje za električno energijo, ima v Chatouju v bližini Pariza svoj Hidravlični laboratorij, ki ima za naše pojme ogromne razsežnosti. Pokriva področje 10 ha, v njem dela na obeh področjih, fizičnem in matematičnem modeliranju, skupno ca. 600 ljudi, od tega 260 inženirjev. Vendar to ni edini hidravlični laboratorij v Franciji, saj imajo precej velika laboratorija tudi v Toulousu in v Grenoblu.

Ker govorimo v glavnem o matematičnem modeliranju turbulentnih tokov, moramo poudariti, da njihova uporaba še zdaleč ni samo pri načrtovanju nuklearnih elektrarn. Ista skupina raziskovalcev iz laboratorija v Chatouju izvaja pravzaprav program raziskav pod skupnim imenom »Problemi



varstva okolja«. Predvsem je treba občudovati široko znanje teh raziskovalcev, ki znajo skoraj vse, često zelo različne probleme reševati z istimi enačbami, pri tem pa znajo v vsakem specifičnem primeru presoditi pomen posameznih členov v enačbah in jih bodisi zanemariti bodisi preoblikovati. Pri tej presoji pa si često še pomagajo s fizičnimi modeli, ki so zaradi verifikacije matematičnih modelov še vedno nenadomestljivi. Enačbe, ki jih omenjamo, so vedno dinamična (Navier-Stokesova) enačba v dveh ali treh dimenzijah, kontinuitetna enačba ter enačba transporta snovi ali toplote. Predvsem prva, Navier-Stokesova enačba, se glede na pomen členov v njej bistveno spreminja od primera do primera: od kompletne enačbe s turbulentnimi napetostmi, pa prek poenostavljene St. Venantove enačbe pa do linearizirane dinamične enačbe. Ker vse tako različne probleme rešujejo z istimi ali podobnimi enačbami, večinoma uporabljajo tudi isto numerično metodo za reševanje, to je t. im. »metoda delnih korakov«, ki je v Franciji že udomačena in je vsekakor zelo uspešna. Seveda pa so tudi tu variante glede na vrsto problema, saj se uporablja (lit. 4) groba in fina numerična mreža, pravokotni in krivočrtni koordinatni sistem itd., vendar pa principi ostanejo isti. Vsekakor bi tudi na naših fakultetah moral biti princip poučevanja tak, da bi omogočil študentom osvojiti tak posplošeni način gledanja na probleme.

Naštejmo glavne vrste problemov, ki jih poleg problemov v zvezi z nuklearnimi elektrarnami rešujejo z omenjenimi matematičnimi modeli v Franciji, ki pa ob enem lahko predstavlja vse razvite države.

V zvezi s problemi morja računajo tri vrste problemov:

1. Gibanje v morju zaradi plime in oseke. To so zelo dolgi valovi z valovno dolžino ca.  $L = 600$  km, medtem ko so največje amplitude do 10 m. Zato vertikalne pospeške tu lahko zanemarimo v primerjavi s težnostjo in v bistvu se iz Navier-Stokesovih enačb dobi St. Venantove enačbe. Omenili smo že, da so ti modeli treh različnih »meril«, od generalnih modelov, kjer je velikost modela istega reda kot valovna dolžina (v St. Venantovih enačbah se lahko zanemari izmenjava gibalne količine zaradi disperzije), pa prek »srednjih« meril, kjer je velikost modela reda  $1/30$  do  $1/10$  valovne dolžine (pomemben je vpliv obale, vse člene v St. Venantovih enačbah je treba upoštevati), pa do detajlnih modelov za manjše zalive ali luke (ca.  $1/1000$  valovne dolžine).

Cilj vseh teh modelov je najprej določiti potek tokov, nato pa v kombinaciji s konvekcijsko-difuzijsko enačbo določiti bodisi širjenje odplak bodisi hladilne vode (N. E.) bodisi širjenje madežev nafte, razlite ob namišljenih ekoloških katastrofah, bodisi tudi spremembe v konfiguraciji dna ali obale zaradi erozije.

2. Tokovi v jezerih in rekah — problemi so podobni kot v morju: v jezerih je treba določiti potek hitrosti zaradi vetra in stratifikacije, v rekah pa dvo ali tridimenzijsko sliko hitrosti, nato pa računati širjenje kontaminantov ali toplote.

3. Matematično modeliranje tokov v ozračju je tudi doseglo že lep napredek. Z matematičnimi modeli »srednjega merila« lahko določajo generalni potek zračnih mas in vpliv reliefa na ta potek, z detajlnimi modeli pa tudi širjenje dima iz dimnikov (termoelektrarne) ali širjenje pare iz hladilnih stolpov termo oziroma nuklearnih elektrarn ob različnih meteoroloških pogojih.

V drugih evropskih državah so problemi in tendence razvoja matematičnega modeliranja podobni, razlike so pač zaradi specifičnih pogojev dežele. Tako je npr. v ZR Nemčiji pglavitni problem toplotno (pa tudi fizikalno-kemično) onesnaževanje rek, saj npr. ob Renu gradijo zaporedno N. E., katerih skupna hladilna toplota predstavlja resen ekološki problem. Na Češkem pa je velik problem pitna voda in se predvsem veliko ukvarjajo z modeliranjem hidrodinamičnih tokov in kakovosti vode v manjših akumulacijah za pitno vodo. Predvsem določajo sliko tokov v vertikalnem prerezu. Ker gre za pitno vodo, mora biti dovolj kisika po vsej globini in matematična simulacija za posamezne primere prikaže, če veter ali naravni dotoki oziroma iztoki lahko povzročajo dovolj dobro mešanje slojev, ali pa je potrebno poskrbeti za zadostno mešanje z umetnim dotokom in iztokom ali z drugimi ukrepi.

### 3. ZAKLJUČKI

1. Matematično in fizično modeliranje turbulentnih tokov je nujno potrebno in reševanje problemov onesnaževanja voda in ozračja.
2. Turbulenca je pri teh problemih večinoma dobrodošla, saj povzroča večji del širjenja in mešanja z ostalo tekočino in s tem zmanjševanje koncentracije.
3. Čeprav je sam osnovni pojav turbulence še danes uganka, pa je že mogoče simulirati procese turbulentnega transporta s točnostjo, ki za prakso večinoma zadošča.
4. Znanstveni razvoj gre predvsem v dve smeri: izboljšanje simuliranja vpliva majhnih vrtincev (mikroturbulence) na srednji tok ter v razvoj numeričnih metod, ki skupaj z razvojem računalnikov dajejo vedno boljše rezultate.

### Literatura

1. Tennekes, H., Lumley, J. L., A First Course in Turbulence, The MIT Press, 1972.
2. Rodi, W., Turbulence Models and their Application in Hydraulics, A State of the Art Review, IAHR Book Publication, Delft 1980.
3. Rajar, R., Uporaba teorije turbulentnega toka pri problemih onesnaževanja vodotokov in ozračja, Gradbeni vestnik, št. 10, Ljubljana, 1983.
4. Benque, J. P., Hauquel, A., Viollet, P. L.: Quelques modelisations numeriques en mecanique des fluides dans l'environnement (Nekaj numeričnih modelov v mehaniki tekočin v zvezi z okoljem). Francosko-jugoslovanski kolokvij o matematičnem modeliranju v hidravliki, Beograd, maj 1983.
5. Rajar, R., Četina, M.: Matematično modeliranje turbulentne difuzije, Gradbeni vestnik, št. 9, 1986.



## **Ekonomika čistilnih naprav z aerobno in anaerobno stabilizacijo blata — primerjava čistilnih naprav v Murski Soboti in Škofji Loki**

UDK 62-73:338.51

BORIS PAVLIČIČ

### **1. SPLOŠNO**

#### **1.1. Osnovni podatki o čistilnih napravah:**

	Murska Sobota	Škofja Loka
Investitor	SO Murska Sobota	SGP Tehnik, Škofja Loka
Projektantska organizacija	Zavod za urbanizem Maribor	HTK Hidroinženiring Ljubljana
Projektant	M. Rismal, dipl. gr. inž.	I. Kos, dipl. gr. inž.
Izvajalec	Smelt, Ljubljana	SGP Tehnik, Škofja Loka

#### **1.2. Obtežbe čistilnih naprav:**

	Murska Sobota		Škofja Loka
Hidravlična obtežba (l/s)	1. faza	70	120
	2. faza	70	120
Skupaj		140	240
Biološka obtežba (E)	1. faza	27.500	25.000
	2. faza	27.500	30.000
Skupaj		55.000	55.000
Gnilišče	1. faza	—	30.000
	2. faza	—	40.000
Skupaj		—	70.000

#### **1.3. Faze izdelave projektov in izgradnje čistilnih naprav**

	Murska Sobota	Škofja Loka
Izdelava projekta	1. faza — marec 1970 2. faza — marec 1970	maj 1972 september 1978
Začetek obratovanja	1. faza — marec 1972 2. faza — julij 1973	april 1974 julij 1981

#### **1.4. Centralni čistilni napravi komunalnih in industrijskih odpadnih vod:**

- Murska Sobota: ČN z aerobno stabilizacijo blata,
- Škofja Loka: ČN z anaerobno stabilizacijo blata in proizvodnjo bioplina.

### **2. EKONOMSKA ANALIZA**

V izbranem primeru obravnavamo 2 varianti čistilnih naprav s posebnim ozirom na ekonomsko primerjavo stroškov investicije in velikost letnih pogonskih stroškov. V tem primeru se stroški za izgradnjo čistilne naprave ne trošijo enkratno, ampak postopoma, pogonski stroški za eksploatacijo pa se spreminjajo po letih.

*Avtor:*

mag. Boris Pavličič, dipl. gr. inž., LB-ZB, Inštitut za ekonomsko investicijo, Ljubljana, Šubičeva 2.

Končni izbor najugodnejše variante dobimo na podlagi ekonomske primerjave vseh stroškov čistilne naprave.

Gospodarnost delovanja smo obravnavali tako z ožjega, tako imenovanega podjetniškega, kot tudi s širšega družbenega stališča. Ekonomičnejša bo tista čistilna naprava, ki bo imela v vsem predvidenem času svojega obratovanja (v vsej življenjski dobi) povprečno nižjo ceno proizvoda, ki ga opredelimo kot 1 m<sup>3</sup> ekvivalentnega efluenta, oziroma bo imela nižjo ceno na enoto biološkega onesnaženja vseh odpadnih voda, 1 E.

Pri oceni ekonomičnosti posamezne čistilne naprave smo upoštevali:

- a) organizacijski status obeh naprav,
- b) časovno odmaknjenost izgradnje oziroma začetek obratovanja,
- c) predvideno življenjsko dobo obeh čistilnih naprav ter
- č) zmogljivost posamezne čistilne naprave.



a) Do podatkov o razhodkih je bilo zelo težko priti, ker sta čistilni napravi enoti v sestavi TOZD in ne sestavljata samostojnih zaključnih računov.

Stroški, ki bremenijo čistilno napravo, so naslednji:

- stroški za tekoče vzdrževanje,
- stroški za investicijsko vzdrževanje,
- stroški za porabljeno električno energijo,
- stroški za porabljena tekoča goriva,
- stroški za osebne dohodke delavcev na napravi,
- drugi stroški,
- amortizacija (kot izraz vrednosti vloženega kapitala).

b) Vsi razhodki so izraženi v tekočih cenah, zato je bilo treba le-te preračunati na stalne cene. Za osnovo stalnih cen smo izbrali leto 1982.

c) Za obe čistilni napravi smo ocenili, da bo njuna dejanska življenjska doba 30 let (po literaturi: Technik, Band III). Razhodke obeh čistilnih naprav, izražene v stalnih cenah iz leta 1982, smo zaradi različnega izhodiščnega leta obratovanja izračunali za:

- Mursko Soboto: za leta od 1973 do vključno leta 2002,
- Škofjo Loko: za leto 1976 do vključno 2005.

č) Čistilni napravi sta po svoji projektirani kapaciteti (zmogljivosti) dokaj podobni:

- Škofja Loka: 1. faza 25.000 E, 2. faza 30.000 E, skupaj 55.000 E,
- Murska Sobota: 1. faza 27.500 E, 2. faza 27.500 E, skupaj 55.000 E.

Vse razhodke čistilne naprave smo preračunali na stalne cene iz leta 1982. Z indeksi, povzetimi iz zveznih in republiških statističnih podatkov, smo preračunali dejanske letne razhodke obeh čistilnih naprav na stalne cene od leta 1973 oziroma 1976 do leta 1983. Razhodke od vključno leta 1983 do konca predvidene 30-letne življenjske dobe obeh čistilnih naprav pa smo ocenili glede na trend razhodkov do leta 1983.

Skupni razhodki obeh čistilnih naprav v 30 letih obratovanja, izraženi v stalnih cenah iz leta 1982, znašajo pri čistilni napravi v Murski Soboti 137,769.466 din, pri čistilni napravi v Škofji Loki pa 201,672.741 din.

Razhodki čistilne naprave v Škofji Loki so za 46 % višji od razhodkov čistilne naprave v Murski Soboti.

Seveda pa iz tega še nismo mogli sklepati, da je čistilna naprava v Murski Soboti bolj gospodarna od tiste v Škofji Loki. Z ožjega podjetniškega stališča smo morali upoštevati še 2 elementa: dejansko količino in kakovost čiščenja odpadnih voda, s širšega narodno-gospodarskega stališča pa še njun dejanski učinek pri zmanjšanju onesnaženja okolja.

## 2.1. Ožji podjetniški vidik ekonomičnosti poslovanja čistilnih naprav

Ta vidik smo ocenili ob upoštevanju naslednjih 2 predpostavk:

- da so vse odpadne vode, ki grede skozi čistilno napravo, očiščene,
- da je količina prečrpane vode na čistilni napravi premosorazmerna porabljenemu številu kWh električne energije.

Koliko je čistilna naprava v posameznem letu dejansko prečrpala odpadnih voda, smo lahko ocenili le na podlagi občasnih meritev, deloma na podlagi realizirane vodarine in deloma porabljene električne energije. Tako smo prišli do podatka, da čistilna naprava v Murski Soboti ni očistila zaradi zastojev v 10 letih obratovanja okroglo 18 % vseh odpadnih voda (to pomeni, da ni obratovala ca. 66 dni v letu), čistilna naprava v Škofji Loki pa v 7 letih obratovanja okroglo 13 % odpadnih voda.

Količine odpadnih voda, ki sta jih čistilni napravi prečrpali do leta 1983 in dalje, smo zmanjšali za toliko, kolikor je posamezna čistilna naprava manj kakovostno čistila:

- čistilna naprava v Murski Soboti je in bo čistila s 95 % učinkom čiščenja,
- čistilna naprava v Škofji Loki je do leta 1983 čistila s 83 % učinkom; od takrat dalje pa smo ocenili zaradi investiranja v izpopolnitev tehnologije čiščenja povečavo za 10 %, to je 93 % učinek čiščenja.

Tako smo dobili količine enako kakovostnega efluenta, ki smo jih poimenovali ekvivalentni efluent (e. e.).

V 30 letih obratovanja naj bi tako čistilna naprava v Murski Soboti proizvedla 44,826.460 m<sup>3</sup>, v Škofji Loki pa 44,836.211 m<sup>3</sup> ekvivalentnega efluenta. To pomeni, da bosta čistilni napravi v vsej svoji življenjski dobi skupno proizvedli praktično enako količino ekvivalentnega efluenta.

Glede na ocenjene razhodke obeh čistilnih naprav v njuni 30-letni obratovni dobi in glede na količine v istem obdobju pridobljenega ekvivalentnega efluenta je cena 1 m<sup>3</sup> ekvivalentnega efluenta v Murski Soboti 3,07 din, v Škofji Loki pa 4,50 din.

Čistilna naprava v Murski Soboti je gledano s podjetniškega stališča za 47 % ekonomičnejša od čistilne naprave v Škofji Loki.

## 2.2. Širši družbeno-gospodarski vidik ekonomičnosti poslovanja čistilnih naprav

Oceniti smo morali, kolikšen delež odpadnih voda čistilni napravi očistita in kolikšnega deleža zaradi zastojev v obratovanju ne očistita. Za ustrezne odstotke neprečiščenih odpadnih vod je bilo



treba zmanjšati skupno biološko obremenitev posamezne čistilne naprave.

V 30 letih predvidenega obratovanja bo v skupnem znašala biološka obremenitev naprav v Murski Soboti 2,050.618 E, v Škofji Loki pa 2,204.574 E. Tako kot pri ekvivalentnem efluentu tudi pri biološki obremenitvi obeh čistilnih naprav ni bistvene razlike.

Glede na ocenjene razhodke obeh naprav in glede na biološke obremenitve v junju 30-letni obratovalni dobi je cena 1 E v Murski Soboti 67,18 din, v Škofji Loki pa 91,48 din.

Čistilna naprava v Murski Soboti je gledano s širšega družbeno-gospodarskega stališča za 36 % ekonomičnejša od čistilne naprave v Škofji Loki.

### 3. REZULTATI EKONOMSKE ANALIZE POSAMEZNIH RAZHODKOV ČISTILNE NAPRAVE

Postavlja se vprašanje, kaj vpliva na te razlike v ekonomičnosti obeh čistilnih naprav oziroma kateri razhodki v strukturi 1 E so najvišji?

Pri pregledu rezultatov analiz obeh čistilnih naprav smo ugotovili naslednje:

- da so v obeh čistilnih napravah razhodki za tekoče gorivo praktično enaki,
- da so v Murski Soboti razhodki za električno energijo in ostalo za 18 % višji,
- da so razhodki za tekoče vzdrževanje pri čistilni napravi v Murski Soboti višji od tistih v Škofji Loki za 75 %,
- da so po drugi strani razhodki v Škofji Loki za osebne dohodke višji od tistih v Murski Soboti za 25 %,
- da so bistveno višji stroški investicijskega vzdrževanja za 153 % in amortizacije za 257 % pri čistilni napravi v Škofji Loki.

Ti stroški predstavljajo 46 % cene biološkega onesnaženja 1 E.

Očitno je torej, da sta prav investicijsko vzdrževanje in amortizacija tisti dve postavki, ki v največji meri zmanjšujeta gospodarnost naprave v Škofji Loki.

### 4. SKLEP

Naj na koncu poudarimo naslednje:

- pri tej študiji smo uporabili le podatke o pretokih in bioloških obremenitvah iz redkih občasnih in trenutnih meritev, na samih ČN in pri pooblaščenih uradnih institucijah,
- investicijske in pogonske stroške smo dobili od upravljalcev čistilnih naprav,
- upoštevali smo predpostavko, da čistilni napravi delujeta po načelu dobrega gospodarja,
- težiščni del naloge je bil na sami tehniki primerjanja med danima napravama z namenom, da se ugotovi ekonomičnejša naprava,
- ti rezultati so podobni rezultatom drugod po svetu, npr. v ZR Nemčiji leta 1983. Tam ugotavljajo, da je izkoriščanje bioplina za lastno proizvodnjo energije za pogon čistilne naprave ekonomično le pri kapacitetah čistilnih naprav nad 50.000 oziroma 100.000 enot.

Končno oceno o tako pomembnem vprašanju, katera čistilna naprava je ekonomsko bolj upravičena od druge, pa sodimo, da se lahko izreče le takrat, kadar bi imeli na čistilnih napravah vgrajene merilce pretokov in biološkega onesnaženja, s katerimi bi kontinuirano merili količino prečrpane in očiščene vode ter kakovost oziroma učinek čiščenja.

Dokler pa teh merilnih aparatov upravljalci naprav nimajo, je težko dajati določene sklepe, kajti napačni izhodiščni podatki vplivajo na končne rezultate.

### Literatura

1. E. L. Grant, W. G. Ireson: *Principles of Engineering Economy*, Ronald Press, New York, 1960.
2. N. N. Abramov: *Snabdevanje vodom stanovništva, industrije i poljoprivrede*, Građevinska knjiga, Beograd, 1974.
3. *Anaerobe Abwasser — und Schlammehandlung — Biogastechnologie*, Band 36, München, 1983.
4. B. Pavličič: Referat, 4. redni letni strokovni seminar — Vodni dnevi 1974, Ljubljana.
5. B. Pavličič: *Tehnološka in ekonomska analiza naprav za obdelavo odpadnih vod z aerobno in anaerobno stabilizacijo blata*, magistrska naloga, Sveučilišče, Zagreb, januar 1985.



## Obrambni jez pred viharnimi valovi na Vzhodni Šeldi (Oosterschelde) — Nizozemska

UDK 627.514(492)

JOŽE AHAČIČ

### UVOD

Lani so na Nizozemskem končali velikanski vodo-gradbeni objekt na Vzhodni Šeldi, ki je s sistemom pregrad zaprl morske rokave Severnega morja in tako zagotovil večjo varnost pred poplavami velikega dela Nizozemske. Pričujoči informativni zapis podaja skrajšan pregled načrtovanja in gradnje tega objekta stoletja.

### ZGODOVINA

Nizozemska je dežela, ki bi bila brez človeškega posega stalno poplavljen, saj leži del dežele pod morsko gladino. Samo z gradnjo nasipov in jezov ter z zniževanjem podtalnice in površinske vode je mogoče obdržati »suhe noge«.

Dežela je v boju z vodo zaznamovala velike zmage, še več pa je doživljala porazov, ko so velike poplave zahtevale tisoče žrtev in ogromno materialno škodo. »Voda je naš prijatelj, vendarle tudi sovražnik«, velja ugotovitev Holandcev, saj le-ti lahko živijo samo od vode in zaradi nje. Pri pomembnih gospodarskih dejavnostih, trgovini, poljedelstvu in ribištvu je njih obstoj neposredno odvisen od rodovitnega področja ob ustjih delt treh velikih evropskih rek Rena, Meuze in Šelde (Rhein, Maas in Schelde).

Tisočletja pred n. š. je ležala gladina Severnega morja 17 m pod sedanjo, morje je bilo kopno in Temza pritok Rena. Po otalitvi ledenih področij na severnem in južnem tečaju pa tudi zaradi stalnega posedanja kopnega se je morska gladina počasi dvigala — ca. 20 cm v enem stoletju. Prebivalci so se vedno bolj čutili ogrožene in so se skušali zavarovati pred pogostimi poplavami predvsem z gradnjo manjših nasipov. V 13. stoletju so pričeli z osuševalno akcijo, ki naj bi jim tostran jezov zagotovila nove rodovitne površine. Po izumu mlina na veter v 14. stoletju pa je bila dana možnost osušitve številnih mlak in jezerc. Po uvedbi parnih mlinov je bilo mogoče osuševati tudi večje zamočvirjene površine, kot npr. Harlemsko jezero.

Tehnični napredek tega stoletja pa je omogočil ojezeritev že 1500 km<sup>2</sup> nekdanjega morja.

### KATASTROFA

Kljub človeškim naporom pa je skoraj vsaka generacija doživela poplavno katastrofo. Tako beležijo prebijanje obrambnih nasipov v letih 1717, 1775, 1808, 1825, 1894 in 1916. V noči na 1. febr. 1953 je orkanski severozahodnik razpenil Severno morje do neslutnih višin in povzročil katastrofalne posledice. Vzrok tej naravni ujmi je iskati v dolgotrajnem učinkovanju orkana in v istočasnem pojavu visoke plime. Na mnogih mestih je voda prebila obrambne nasipe in zalila nižjeležeče predele dežele. 1853 prebivalcev se je utopilo, porušeni je bilo 47.000 hiš, jezovi in nasipi pa so bili uničeni ali močno poškodovani v dolžini 187 km. Dežela se je komaj izognila še večji katastrofi. Če bi bili uničeni še nasipi v t. i. »Holandse IJssels«\*, potem bi bil poplavljen ves obmorski predel, ki leži 6 m pod gladino.

### NAČRT DELTA

Po letu 1953 so se Holandci dokončno zavedli in zakleli, da se taka katastrofa ne sme nikoli več ponoviti. Z realizacijo načrta DELTA naj bi med novo morsko potjo pri Rotterdamu in ustjem Šelde pregradili vse morske rokave s primernimi nasipi. Oba dostopa do roterdamskega in antwerpenskega pristanišča pa bi morala ostati odprta in prehodna.

Zaradi varnosti so bili takoj nadvišani vsi obrambni nasipi. S pregraditvijo morskih rokavov naj bi nastala močno utrjena morska obala, ki bi bila za 700 km krajša od obstoječe. Za pregradami naj bi nastala sladkovodna jezera, po kroni nasipov pa bi bile speljane prometnice (slika 1).

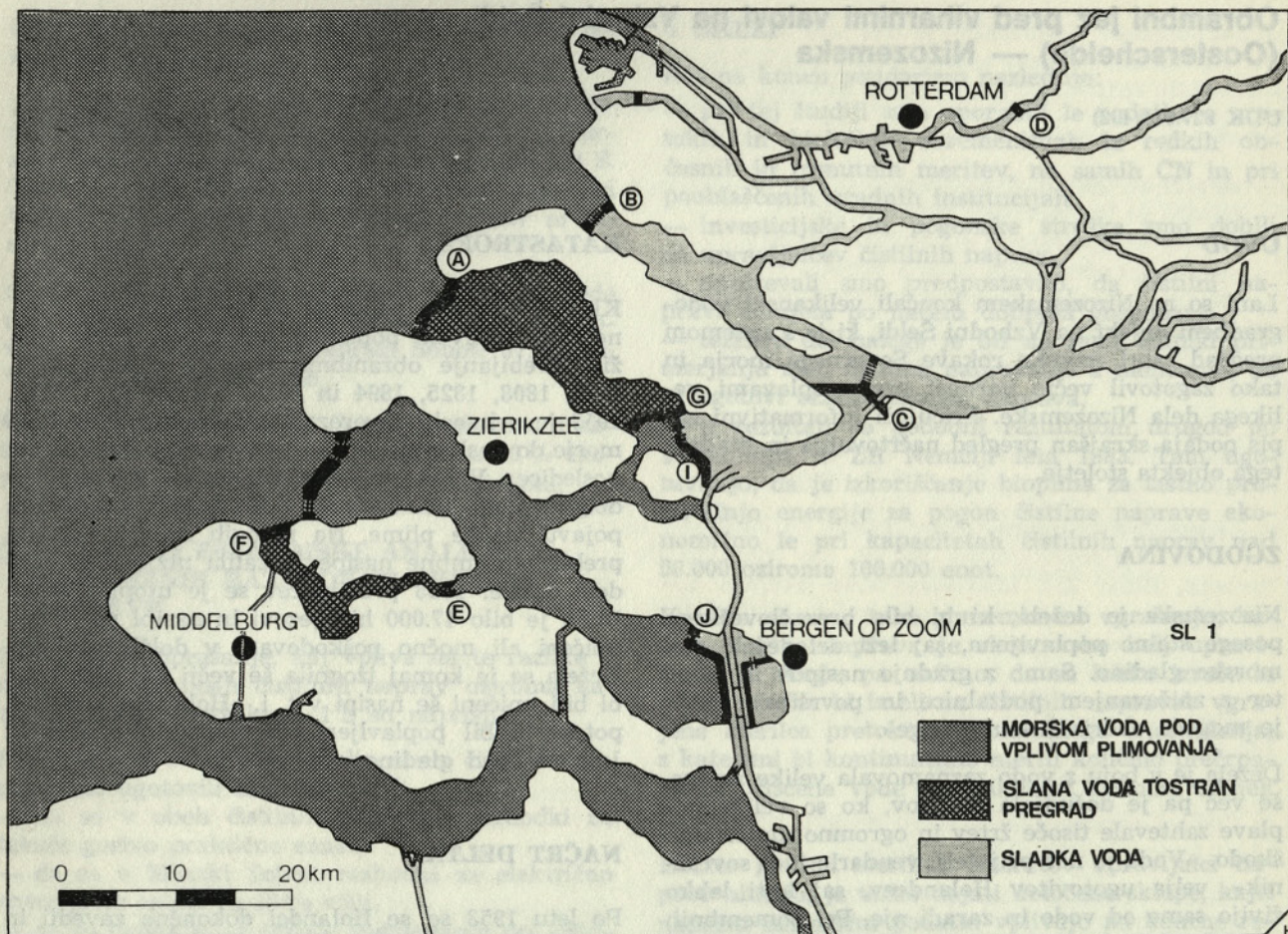
Za uresničitev te skrajno zahtevne zamisli je bilo treba razviti povsem novo vodogradbeno tehniko. Zaradi znatnih hitrosti vodnega toka je bilo treba z velikimi betonskimi stebri omogočiti delno zaježitev, skozi odprtine med njimi pa vodi dopustiti nemoteno pretakanje, dokler ne bi odprtine zaprli z zapornicami. Druga inačica pa je predvidevala zapiranje s pomočjo betonskih blokov, ki bi jih iz košev posebne žičnice metali v vodo in s tem ustvarili primeren nasip. Ta postopek je bil uporabljen pri zapiranju najtežavnejšega dela Vzhodne Šelde.

Prevod in priredba: Jože Ahačič

Naslov originala: Stormvloedkering, Oosterschelde, DOSBOUN, Netherland 1986.

\* Jezero IJssel je nastalo z izgradnjo velikega jezua, ki je zaprl Zuidersko jezero.





Slika 1. Načrt DELTA

### STROKOVNE RAZPRAVE

Po končani izgradnji naj bi Vzhodna Šelda izgubila značaj morskega rokava in slana voda naj bi se spremenila v sladko. Zaradi take preobrazbe bi se spremenil tudi ves rastlinski in živalski svet. Te predvidene spremembe pa so od začetka burile duhove zagovornikov varstva okolja, ki so razprave do skrajnosti zaostriili. Postavljeno je bilo vprašanje, kje so dopustne meje tehničnega napredka. Leta 1976 so se načrtovalci kompromisno odločili, da se obrambni objekt zgradi kot pregrada z odprtini, ki bi v normalnih razmerah omogočale prelivanje vode, pri premočnem navalu morja pa bi jih bilo moč zapirati. Tako je načrt DELTA zadovoljil obe strani in postal zgleden primer varovanja okolja.

### VARSTVO OKOLJA

Zaradi hitro tekoče slane vode, ki jo povzroča plimovanje, je Vzhodna Šelda idealno področje za življenje rakov, školjk, ostrig itd. Zamočvirjena tla posebej ustrezajo številnim ptičjim vrstam. Ti predeli se ob oseki zaradi osončenja segrevajo, pri plimi pa se toplota oddaja vodi, ki je zato toplejša

od Severnega morja. Zato predstavlja področje Vzhodne Šelde edinstveno gojitveno možnost za floro in favno.

### OBRAMBNI OBJEKT

Z enotnim in usklajenim načrtovanjem vodnega gospodarstva, gradbenih podjetij in laboratorijev je bil zasnovan in uresničen veličasten objekt Vzhodne Šelde, ki je slonel na vnaprej določenih glavnih smernicah:

- na dno struge morskoga toka se položijo betonski stebri,
- podnožja stebrov se okrepijo s trdnimi kamnitimi zložbami,
- odprtine med stebri se opremijo s pomičnimi jeklenimi tablam.

### TEMELJENJE

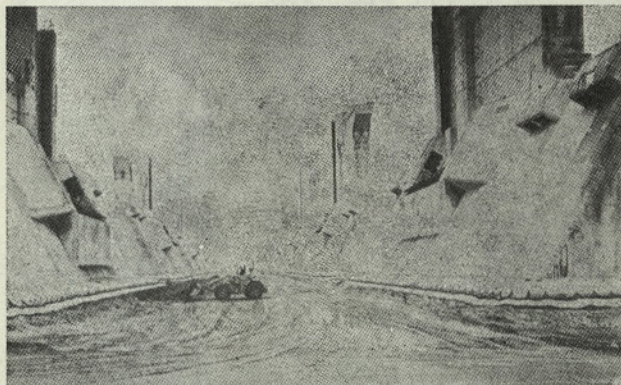
Morsko dno so pod predvidenimi stebri komprimirali na večjo nosilnost. Blatni nanos so nadomestili s peskom. S posebnimi vibrirnimi iglami so iz plavajočega objekta vibrirali dno do globine 18 m. Da bi preprečili izplakovanje peščenih zrn,



so na dno položili posebne preproge, sestojče iz peščenih in prodnih slojev, izdelane na gradbišču na bližnjem otoku. Preproge so s pomočjo velikih plavajočih valjev razgrnili po dnu, ki je bilo najprej z velikim sesalcem izravnano z veliko natančnostjo. Nato so nanje položili ogromne stebre, okrog njih pa na vsako stran po 600 m položili še dodatno preprogo iz filca, da bi preprečili izplakovanje dna.

### STEBRI

V posebnih 15 m globokih gradbenih jamah so vlivali ogromne stebre iz prednapetega betona, teže 18.000 ton, nakar so jamo preplavili, stebre z ogromnim žerjavnim plovilom dvignili ter postavili na določena mesta z natančnostjo 2 cm (slika 2).



Slika 2. Stebri

### VAROVALNO NASUTJE:

Temelje stebrov so obsuli z različnimi sloji iz pripeljanega kamna; za oblikovanje zgornjega sloja, ki naj bi zdržal erozijo vodnega valovanja, so s posebnim žerjavom položili do 10 ton težke kamnite bloke.

### KONČNA DELA NA KRONI PREGRADE

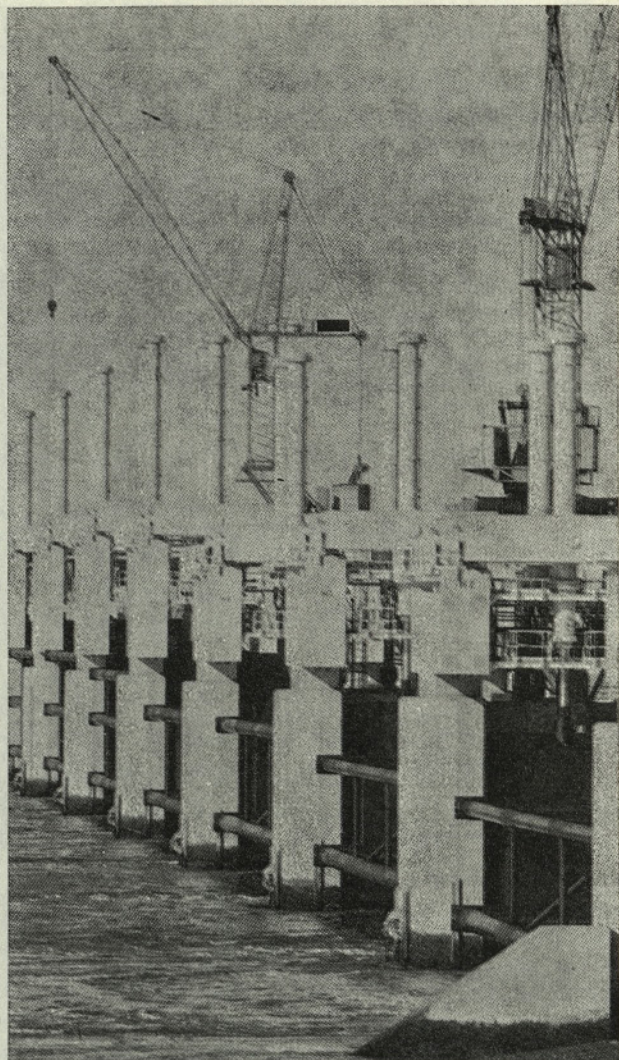
Na stebre so položili votle betonske nosilce, ki rabijo za namestitve različnih napeljav, na njih pa speljali avtomobilsko cesto. Na stebrih so montirani nastavki za montažo visečih zapornih tabel, ki se s pomočjo hidravličnih valjev lahko dvigajo in spuščajo.

Močni betonski nosilci povezujejo stebre pod vodo in v zgornjem delu; oboji so prefabricirani na gradbiščnem otoku (slika 3 in 3 a).

### OPREMA

V času gradnje je lastna elektrarna oskrbovala gradbišče s potrebnim tokom, ki pa se danes uporablja za premik zapornic.

Od gradbiščnega otoka do objekta je bil zgrajen začasen most, dolg 3 km. Ker plovba med stebri ni bila mogoča, so za prehod ladij zgradili na južnem delu otoka posebno zapornico 100 × 16 m.



Slika 3. Pogled z morja

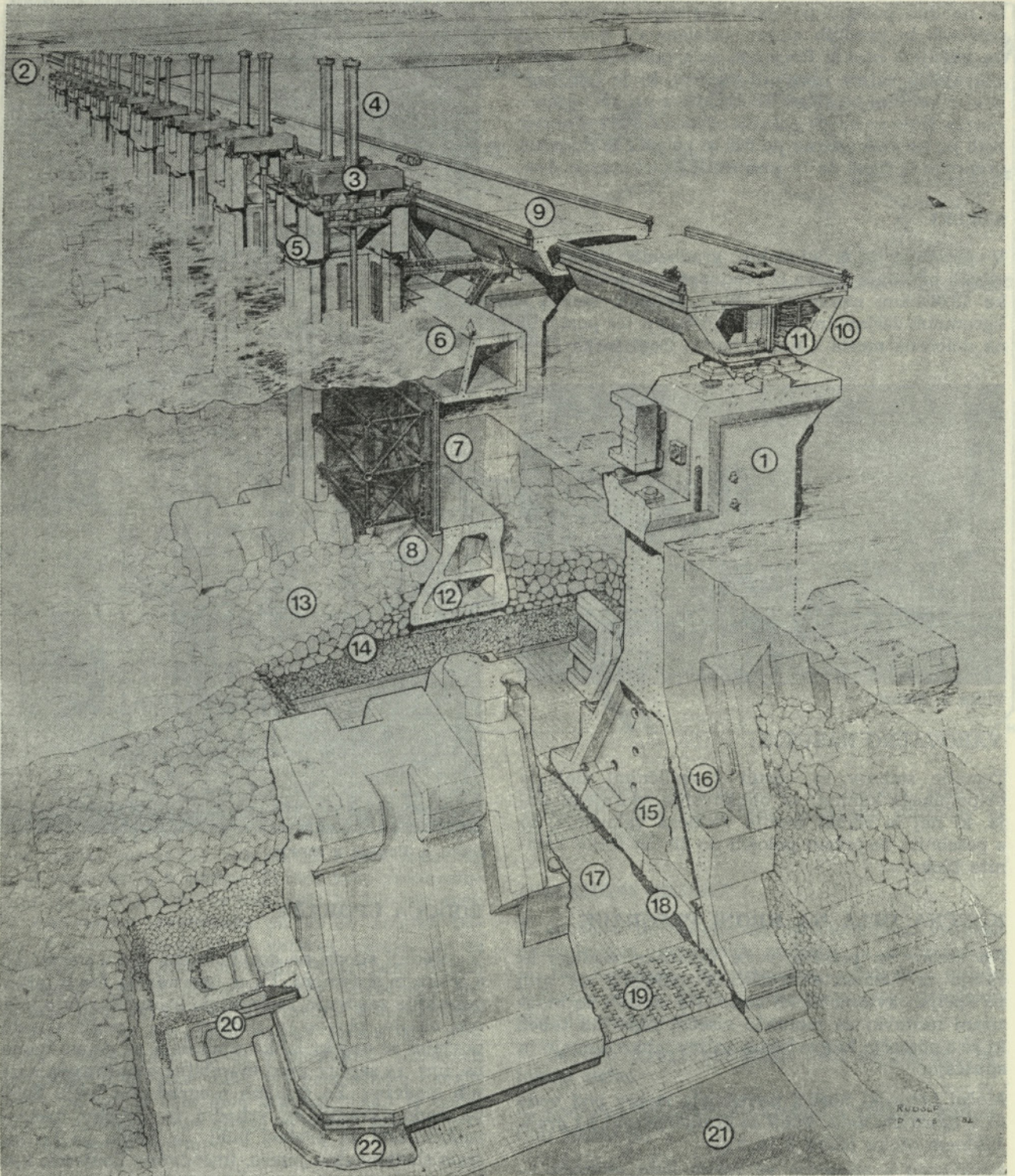
### BODOČA UPORABA

V osrednji stavbi na gradbiščnem otoku upravljajo s celotnim sistemom. Tu se uravnava čas in obseg odpiranja zapornic, zasledujejo in zagotavljajo interese okolja, plovbe in ribištva. Pri umirjeni vodni površini se objekt lahko uporablja za druge namene, npr. za zaporo pred morebitnem bližanjem naftnih madežev. Za opisano pregrado na ustju Šelde pa bodo zgradili še vzhodni in Filipov nasip z zapornicami za prehod ladij, za njima pa bo nastalo sladkovodno jezero, imenovano Zoomsee, kjer bo s posebnimi napravami preprečeno mešanje morske in sladke vode.

### TEHNIČNI PODATKI

Projekt DELTA obsega tri morske prelive — Hammen dolžine 1800 m in globine 30 m, Schar van Roggenplaat 1200 in 25 m, Roompot 2500 in 45 m, skupaj 65 stebrov z največjo višino 53 m, dimenzi-

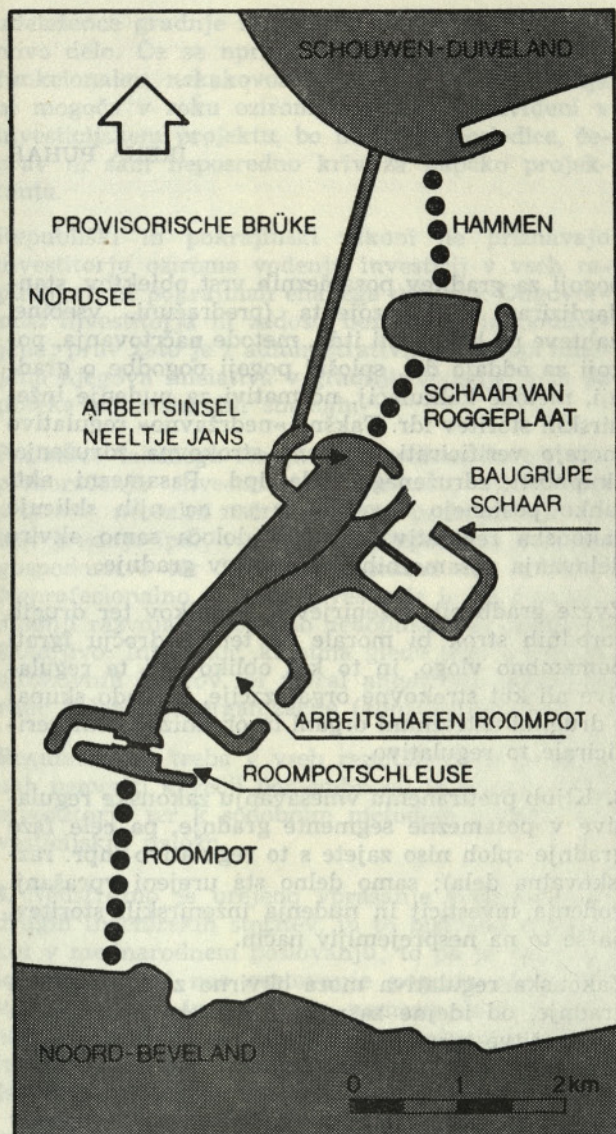




Slika 3 a

- 1 — Steber, 2 — Nasip iz lomljenca med opornikom in nasipom, 3 — Nosilci za obešanje zapornic, 4 — Hidravlični valji, 5 — Nastavek stebrov, 6 — Vzdolžni nosilci, 7 — Zapornica, 8 — Pragovni nosilec, 9 — Prometnica, 10 — Votli nosilec za cesto, 11 — Predor za napeljave, 12 — Obtežba s peskom, 13 — Zgornja plast praga, 14 — Jedro praga, 15 — Obtežba s peskom, 16 — Zasnova in temelj praga, 17 — Zgornja blazina, 18 — Polnitev s cementno malto, 19 — Blazina iz betonskih zidakov, 20 — Spodnja blazina, 21 — Nabit peščeni sloj, 22 — Cev iz umetne snovi, polnjena s prodom





Slika 4

jami temeljev  $25 \times 50$  m in težo 18.000 ton (slika 4). Med transportom je znašal vzgon enega stebra 9.000 ton. V objekt je vgrajenih 62 zapornic (Ham-

men 15, Schar 16 in Roompot 31) dolžine 43 m, debeline 5,4 m, višine od 5,90 do 11,90 m ter teže od 300 do 535 ton.

### VARNOST

Kljub vsem naporom pa še vedno ni dosežena absolutna varnost, vendar je možnost poplave izredno majhna. Upoštevana je bila 4000-letna poplavna varnost, celotni objekt pa načrtovan za dobo 200 let.

### PLANIRANJE:

Izgradnja posameznih faz je potekala, kot sledi:

- polaganje talnih prevlek od novembra 1982 do maja 1984,
- gradnja stebrov od avgusta 1983 do septembra 1984,
- obrambni objekt do oktobra 1986 in
- končna izgradnja prometne poti prek krone do sredine 1986.

Prvotni stroški po oceni leta 1976 so znašali ca. 5 milijard guldnov, 1.1.1986 pa so se povzpeli na 7,6 milijarde (ca. 1.500 milijard din); podražitev vključuje inflacijo in večji del dodatna dela.

### OBRATOVANJE

Celotni objekt se enkrat mesečno preskusi, s čimer je dano zagotovilo, da bodo zapornice ob nastopu viharjih valov resnično delovale. Na podlagi preiskav so bili določeni mejni pogoji, ki naj uravnavajo in zagotavljajo varnost, normalno plovbo in ohranitev naravnega okolja.

Danes je povsem jasno, da je realizirani projekt DELTA več kot pa samo tehnični dosežek. Pri načrtovanju in izgradnji so bili izvajalci večkrat prisiljeni dosežati zgornjo mejo tehnične zmogljivosti, kar je zahtevalo razvoj popolnoma novih tehnologij. Pridobljene izkušnje pa ne bodo koristile samo Holancem, pač pa po njihovem mnenju tudi drugim državam.



**Izoljšava gradbene regulative  
Sklepi in stališča osme konference delegatov Zveze gradbenih  
inženirjev in tehnikov Hrvatske**

UDK 691.3:620.19

IRENA PUHAR

Z navedenimi sklepi in stališči je treba seznaniti ustrezne organe in organizacije, da bi ti storili vse potrebno za izoljšave gradbene regulative, in to: Zvezni svet za gradbeništvo, Zvezni zavod za gradbeništvo, Zvezni zavod za standardizacijo, republiške in pokrajinske komiteje, ki so pristojni za gradbeniške dejavnosti, Gospodarsko zbornico Jugoslavije in vse republiške ter pokrajinske gospodarske zbornice, splošna združenja gradbenikov in gradbene industrije, Zvezo gradbenih inženirjev in tehnikov Jugoslavije, Zvezo inženirjev in tehnikov Jugoslavije, republiške in pokrajinske zveze inženirjev in tehnikov ter gradbenih inženirjev in tehnikov. Sklepe in stališča je treba posredovati tudi Republiškemu komiteju za vodno gospodarstvo, Republiškemu komiteju za promet in zveze ter regionalnim gospodarskim zbornicam.

1. V naši gradbeni regulativi prevladuje tendenca, da bi se obdržalo zdajšnje stanje, manj pa je prizadevanj za rešitve, ki bi ga izoljšale. Ohranjanje takega stanja pa pogosto terjaja kompromisne rešitve, kar je tudi eden od vzrokov različnega reševanja posameznih tehničnih vprašanj v raznih okoljih.

Regulativa je še vedno obremenjena z rešitvami, ki izhajajo iz administrativnega vodenja gospodarstva.

2. V naši regulativi obstaja tendenca, da se vsa vprašanja rešujejo z zakonskimi in podzakonskimi akti. Takšno pretirano vmešavanje države ni niti družbeno niti tehnično upravičeno. Posledice tega so, da republiški in pokrajinski zakoni niso medsebojno usklajeni niti glede posameznih tehničnih vprašanj (npr. sestavljenost konstrukcij, kontrola tehnične dokumentacije, strokovna usposobljenost itd.), da z zakonskimi določbami niso ustrezno zajete vse vrste objektov (npr. enako se obravnava gradnja vratarnice kakor hidroelektrarne), da se vztraja pri formalnih in ne pri bistvenih rešitvah in da zastarelost pri načinu reševanja z zakonsko regulativo zavira napredek na tem področju.

Treba je organizirati delo za izdelavo »nedržavne« regulative, ki naj temelji na pravih stroke in na pogodbenih razmerjih med udeleženci gradnje. V to kategorijo sodijo: uzance, standardizirani postopki, splošno priznane (verificirane) metode dela, metodologija za reševanje raznih nalog in postopkov, tehnična, tehnološka in podobna navodila, tehnični

pogoji za graditev posameznih vrst objektov, standardizirani deli projekta (predračuni, vsebine, zahteve po kakovosti itd.), metode načrtovanja, pogoji za oddajo del, splošni pogoji pogodbe o gradnji, metode kalkulacij, normativi za nudenje inženirskih storitev idr. Takšno »nedržavno« regulativo morajo verificirati določena strokovna združenja, skupnosti združenega dela ipd. Pasamezni akti lahko postanejo obvezni, če se na njih sklicuje zakonska regulativa. Slednja določa samo okvire delovanja posameznih udeležencev gradnje.

Zveze gradbenih inženirjev in tehnikov ter drugih sorodnih strok bi morale na tem področju igrati pomembno vlogo, in to kot oblikovalci te regulative ali kot strokovne organizacije, ki bodo skupaj z drugimi ustreznimi organi in organizacijami verificirale to regulativo.

3. Kljub pretiranemu vmešavanju zakonske regulative v posamezne segmente gradnje, pa cele faze gradnje sploh niso zajete s to regulativo (npr. raziskovalna dela); samo delno sta urejeni vprašanja vodenja investicij in nudenja inženirskih storitev, pa še to na nesprejemljiv način.

Zakonska regulativa mora okvirno zajeti vse faze gradnje, od idejne zasnove o potrebi investiranja do izročitve zgrajenega objekta v obratovanje.

4. Naša gradbena regulativa ni usklajena z mednarodnimi normami, niti ni glede tega še ničesar storjeno. V zdajšnji situaciji, ko je naše gospodarstvo v glavnem usmerjeno v izvoz, pa ne moremo izvoziti, če se že pojavimo na zunanjem trgu, niti našega načina poslovanja niti se ne moremo hitro preusmeriti na način dela v mednarodnem poslovanju.

Kot prva razvojna stopnja v tem približevanju se predlaga urejanje zadev v zvezi z oddajo del (graditve) tako, kot je to običajno v mednarodnem poslovanju. To bi zahtevalo izdelavo navodil ponudnikom (pogoji natečaja) in splošnih pogojev gradbenih pogodb, ki bi bili usklajeni z mednarodnimi (FIDIC ali drugi), razveljavitev obstoječih republiških in pokrajinskih pravilnikov, ki urejajo te zadeve (v SR BiH Zakon o oddaji graditve investicijskih objektov), ter manjša posredovanja glede sklicevanj na omenjena navodila in splošne pogoje.

5. Investitor je eden od najpomembnejših udeležencev pri gradnji objektov. Le on sodeluje v vseh fazah gradnje, tj. tako v fazi koncipiranja kakor tudi v fazi realizacije. Prav tako izbere ostale



udeležence gradnje in je tudi soodgovoren za njihovo delo. Če se npr. sprejme projekt, ki je nefunkcionalen, nekakovosten ali katerega realizacija ni mogoča v roku oziroma po ceni, predvideni v investicijskem projektu, bo nosil vse posledice, čeprav ni sam neposredno kriv za napako projektanta.

Republiški in pokrajinski zakoni ne priznavajo investitorju oziroma vodenju investicij v vseh republikah in pokrajinah enakega pomena. Odgovornost investitorja ni zadosti definirana in poudarjena; prav zato je z administrativnimi ukrepi omejena njegova iniciativa v gradnji, vodenje le-te pa poteka po zastarelih shemah.

Posledice takšnega stanja so: zgrešene investicije, prekoračenja investicijske vrednosti, neustrezne priprave, nerealni načrti gradnje, prekoračenja rokov gradnje ipd.; vse to precej izpodjeda narodno gospodarstvo ter deluje kot gonilna sila inflacije. Neprofesionalno vodenje investicije je na današnji stopnji razvoja še posebno nedopustno in družbeno škodljivo. Investitor, ki nima glede tega ustreznih strokovnih kadrov, bi moral angažirati specializirane inženirske organizacije (konzultiranje).

Regulativo je treba v vseh republikah in pokrajinah usmeriti k večji pomembnosti in odgovornosti investitorja ter k sodobnim metodam vodenja investicijskih naložb.

**6.** Neustrezno je urejeno vprašanje svetovanja in drugih inženirskih storitev, in to bistveno drugače kot v mednarodnem poslovanju; to pa je tudi razlog, da se pri nas svetovanje pogosto spreminja v mešetarjenje in trgovanje, namesto da bi postalo eden od bistvenih dejavnikov uspešnega vodenja investicij ter poročstvo za uspešno investiranje, kot je to po svetu.

Posledica takšnega stanja je poleg ostalega tudi naša neučinkovitost pri izvajanju kompleksnih poslov na tujem trgu, kar zmanjšuje možnost izvoza gradbeniških storitev in uveljavitve izdelkov naše industrije.

V vseh republikah in pokrajinah bi morali razvijati vse oblike inženirskih storitev (svetovanje, inženiring itd.), jih definirati z zakoni v skladu z mednarodnim poslovanjem in ugotoviti odgovornost organizacij, ki nudijo inženirske storitve. V zakonih, kjer je to že storjeno, je treba popraviti grobe napake v definicijah in drugih določbah, ki se nanje nanašajo.

**7.** Uspešnost investicije je v veliki meri odvisna od obsega in načina izvedbe raziskovalnih del (raziskava trga, tehnologij, tal, surovin, energetskih virov, prometa, preskrbe z vodo, odstranjevanja odpadnih snovi, voda in plinov, kadrov, lokacij itd.). Ker ta dela niso zajeta z regulativo (glej točko 3), se pogosto sploh ne izvajajo, oziroma se izvajajo pomanjkljivo. Posledice tega so pogoste

nepredvidene spremembe med graditvijo oziroma spremembe projektov, zastoji pri delu, prekoračenja rokov in zagotovljenih sredstev itd.

Predpisovanje ustreznih aktov bi precej pripomoglo k uspešnosti investiranja; z njimi bi določili raziskovalna dela glede na vrsto objektov, ki se gradijo, in lokacijo. Hkrati pa bi dali tudi ustrezna navodila za njihovo izvedbo.

**8.** Investicijski program kot ključni ekonomsko-tehnični elaborat v gradnji nima v republiških in pokrajinskih zakonih tiste veljave, ki bi jo moral imeti, čeprav je to elaborat, s katerim se definira investicijski objekt tako glede tehnike in tehnologije kakor tudi cene ter rokov gradnje. V praksi investitorji pogosto obravnavajo investicijski program le kot obveznost, ki jim jo nalaga zakon; služba družbenega knjigovodstva jim namreč na podlagi tega izda potrdilo, da so zagotovljena sredstva za financiranje gradnje. Povsem odveč je dokazovati, kakšne so posledice takšnega ravnanja.

Manjkajo nam verificirane metode in metodologije za izdelavo investicijskih programov oziroma posameznih delov kakor tudi za spremljanje realizacije investicijskih naložb; zato je treba čim prej odpraviti to pomanjkljivost in na ustrezen način dopolniti zakone o gradnji.

**9.** Postopek za izdajo gradbenega dovoljenja (s tem pojmom razumemo tudi zbiranje pogojev za prostorsko ureditev, soglasja in reševanja premoženju-ustreznimi spremembami v zakonu, ki ureja gradnjo. Glede na zdajšnja organizacijo državne uprave se ta cilj lahko doseže samo z drugačnim organiziranjem izdajanja gradbenih dovoljenj. Število zahtev, ki se postavljajo v skladu z javnimi interesi (prostorska ureditev, vodno gospodarstvo, promet itd.) — da se jim prilagodi objekte — se v prihodnje ne bo zmanjšalo; nasprotno, to število se bo povečalo, zahtev pa tudi ne bo mogoče ovreči. Z ustrezno organizacijo ne bi bili več potrebni intervencijski zakoni. Dovolj bi bilo, če bi nekatere zakone samo ustrezno popravili.

**10.** Zaostajanje v sprejemanju sodobne tehnične regulative (jugoslovanski standardi, predpisi o tehničnih normativih in drugi akti standardizacije) dobiva vse večje razsežnosti, kar ima lahko neslutene posledice, tako tehnične, še bolj pa ekonomske. Zastarelost teh predpisov je iz leta v leto večja in po Zakonu o standardizaciji nekajkrat presega dovoljeno veljavnost. Zaradi kroničnega pomanjkanja potrebnih sredstev za delo pri standardizaciji je pri nas izdelava tehnične regulative že dolgo rezultat prizadevanja zgolj zanesenjakov, bolj ali manj amaterjev.

Prav zato že na samem začetku zaostajamo pri uvajanju probabilističnih metod na področju konstrukcij, kar bi lahko imelo v bližnji prihodnosti hude posledice.



Ustaljena praksa in razmišljanja, da se tehnična regulativa lahko izdelata zgolj s prostovoljnimi delom, je zelo zmotna in nas postopno pelje v družbo tehnično zaostalih držav. Potrebno bi si bilo zastaviti vprašanje, kdo je odgovoren za takšno stanje v SFRJ.

**11. Sistem kontrole in dokazovanje kakovosti, ki se nanašata na gradbeništvo, sta — takšna, kakršna sta v Zakonu o standardizaciji — zelo negativno vplivala na kakovost, ki je prav zaradi te pomanjkljivosti v zakonu precej slabša. V zakonu namreč nista dovolj precizirana pojma: predpisovanje kakovosti in dokazovanje kakovosti. Postopek, kako se dokazuje kakovost za vsak posamezni izdelek**

(atestiranje), je tako dolgotrajen in zapleten, da se je v skoraj desetih letih, odkar velja Zakon o standardizaciji, uredilo vprašanje atestiranja samo za nekaj izdelkov s področja gradbeništva.

Nujno se je treba lotiti sprememb Zakona o standardizaciji, da bi tako preprečili nadaljnjo škodo.

**12. Terminološka neuskkljenost posameznih izrazov povzroča vse več preglavic pri gradnji objektov tako doma kakor tudi v tujini. Usklajevanje terminov bi moralo potekati tako med republikami in pokrajinama kakor tudi pri mednarodnem poslovanju ter v skladu s strokovno terminologijo, ki se uporablja v posameznih strokah.**

## IZ NAŠIH KOLEKTIVOV

### GIP OBNOVA, LJUBLJANA

#### Stanovanjska soseska v Medvodah

Stanovanjsko sosesko ŠSS/7 Medvode — Svetje so pričeli graditi novembra 1986. Letos so v gradnji že trije objekti s 74 stanovanji in okrog 3800 m<sup>2</sup> neto stanovanjske površine. Do konca letošnjega leta bodo pričeli graditi še dva objekta z 80 stanovanji in ca. 4500 m<sup>2</sup> neto stanovanjske površine.

Delo je dokaj zahtevno, saj so objekti locirani na brežini, ki jo je potrebno zavarovati in izvesti temeljenje objektov.

Sosesko gradijo na skupnem gradbišču SOZD GIPOSS. Izvajalci pa so Gradbinec, Instalacija in Gradbeni finalist, inženiring storitve in projektiranje pa izvaja GIPOSS inženiring.

#### Nov trgovski center Mercatorja

GIPOSS kot najugodnejši ponudnik je prevzel gradnjo novega trgovskega centra Mercator v novi stanovanjski soseski Trnovo. Tako bosta Ingrad in Pionir gradila okrog 3000 m<sup>2</sup> velik objekt, ki ga prebivalci tega naselja težko pričakujejo. Objekt, ki je ocenjen na 1,32 milijarde dinarjev, bodo izvajalci v roku in kakovostno zgradili.

#### S prenovo hotela Planja so pohiteli

Za kovaško industrijo Unior Zreče, TOZD gostinstvo in turizem so giposovci (Ingrad in ostali) na Rogli v zelo kratkem roku zgradili: športno dvorano, osnovnih dimenzij 36 × 45 m (leseni lepljeni nosilci), ki ima še pomožne prostore v dvonadstropnih prizidkih skupne površine 940 m<sup>2</sup>. Dvorana je s hodnikom (delno pod zemljo) povezana s hotelom, kjer so tudi bazen, trim kabinet in medico center. Objekt je iz arhitektonskih in energetskih potreb delno vključen v po-bočje Planje in se bo s svojo zeleno kritino (tegola canadese) dobro skladal z okoljem pohorskih gozdov.

Z izgradnjo sprejemno-zabavnega centra pri hotelu Planja pa so na 2920 m<sup>2</sup> površine dvonadstropnega objekta pridobili prostor za centralno recepcijo in hale, ski servis in smučarsko garderobo, večnamensko dvorano, prostor za prodajalne ter agencije, vinsko klet, skladišča in garaže. Konstrukcija objekta je aluminjsko-betonski skelet z lesenim ostrejšem, ki s svojimi vidnimi povezji nad dvorano ustvarja prijeten videz pohorske domačnosti.

#### DO Gradbeni finalist Maribor se uveljavlja tudi v tujini

Delovna organizacija za zaključna dela v gradbeništvo Gradbeni finalist Maribor, ki letos praznuje svojo 10-letnico, že od leta 1980 naprej sodeluje z velikimi gradbenimi firmami širom po Jugoslaviji in na tujem. Opravili so obsežna dela v Iraku, Alžiru in Sovjetski zvezi. Prisotni so bili v Avstriji, Vzhodni in Zahodni Nemčiji, Madžarski, Belgiji, Nizozemski in Južnem Jemenu.

Združili so se v SOZD Giposs, kjer skupaj z ostalimi članicami sodelujejo na skupnih projektih.

Imajo posebno finančno službo, prek katere lažje obvladujejo likvidnostne in ostale finančne probleme v delovni organizaciji. Zunanjetrgovinska registracija jim omogoča uvoz in izvoz materiala lastne proizvodnje in za lastne potrebe.

#### Pionir v Zagrebu — poslovni proizvodni objekt Atlas-Intertrade

DO Pionir, Novo mesto je v sklopu Gipossa podpisalo pogodbo za izvedbo del po sistemu inženiring na objektu PPO Atlas-Intertrade v Zagrebu.

To je eden največjih objektov, ki ga je Pionir prevzel v izgradnjo. Tlorisne dimenzije so 67,60 × 36,07 metra, objekt pa ima klet, pritličje in pet nadstropij, ki so med seboj povezana s tremi dvigali in klasičnim stopniščem. Zgradba bo vertikalno razdeljena na dva uporabnika, in sicer Atlas in Intertrade, ki bosta pridobila 10.000 m<sup>2</sup> uporabne površine. V objektu bo poleg pisarn med drugim še računski center, tehnične delavnice za popravilo računalnikov, kuhinja z restav-



racijo, zaklonišče za 150 oseb in odprto parkirišče za 60 vozil. Po pogodbi bo Pionir izvedel tudi vso zunanjo ureditev s priključki instalacij.

### Novi Stavbarjev računalnik

Ob štiridesetletnici obstoja in dela gradbenega podjetja Stavbar so letos še posebej slovesno proslavili v Stavbarjevem sektorju za avtomatsko obdelavo podatkov. Obdelave so pričeli izvajati na novem računalniku, katerega centralna računalniška enota ima zmogljivost osem milijonov znakov. Poleg tega je prenovljena celotna računalniška oprema. Imajo osem diskovnih enot z možnostjo 1200 vrstic na minuto, tri tračne hitre enote z najgostejšim zapisom, tri terminalne tiskalnice, 41 ekranskih terminalov in tri osebne računalnike. V Stavbarju so imenovali komisijo za razvoj AOP dejavnosti, ki bo v bodoče bdela nad razvojem te izredno pomembne dejavnosti, ki nudi številne možnosti racionalizacije poslovanja.

### Nova šola Planina za 750 otrok

Delavci Gradbinca Kranj gradijo v soseski Planina II v Kranju novo osnovno šolo. Objekt sestavljajo tri enote, in sicer: centralni skupni prostori, nižji oddelki in višji oddelki. Te tri enote obsegajo celoten program objekta, pri čemer so učni prostori nižjih in višjih oddelkov nanizani ob centralno postavljenih skupnih prostorih objekta. Vhoda nižjih in višjih oddelkov sta ločena. Prek garderob (ki so v zakloniščih za 200 in 300 oseb) je možen dostop v ostale prostore objekta. Večnamenski prostor je razdeljen v tri funkcionalno neodvisne enote po 100 m<sup>2</sup>. Ob večnamenskem prostoru je v pritličju še kuhinja s kapaciteto 800 kosil, ki ima vzporedne prostore še v kletni etaži ter amfiteatralna predavalnica s približno 90 sedeži in garderoba s sanitarijami ter telovadnica, ki meri 32 × 16 × 7 metrov. Konstrukcija objekta je v armiranem betonu. Okna in vrata so v leseni izvedbi. Streha je iz aluminijaste pločevine v določeni barvi. Zazidalna površina objekta je 2915 m<sup>2</sup>.

### Anton Sršen imenovan za glavnega direktorja

Anton Sršen je bil imenovan za glavnega direktorja podjetja Stavbar za naslednje štiriletno mandatno obdobje. Anton Sršen je bil rojen 1944. leta, v Stavbarju pa je od avgusta 1963. V minulih osmih letih je bil dvakrat imenovan za glavnega direktorja Stavbarja in v tem času beleži Stavbar, kljub vse bolj zaostrenim pogojem gospodarjenja in vse težjemu položaju gradbeništva nasploh, dobre rezultate poslovanja.

Vir: GIPOSS Ljubljana

**GIP VEGRAD VELENJE**

### Povečani obseg del v tujini

V obdobju januar—avgust 1987 je Vegrad vključno s sektorjem inozemstvo ustvaril 29.310.406.662 din bruto proizvodnje, kar je nominalno 108 % več kot leto poprej ter 17 % nad dinamičnim planom oziroma 69,4 % letnega plana. Lastna proizvodnja v istem obdobju vključno z inozemstvom pa znaša 20.468.535.479 dinarjev in je nominalno 119 % večja kot lani v tem obdobju, dinamični plan pa je prav tako presežen

za 16 %. Vegrad je v osmih mesecih letos ustvaril 67,5 % načrtovane letošnje lastne proizvodnje. Vendar 67,5 % načrtovane letošnje lastne proizvodnje. Vendar pa naj omenimo, da je v planih vgrajena le 80-odstotna inflacija oziroma porast cen, dejanska pa je precej večja. Seveda pa se je obseg proizvodnje v prvih osmih mesecih letos v primerjavi z istim obdobjem lani bolj povečal v inozemstvu kot doma, sa je bruto proizvodnja v tujini letos nominalno večja za 230 % in znaša 2.769.263.287 din.

### Čistilna naprava Šaleške doline

Republiški komite za varstvo okolja in urejanje prostora je izdal lokacijsko dovoljenje za čistilno napravo odpadnih voda Šaleške doline. Idejne in glavne projekte za Centralno čistilno napravo je izdelal PLANUM Ljubljana (odgovorni vodja projekta inž. Igor Kos), lokacijske strokovne osnove, lokacijski načrt, investicijske zasnove in program pa Zavod za urbanizem Velenje. Odlok o izvajanju lokacijskega načrta je bil na zborih skupščine občine Velenje sprejet marca 1987. Čistilna naprava je dimenzionirana na 50.000 pE, hidravlična obremenitev  $q^s = 500$  l/s, organska obremenitev pa 3000 kg BKP 5/dan. V bodočnosti je predvidena razširitev čistilne naprave na 75.000 pE. Za razširitev je lokacijski prostor že rezerviran in dimenzionirani posamezni deli objekta. Čistilna naprava je locirana na levem bregu Pake, zahodno od Lesne Šoštanj, na Pušnikovem bregu. S projektirano tehnologijo projektant zagotavlja popolno biološko čiščenje vključno z nitrifikacijo dušikovih spojin in denitrifikacijo. Tako bo imela voda na iztoku iz čistilne naprave v Pako obremenitev 15 mg BPK 5/l, nitrifikacija bo 90 %. S stabilizacijo blata, ko se 50 % organske substance reducira, zagotavlja tako stabilno blato, da ne gnije in smrdi.

### Vse več inovacijskih predlogov

V prvem polletju so v razvojni službi Vegrada uresničili in sodelovali pri številnih razvojnih nalogah. Med drugim pri analizi požarne odpornosti Vemont konstrukcije, razvijanju železniških pragov, nosilcev s ŠED streho, opravili so naloge, ki jim jih nalaga letna pogodba z Zavodom za raziskavo materiala, izdelali so sanitarne kabine, atestirali tlak COSMOS Banja Luka, antistatični neiskreči tlak, atestirali so celice za sistem DOM 102, razvili montažne armiranobetonske segmente za Rudnik lignita Velenje in še bi lahko naštevali. Za področje intenzivne dejavnosti je razvojna služba prejela v letošnjem prvem polletju 26 inovacijskih predlogov.

Vir: Vegrad Velenje

**SGP KONSTRUKTOR, MARIBOR**

### Nova cerkev na Pobrežju

Delavci mariborskega tozda Gradbeništvo so julija letos v neposredni bližini pobreškega pokopališča pričeli z izgradnjo cerkvenega kompleksa. Župnišče, ki je profani del župnijskega središča, bo namenjeno za bivanje in delo župnijskega osebja. Cerkev zvonik je samostojni objekt in je najvišji del sakralnega dela župnijskega središča, v katerem bodo nameščeni zvonovi in stolpne ure. Bogoslužje se bo opravljalo v



glavnem delu sakralnega dela župnijskega središča — v cerkvi. V okviru cerkve bo tudi zaklonišče in hodnik, ki bo povezoval cerkev in župnišče. Rok za dokončanje III. faze objekta je konec leta. Pogodbena vrednost gradbenih del znaša 600 milijonov dinarjev.

### 8 novih brunaric za trg

RTC Trije kralji na Pohorju je bogatejši za novo počitniško naselje, 8 novih brunaric. V vsaki bosta 2 apartmaja z vhomom, kopalnico, kuhinjo ni bivalnim prostorom v pritličju in spalnico za 6 oseb v mansardi. Temelji in talna plošča sta AB, vmesne stene s sanitarnimi vozli so opečni, ostali konstruktivni elementi pa montažni leseni. Objekt je pokrit s tegolo. Predračunska vrednost osmih brunaric je približno 400 milijonov dinarjev. Gradijo jih za trg.

### 25 let gradbene srednje šole v Mariboru

Začetki današnje gradbene srednje šole v Mariboru segajo v čas povojne izgradnje. Velik obseg nalog, ki jih je postavil povojni čas pred gradbeništvo, je zahteval veliko število gradbenih strokovnjakov, ki jih je primanjkovalo na vsakem koraku. Manjkalo je gradbenih inženirjev, tehnikov, delovodij, zidarjev, tesarjev, železokrivcev in drugih strokovnih delavcev, ki so bili potrebni pri obnovi porušene domovine in gradnji. Zamisel gradnje šole v Mariboru se je oblikovala v Društvu inženirjev in tehnikov. Že leta 1958 je bil ustanovljen gradbeni odbor za gradnjo gradbene srednje šole v Mariboru. Sprva je bil zgrajen trakt, kjer so danes šolske delavnice, pouk pa se je v njih pričel 20. 7. 1959. Današnji šolski trakt se je pričel graditi takoj po zaključku del na delavnicah, zgrajen pa je bil leta 1960. Poleg rednega izobraževanja gradbenih tehnikov je uvedla šola takoj tudi šolanje gradbenih tehnikov ob delu. Že v letu 1963 je prevzela šola izobraževanje vrste poklicev zaključnih del v gradbeništvu. V nekaterih smereh je dobila šola pomen za izobraževanje strokovnih delavcev za vslo Slovenijo. S šolanjem opekarjev in dimnikarjev od leta 1967 je bil z izobraževanjem geodetskih tehnikov v letu 1979 zaključen velik obseg šolskih dejavnosti jubilaranta — gradbenega šolskega centra. Iz mariborske gradbene srednje šole je prišla vrsta strokovnjakov s področja gradbeništva, ki so zapolnili velike vrzeli v kadrovi sestavi gradbenih podjetij. Tehniki mariborske šole uživajo v glavnem sloves dobrih gradbenih strokovnjakov in so lahko ponosni na znanje, ki so ga pridobili na tem zavodu.

### Konstruktor v Ini

Delavci lendavskega tozda so v tovarniškem krogu Ine Nafte v Lendavi dokončali izgradnjo strojne dvorane za obdelavo kovin. Za to novogradnjo so Lendavčani potrebovali natanko leto dni. V novi dvorani, veliki 30 × 80 metrov in prizidku 5 × 50 metrov, bodo obdelovali razne kovinske predmete, ki jih Ina uporablja za lastne potrebe. Vrednost naložbe je tristo milijonov dinarjev.

### Silosi — Intes

Delavci Konstruktorja so za investitorja Intes iz Maribora na lokaciji ob Einspillerjevi ulici zgradili silose za žitarice kapacitete 9500 ton. Investicijska vrednost objekta je 780 milijonov dinarjev. Silose predstavlja baterija štirih okroglih celic. Premer ene celice je 9 metrov, skupna višina celic pa 49 metrov. Celotna višina objekta, skupaj s strojnico je 55 m. Silosi so povezani z obstoječimi starimi silosi s spojnim mostom

dolžine 97 metrov, na višini 49 m. V objekt so v 11 dnevih vgradili 1500 m<sup>3</sup> betona in 250 ton armature. Vir: Konstruktor Maribor

### SGP GROSUPLJE

### Gradnja stanovanjskega bloka L-2 v Ljubljani napreduje

Na vogalu Slomškove in Moše Pijade ulice v Ljubljani delavci GIP Grosuplje gradijo nov stanovanjski blok L-2 Kolodvor. Konstruktivna zasnova je armiranobetonska in razdeljena na: podzemni del, ki obsega dve kleti in podzemna parkirišča, pritličje z medetažo, ki obsega javni program (lokali), pet stanovanjskih nadstropij in podstrešje z mansardnimi stanovanji, južno lamelo »P«, ki obsega eno klet, pritličje z medetažo ter štiri nadstropja, vse namenjeno javnemu poslovnemu programu. Največjo oviro pri gradnji predstavlja neporušen objekt ob ulici Moše Pijadeja.

### Novi sestavljivi opaži — del industrijskega programa

V tozdu KLO so izvedli demonstracijo novorazvitega sestavljivega opaža. Na predstavitev so povabili predstavnike vseh gradbenih delovnih organizacij iz Slovenije in Hrvaške. Vabilu se je odzvalo nad 50 udeležencev iz nekaj več kot 20 delovnih organizacij. Projekte za novi posodobljeni opaž so izdelali v razvojnem konstrukcijskem tozdu KLO. Opaže, ki jih v operativi vse več uporabljajo in nadomeščajo z njimi drag outinor, v tozdu izdelujejo že precej časa. Imajo tudi to prednost, da jih je mogoče prilagoditi različnim florisom stanovanj. Novi posodobljeni opaž je narejen iz hladno valjanega profila. Je precej lažji od prejšnjega — 35 kg/m<sup>2</sup>, medtem ko je teža jeklenega 70—80 kg/m<sup>2</sup>. Montaža in demontaža sestavljivega opaža je izredno hitra in enostavna, saj pri tem potrebuješ le kladivo. To pa ceni gradnje, pri normalni uporabi opaž ne poškoduje. Novost posodobljenega opaža je njegov nosilni profil (cev), ki je posebne oblike. Podpiranje in uravnavanje sten je z novimi opaži enostavnejše in zanesljivejše, tako da ni več problemov z ravnostjo sten. Medtem ko pri ostalih vrstah opažev na stenah ostanejo robovi, ki jih je treba opustiti, pri uporabi teh opažev nastanejo le majhni utori, ki jih je mogoče enostavno zagladiti z mavcem. Velika prednost je tudi njegova vsestranska uporabnost, saj je primeren tako za stanovanjsko kot za industrijsko gradnjo.

### Razvojno-raziskovalni center Sava Kranj

Aprila letos so pričeli z izkopom gradbene jame in ureditvijo gradbišča za objekt RRC Sava Kranj. Objekt dimenzij 53 m × 20 m × 25 m je armiranobetonski skelet (klet, pritličje, 2 nadstropji), ki ga je investitor že med gradnjo povečal za 3 etaže za potrebe Save Commerca in DO Sava. Predelne stene v objektu so razen v sanitarijah in stranskih prostorih lesene, s polnili, okna so iz aluminija, izdelek tovarne Aluminij Komen, tlaki pa so glede na namembnost prostorov — od epoksi litega asfalta in naravnega kamna do parketa. Fasado tvorijo betonski elementi GPG, ki jih je projektant na predlog priprave dela GPG uporabil namesto durisol elementov; nadzidava nad strojnico in čelo fasade pa je v demit izvedbi.



### Trgovina Horjul — rok gradnje 6 mesecev

Za investitorje Mercator tozđ Dolomiti gradijo trgovino v Horjulu. Delavci SV, ki izvajajo dela, so s pripravljalnimi deli pričeli 18. aprila letos. Za izgradnjo objekta, v katerem je okrog 750 m<sup>2</sup> uporabnih površin, je po terminskem planu predvidenih 6 mesecev. Projekte za objekt, ki je klasične gradnje, so izdelali projektanti Mercator Investe. Streha — dvokapnica je krita s tegolo, fasada pa obložena s fasadno opeko, kombinirano z gotskim ometom. Objekt je projektiran tako, da se bo lepo skladal z naseljem.

### Ob Grosupeljščici nov sklop stanovanjskih lamel

V neposredni bližini stanovanjske soseske G, ob Grosupeljščici, gradijo delavci sektorja III stanovanjski objekt G 3 — sklop lamel A, B, C in poslovni lokal. Gre za ponovitev blokov G 1, vendar v manjšem obsegu, saj je v lamelah predvidenih le 46 stanovanjskih enot — od enoinpol do dvojnopolnih stanovanj. Investitor je Samoupravna stanovanjska skupnost Grosuplje. S pripravljalnimi deli so pričeli 1. marca 1987, stanovanja pa morajo biti pripravljena za vselitev do 28. februarja prihodnje leto.

Vir: GIP Grosuplje

### V Koprú nov silos za tovarno glinice in aluminija Kidričevo

Potem ko so delavci Gradisa tozđ Koper uspešno zgradili 60.000-tonski silos za žito v Luki Koper, so pričeli z gradnjo še enega objekta v luki. Gre za 20.000-tonski silos za glinico in ploščad, oboje pa sodi v projekt razširitve obale za razsute tovore. Investitor te gradnje je tovarna glinice in aluminija (TGA) iz Kidričevega. Silos bo stal na betonski plošči, ki se bo naslanjala na jeklene pilote, zabite v morsko dno. Večina od 76 vertikalnih pilotov je že zabitih, potem

#### OZD GIP GRADIS, LJUBLJANA

pa bodo zabili še 17 poševnih. Gre za pilote premera 812 milimetrov. Dodatno pa bo zabitih tudi 15 pilotov premera 508 milimetrov. Temeljna plošča za silos, le-ta bo iz jekla, bo monolitna, ploščad pa bo montažna konstrukcija. Pilete zabijajo do 53 metrov globoko, zabijanje pa je izredno zahtevno, saj zabijajo na območju že zgrajene obale za razsute tovore, ki prav tako stoji na pilotih, tako da obstaja nevarnost, da bodo pri zabijanju poševnih pilotov naleteli na že zabite pilote. Rok za končanje del je konec letošnjega leta.

### Nova sežigalna naprava za SSSR

Kovinski obrati iz Maribora so prodali v Sovjetsko zvezo sežigalno napravo za uničevanje odpadkov Inštituta za biokemijo v Puščini blizu Moskve. Naprava, ki so jo naredili za sovjetski inštitut, omogoča popoln sežig in razkužitev odpadnega materiala, trdnega in tekočega, omogoča suho in mokro čiščenje dimnih plinov ter nevtralizacijo odpadne vode. S tem je zaščita okolja popolna. Takšna tehnologija sežiganja je nova pri nas in v vzhodni Evropi. Z razvojem take sežigalne naprave so začeli že leta 1978, omogoča pa sežiganje tudi zelo hlapljivih in eksplozivnih tekočin, primerna pa je tudi za sežiganje odpadnih olj.

### Skladiščno-trgovsko-transportni center (STTC) v Mariboru

Zaradi gradnje hitre ceste skozi Maribor so morali porušiti tudi staro zgradbo carinarnice v Melju. Delavci mariborske gradbene enote gradijo na Teznu nov blagovno-distribucijski center, kjer bo imela nove prostore tudi carinarnica. Zgrajenih bo več objektov, ki bodo imeli 18 tisoč kvadratnih metrov površine. Največji objekt je vsekakor poslovno-upravna zgradba STTC, Interevropske, Carine in ostalih skladiščno-transportnih organizacij. Vrednost gradbeno-obrtniških del po pogodbi je šest milijard dinarjev. Objekti naj bi bili do zime pod streho, obrtniška dela pa naj bi sklenili do julija prihodnje leto.

### Temeljenje na peščenih kolih

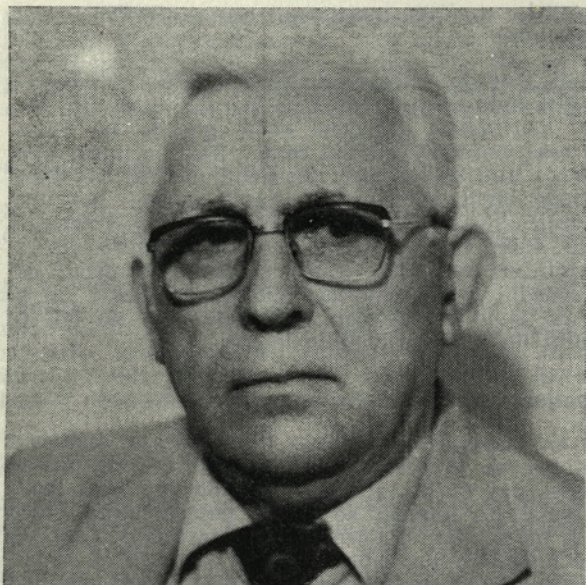
Gre za nadomestno gradnjo terminala za rastlinska olja, ker se je terminal na sedanji lokaciji preveč posedel, saj ni bil grajen na pilotih oziroma kolih. Površina, na katerih so zabiti peščeni piloti, meri 125 × 100 metrov. Peščeni piloti nastajajo tako, da se v nenosilna tla zabije jeklena cev (tokrat so bile cevi dolge 12,6 m), ki je z notranje strani obvitá s filcem. Ko je cev že zabita, se polni s peskom in počasi vleče ven, pesek pa ostaja in objekt s filcem tvori pilot. Za terminal za rastlinska olja je bilo treba zabiti 667 pilotov (plus štiri poskusne). Njihova skupna dolžina znaša 8454 metrov. Potem ko so bili zabiti vsi koli, so na celotno površino navozili 45.000 kubičnih metrov materiala, ki je rabil za predobremenitev. Po predobremenitvi je prišlo do posedanja tal za 40 centimetrov, strokovnjaki pa pričakujejo, da se bo teren po dograditvi terminala posedel še za dodatnih 30 centimetrov. Projekte za ta dela je pripravil Vodnogospodarski inštitut — oddelek za pomorska dela v Ljubljani. Terminal bo sestavljalo sedem rezervoarjev za rastlinska olja. Štirje največji bodo imeli premer 25 metrov, dva manjša 15 metrov, najmanjši pa 10 metrov. Rezervoarje bo postavil Djuro Djaković iz Slavonskega Broda. Investitor je Centroprom iz Beograda, ki mu je uspelo pritegniti tudi precejšnja sredstva iz Malezije, ki je velika izdelovalka in izvoznica rastlinskih olj, terminal v Koprú pa bi naj bil v večji meri namenjen za ohranjanje olj, ko bodo namenjena zahodni Evropi. Vrednost del znaša 800 milijonov dinarjev, od tega je polovica gradbenih del. Terminal naj bi bil zgrajen do konca letošnjega leta.

### Iskrin center za elektrooptiko

Potem ko so delavci Gradisa opravili za okrog 50 tisoč kubičnih metrov izkopov, so delavci Gradbene operative Ljubljana spomladi na tem gradbišču postavili na vso moč. Prek Smelta prevzeto delo za Iskro v Stegnah je bilo kar se tiče obsega, zahtevnosti in roka obveza, zaradi katere so več kot tri mesece delali v dveh izmenah, ne poznali ne prostih sobot in nedelj, danes pa v zadovoljstvo investitorja ugotavljajo, da so bili tudi tej nalogi kos. Objekti E, F in G Iskrinega Centra za elektrooptiko v gradnji tvorijo kvadrat v približni tlorisni izmeri 80 × 80 m. Marca so začeli polagati beton ter točkovne temelje za stebre, maja pa so že betonirali plošči nad kletema objektov G in F. Na gradbišču je bilo do konca meseca avgusta vgrajenih okrog šest tisoč kubičnih metrov betona, v to količino pa ni vštét beton, uporabljen pri izdelavi elementov (stebrov, plošč in šedastih nosilcev), ki so jih izdelali v OGP. Za izvajalce obrtniških instalacijskih del je poskrbel Smelt.

Lojze Cepuš





**Vinko Kregar — osemdesetletnik**

Letos obhaja svoje osemdeseto leto **Vinko Kregar**, diplomirani gradbeni inženir. Rodil se je 6. aprila 1907 v Štepanji vasi kot sin tesarja, ki je po vrnitvi iz prve svetovne vojne leta 1920 postal mestni tesarški mojster. Obrt na Kodeljevem prehaja danes že v roke tretje generacije. **Vinko** je svojo mladost, pozneje kot srednješolec-realec, preživel v tem predmestnem okolju pri učenju in razvedrilu, pri športu in telovadbi pri Sokolu na Taboru, pozneje med študijem na tehnični visoki šoli pa tudi ob delu na počitniških praksah na raznih gradbenih objektih, kijih je gradila Ljubljanska gradbena družba. Po maturi na ljubljanski realki se je vpisal na Tehnično visoko šolo na Dunaju, kjer je leta 1932 tudi diplomiral. Po odsluženju vojaščini je do druge svetovne vojne delal 9 let kot hidrotehnični in sanitarni inženir pri oskrbi z vodo in asanaciji podeželja v okviru tedanjega Higienškega zavoda. Tu ga je zatekla okupacija, kjer se je tudi takoj aktivno vključil v OF, Po izdaji in aretaciji kot talca 1942 so ga skozi razne zapore odpeljali na jug Italije, kjer je dočkal njeno kapitulacijo.

Še v Italiji se je vključil v tam ustanovljeno I. pre-komorsko brigado in se jeseni 1943 prek Barija in Visa vrnil na jugoslovanska tla. Z enotami IV. armade je nato kot komandir baterije, komandant art. divizije in kot načelnik težke artilerijske brigade prehodil vso njeno bojno pot do Reke in Trsta in do Koroške. Leta 1946 ga, sicer še v uniformi, že srečamo pri strokovnem delu kot načelnika vojne ustanove za obnovo obmorskih gradenj in pristanišč na jugoslovanski obali s sedežem na Reki, leta 1947 pa v Beogradu kot načelnika gradbenega oddelka Ministrstva za narodno obrambo. Težino zaposlitve na teh mestih bodo razumeli le tisti gradbeni strokovnjaki, ki so po osvoboditvi obnavljali porušene objekte vseh vrst.

Po demobilizaciji leta 1950 se je kot pomočnik predsednika Komiteja za vodno gospodarstvo SRS ukvarjal s problemi gospodarjenja z vodami, po ukinitvi Komiteja pa je bil postavljen za direktorja Geodetskega zavoda SRS, kjer je začel uvajati aerofotogrametrijo in tudi sicer moderniziral geodetski instrumentarij. Burna doba povojne graditve ga je od tod privedla na mesto glavnega gradbenega inšpektorja pri Republiškem komiteju za gospodarstvo, kjer je ostal do odhoda v tujino leta 1959.

Kot izkušen gradbeni inženir z dokaj bogato in raznovrstno strokovno prakso in dokajšnjim znanjem nekaterih svetovnih jezikov je do leta 1969, v treh etapah, skupno 6 let, deloval na vodilnih mestih pri tehnični pomoči Jugoslavije v Iraku (investitorstvo in gradbeni nadzor pri gradnji 120 m visoke dolinske pregrade Derbendi khan), potem kot tehnični ekspert OZN na Cipru (kot direktor uprave za vodno gospodarstvo Cipra) ter v Somaliji z isto nalogo.

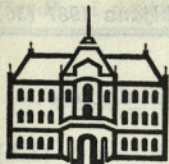
Od 1962 do 1965 je bil ravnatelj Tehnične gradbene srednje šole v Ljubljani, po vrnitvi iz Somalije leta 1969 pa do 1973. leta direktor Kliničnega centra v izgradnji.

V svojem domu ob Gradaščici v Trnovem si ni dalnikoli miru. V letih po vojni, kolikor ni bil zdomec, potnik po svetu in po Jugoslaviji ga srečavamo med drugim tudi kot predsednika ZGIT SRS, dolga leta kot predsednika DVOL, kot člana IO ZVOS, kot delegata ali odbornika v raznih odborih, svetih ali komisijah in seveda kot delegata svoje krajevne skupnosti Trnovo, kjer živi in dela, zavzet za vse, kar se dogaja, predvsem pa kritičen do vseh nepravilnosti v gospodarstvu, družbi in kulturi, prav posebno pa do čistih računov in odnosov v naši večnacionalni skupnosti.

**Menim, da mu ob visokem jubileju v imenu gradbenikov Slovenije lahko izrazimo naše iskrene čestitke obenem s priznanjem za njegov prispevek k dobremu slovesu slovenskega gradbeništva.**

CIRIL STANIČ





# POROČILA

# 4

GV XXXVI 9-10

## Račun prečne armature betonskih elementov po metodi mejnih stanj z uporabo računalnika

RAJKO ROGAČ,  
SREČKO VRATUŠA,  
MIRAN LOZEJ

UDK 624.07:519.68

### Povzetek

V članku smo podali osnovne principe prevzemanja prečne sile in torzije ojačenih betonskih elementov v mejnem stanju.

Prikazali smo tudi poenostavljen račun mejne nosilnosti oziroma potrebne prečne in dodatne vzdolžne armature po novem jugoslovanskem pravilniku o tehničnih normativih za beton in armirani beton. Na osnovi tega pravilnika smo izdelali računalniški program PREARM, ki rabi za dimenzioniranje betonskih elementov na prečno silo in torzijo po metodi mejnih stanj.

### 1. UVOD

Problematika nosilnosti armiranobetonskih elementov, obremenjenih s prečno silo in torzijo, ali pa v kombinaciji z upogibno in osno obremenitvijo, že vrsto let zaposluje veliko število raziskovalcev v svetu kakor tudi pri nas [1], [2]. Raziskave s tega področja pa zaostajajo za raziskavami upogibne nosilnosti. Dimenzioniranje ojačenih betonskih elementov tako še naprej poteka posebej za upogib in posebej za prečne sile in torzijo, brez upoštevanja istočasnega delovanja. Računski model, ki ga pri računu prečne armature običajno uporabljamo, je bolj ali manj modificirano Mörsch-Ritterjevo paličje.

V članku smo prikazali pregled strižnih porušnih mehanizmov armiranobetonskih elementov zaradi vpliva:

#### Avtorji:

Rajko Rogač, prof. dr., dipl. inž. gradb.,  
Srečko Vratuša, raziskovalec, dipl. inž. gradb.,  
Miran Lozej, asistent, dipl. inž. gradb.,  
Univerza Edvarda Kardelja, FAGG, VTOZD GG,  
Katedra za masivne in lesene konstrukcije

### ULTIMATE SHEAR AND TORSION STRENGTH DESIGN BY MEANS OF COMPUTER

#### Summary

Basic principles of the ultimate strength design of reinforced concrete structures subjected to shear forces and torsional moment are presented. A theoretical basis of the simplified procedure for lateral and longitudinal reinforcement determination of new Yugoslav concrete code is given. A computer program (PREARM) based on the simplified procedure has been made. A numerical example is presented and commented upon.

- prečnih sil,
- torzije,
- kombinirane obremenitve (upogib, prečna sila in torzija).

Ugotovimo lahko, da so opisani mehanizmi strižne nosilnosti za vpliv prečne sile in torzije že sprejeti v večini nacionalnih predpisov [3]. Ti se med seboj razlikujejo le glede faktorjev varnosti, minimalne in maksimalne stopnje armiranja, mej največjih strižnih napetosti in sodelovanja razpokanega betona pri prevzemu strižne obremenitve.

Drugačno je stanje za primer kombinirane obremenitve. Tu se posamezni predpisi med seboj najbolj razlikujejo. Kljub že mnogim znanim raziskavam menimo, da bo zanimanje raziskovalcev na področju armiranega betona še naprej usmerjeno v raziskovanje mejne nosilnosti prereza za vpliv kombinirane obremenitve. Cilj je dobiti osnovne pogoje enačbe vzajemnega delovanja za vse regularne prereze, na temelju katerih bi bilo mogoče izračunati interakcijske diagrame mejne nosilnosti in izdelati ustrezne računalniške programe za dimenzioniranje.



Na Katedri za masivne in lesene konstrukcije smo na osnovi novega jugoslovanskega pravilnika o tehničnih normativih za beton in armirani beton [4] izdelali računalniški program PREARM, ki je namenjen dimenzioniranju betonskih elementov na prečno silo in torzijo po metodi mejnih stanj oziroma računu potrebne prečne armature.

Iz ravnotežja sil v prerezu elementa dobimo:

$$M = z \cdot N_s + V_d \cdot z \cdot \text{ctg } \vartheta. \quad (2.2.)$$

Če drugi člen enačbe (2.2.) zanemarimo in upoštevamo, da je  $\dot{V} = dM/dx$ , dobimo enačbo za določitev prečne sile elementa konstrukcije

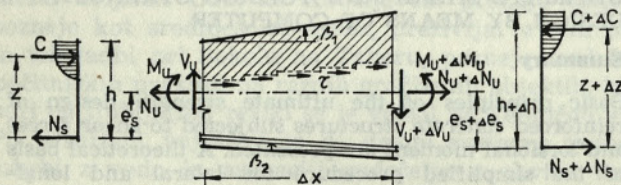
$$V_{cu} = V_{c1} + V_{c2} = z \cdot \frac{dN_s}{dx} + N_s \cdot \frac{dz}{dx}. \quad (2.3.)$$

## 2. MEHANIZMI STRIŽNE NOSILNOSTI ARMIRANOBETONSKIH ELEMENTOV

### 2.1. VPLIV PREČNIH SIL

Ko natezne napetosti v betonu prekoračijo natezno trdnost, beton razpoka. Pri običajnem računu natezno nosilnost betona v celoti zanemarimo. V tem primeru lahko velikost strižnih sil v nosilcu s spremenljivo višino (sl. 2.1.) določimo z izrazom:

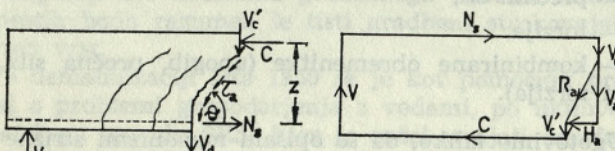
$$V_{efu} = V_u \mp \frac{M_u}{h} (\text{tg } \beta_1 + \text{tg } \beta_2) + N_u [\text{tg } \beta_2 - \frac{e_s}{h} (\text{tg } \beta_1 + \text{tg } \beta_2)] - \frac{\Delta N_u}{\Delta x} (z - e_s). \quad (2.1.)$$



Sl. 2.1. Notranje sile v nosilcu s spremenljivo višino

V armiranobetonski gredi ločimo dva mehanizma strižne nosilnosti:

#### a) Strižna nosilnost grede brez prečne armature

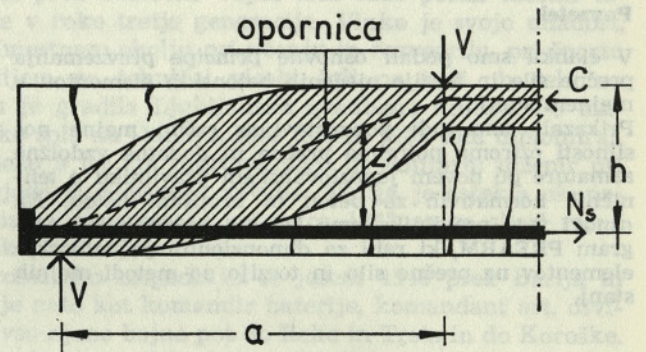


$R_a$ ... rezultanta strižnih napetosti  $\tau_a$  vzdolž razpoke  
Sl. 2.2. Ravnotežni pogoji v strižni coni nosilca (povzeto po [2])

Pri prevzemu mejne strižne sile razpokanega betonskega prereza, ki je armiran samo z vzdolžno, brez prečne armature, sodeluje:

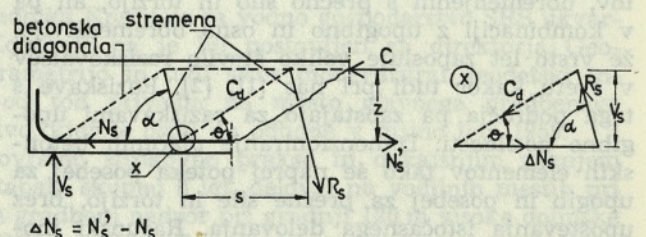
- nerazpokani del betonskega prereza z ustreznimi strižnimi napetostmi ( $V'_c$ ),
- trenje med delci agregata v poševnih strižnih razpokah ( $R_a$ ),
- možnični učinek vzdolžne armature ( $V_d$ ),
- ločni učinek elementa, ki ga tvorita ustrezno sidrana vzdolžna armatura in tlačna cona elementa ( $V_{c2}$ ).

Celotno strižno nosilnost elementa konstrukcije tvori vsota nosilnosti grednega in ločnega učinka. Gredni učinek deluje le do porušitve sprijemne nosilnosti med vzdolžno natezno armaturo in betonom. Nato se pojavi izraziti ločni učinek, vendar samo v primeru, da je vzdolžna armatura na koncih ustrezno zasidrana (sl. 2.3.).



Sl. 2.3. Ločno delovanje (povzeto po [2])

#### b) Strižna nosilnost prečno armirane grede



$\Delta N_s = N'_s - N_s$   
Sl. 2.4. Model ravninskega paličja za prevzem prečne sile (povzeto po [2])

Če je element armiran z vzdolžno in prečno armaturo, sodeluje pri prevzemu mejne prečne sile po nastanku razpok še sistem ravninskega paličja, ki ga tvorijo vzdolžna in prečna armatura ter tlačne betonske diagonale in tlačna cona betona.

Strižna nosilnost grednega mehanizma  $V_{c1}$  se poveča za prečno silo  $V_{su}$ , ki jo prevzame sistem paličja:

$$V_u = V_{c1} + V_{su}$$



$$V_{su} = \frac{A_s \cdot f_{sy}}{s} \cdot z \cdot \sin \alpha \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \vartheta) \quad (2.4)$$

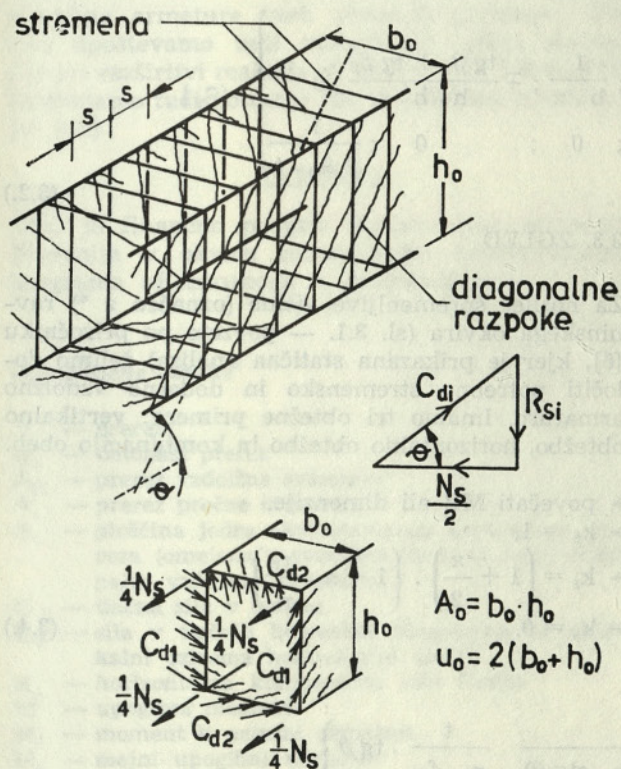
$$(2.5)$$

Napetost v tlačnih betonskih diagonalah določimo z enačbo (2.6.)

$$\sigma_{cd} = \frac{V_{su}}{b \cdot z \cdot \sin^2 \vartheta \cdot (\operatorname{ctg} \alpha + \operatorname{ctg} \vartheta)} \quad (2.6)$$

## 2.2. VPLIV TORZIJE

Vpliv stremenske armature pri torzijskih elementih je analogen vplivu stremen pri upogibnih elementih, le da se po nastanku diagonalnih razpok, ko betonski prerez ne more več prevzeti natezних napetosti, razvije sistem prostorskega paličja. Mejni torzijski moment mehanizma prostorskega paličja določimo z enačbo (2.7.)



Sl. 2.5. Model prostorskega paličja za prevzem torzije (povzeto po [2])

$$T_{su} = 2 A_0 \cdot \frac{A_s \cdot f_{sy}}{s \cdot \operatorname{tg} \vartheta} \quad (2.7)$$

Pri tem je

$$\operatorname{tg} \vartheta = \sqrt{\frac{2 u_0 \cdot A_s \cdot f_{sy}}{A_{sl} \cdot f_{sly} \cdot s}} \quad (2.8)$$

Napetost v tlačnih betonskih diagonalah izračunamo po enačbi (2.9.)

$$\sigma_{cd} = \frac{A_s \cdot f_{sy}}{t \cdot s \cdot \sin^2 \vartheta} \quad (2.9)$$

$$t = \frac{d_0}{8} \quad (2.10)$$

pri čemer je:

- t...privzeta debelina stene ekvivalentnega škatlastega prereza,
- d<sub>0</sub>...minimalna širina jedra prereza.

Celotna torzijska nosilnost je vsota nosilnosti betonskega prereza (T<sub>cu</sub>) in nosilnosti mehanizma prostorskega paličja (T<sub>su</sub>)

$$T_u = T_{cu} + T_{su} \quad (2.11)$$

## 2.3. VPLIV KOMBINIRANE OBREMITVE

Raziskave so pokazale, da tudi pri kombinirani obremenitvi z upogibnim momentom, prečno silo in torzijskim momentom dobimo dovolj natančne rezultate, če za računsko analizo napetostnega stanja elementa konstrukcije predpostavimo model prostorskega paličja. Iz ravnotežnih enačb v poljubnem prerezu računskega modela lahko pri kombinirani obremenitvi izračunamo tudi ustrezne interakcijske diagrame mejne nosilnosti elementa konstrukcije [5].

Novi pravilnik o tehničnih normativih za beton in armirani beton [4] v primeru navedene kombinirane obremenitve zaradi enostavnosti računa dovoljuje določitev armature za vsako komponento obremenitve posebej, s tem da ustrezne napetosti betona zaradi upogibne, prečne in torzijske obremenitve seštejemo.

## 3. RAČUNALNIŠKI PROGRAM PREARM

### 3.1. OSNOVNE ENAČBE

V novem jugoslovanskem PBAB je za račun prerezov na mejno nosilnost prečnih sil in torzije podana metoda, ki je podobna metodi v švicarskem predpisu SIA-162 in v Modelu predpisov CEB-FIB za armiranobetonske in prednapete konstrukcije.

Osnova te metode je ravninsko paličje, s tem da je mogoče izbirati naklonski kot razpok oziroma tlačnih betonskih diagonal ( $30^\circ \leq \vartheta \leq 60^\circ$ ). Vzrok porušitve elementa se ocenjuje odvisno od velikosti strižnih napetosti ( $\tau_n$ ) v mejnem stanju v primerjavi z računsko strižno trdnostjo ( $\tau_r$ ):

$$\tau_n \leq \tau_r$$

Za takšno velikost strižnih napetosti ne obstaja nevarnost porušitve zaradi prečnih sil, zato prečna armatura sploh ni potrebna.

$$\tau_r < \tau_n \leq 3 \tau_r$$

V tem prehodnem področju prihaja do postopnega formiranja paličja. Posledica tega je povečana nosilnost na prečne sile oziroma torzijski moment.



Pri prevzemu strižnih napetosti sodelujeta beton in prečna armatura.

$$3 \tau_r < \tau_n \leq 5 \tau_r$$

Sistem paličja se polno izrabi: strižne napetosti prevzame samo prečna armatura.

Izraze za določitev stremenske in dodatne vzdolžne armature ravninskega elementa, obremenjenega z osno silo (N), prečno silo (V) in upogibnim momentom (M) v eni smeri ter torzijskim momentom (T), ki jih podaja naš pravilnik, lahko zapišemo v naslednji obliki (obremenitev s prečno silo in torzijo smo obravnavali enotno kot kombinirano obremenitev):

Izraz za vektor mejne obremenitve je:

$$\{S_u\}^T = \sum_i \gamma_{ui} \left\{ N_i, \left( \frac{\Delta N_u}{\Delta x} \right)_i, V_i, M_i, T_i \right\} = \left\{ N_u, \frac{\Delta N_u}{\Delta x}, V_u, M_u, T_u \right\}. \quad (3.1)$$

Strižne napetosti zaradi prečne sile in torzijskega momenta lahko zapišemo v matrični obliki:

$$\begin{Bmatrix} \tau_n(V) \\ \tau_n(T) \end{Bmatrix} = \begin{pmatrix} \frac{\text{tg } \beta_2 - \frac{e_s}{h} (\text{tg } \beta_1 + \text{tg } \beta_2)}{b \cdot z} & ; & \frac{z - e_s}{b \cdot z} & ; & \frac{1}{b \cdot z} & ; & \frac{\text{tg } \beta_1 + \text{tg } \beta_2}{h \cdot b \cdot z} & ; & 0 \\ 0 & ; & 0 & ; & 0 & ; & 0 & ; & \frac{1}{2 A_o \cdot t} \end{pmatrix} \cdot \{S_u\},$$

$$\tau_n = \tau_n(V) + \tau_n(T). \quad (3.2)$$

Vpliv osne sile na mejno strižno nosilnost elementa konstrukcije upoštevamo s pomočjo pomožnega koeficienta  $\kappa$ , ki ga določimo z enačbo (3.3).

$$\kappa = \sqrt{1 + \frac{N_u}{A_c \cdot \tau_r}}. \quad (3.3)$$

Tako je delež stremenske — prečne armature v posameznih področjih:

$$\begin{aligned} \tau_n > 5 \tau_r &\rightarrow \text{povečati MB ali dimenzije,} \\ (2 + \kappa) \cdot \tau_r < \tau_n \leq 5 \tau_r &\rightarrow k_s = 1, \\ \kappa \cdot \tau_r < \tau_n \leq (2 + \kappa) \cdot \tau_r &\rightarrow k_s = \left(1 + \frac{\kappa}{2}\right) \cdot \left(1 - \kappa \cdot \frac{\tau_r}{\tau_n}\right) \\ \tau_n \leq \kappa \cdot \tau_r &\rightarrow k_s = 0. \end{aligned} \quad (3.4)$$

Potrebno prečno in dodatno vzdolžno armaturo določimo:

$$\begin{Bmatrix} \frac{A_s}{s} (V + T) \\ A_{sl}(V) \\ A_{sl}(T) \end{Bmatrix} = k_s \cdot \begin{pmatrix} b & \frac{t}{n_t \cdot f_{sy}} \cdot \text{tg } \vartheta \\ n_s \cdot f_{sy} (\cos a + \sin a \cdot \text{ctg } \vartheta) & 0 \\ \frac{b \cdot z}{2 f_{sly}} \cdot (\text{ctg } \vartheta - \text{ctg } a) & ; & \frac{t \cdot u_o}{f_{sly}} \cdot \text{ctg } \vartheta \\ 0 & ; & 0 \end{pmatrix} \begin{Bmatrix} \tau_r(V) \\ \tau_n(T) \end{Bmatrix}. \quad (3.5)$$

$n_s, n_t \dots$  število krakov prečne armature za strig in torzijo.

Program primerja izračunano prečno armaturo z minimalno po pravilniku. Program določi v vsakem računanim prerezu tudi največje dovoljene razdalje stremen glede na področje velikosti strižnih napetosti.

### 3.2. OPIS PROGRAMA

Program je napisan v programskem jeziku FORTRAN 77 in je prirejen za računalnik DEC-10 in za osebne računalnike tipa IBM PC.

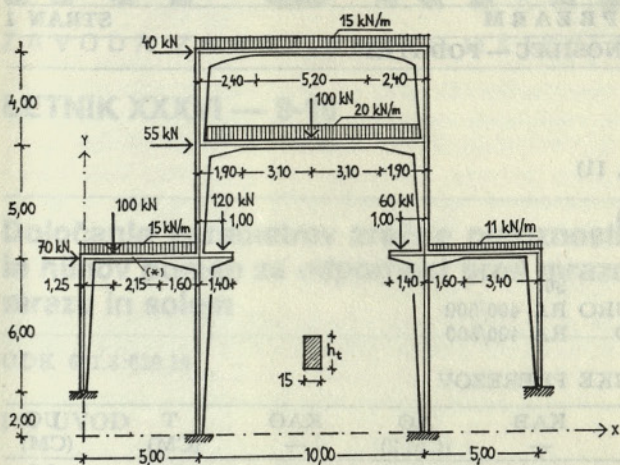
Program izračuna prečno armaturo, dodatno vzdolžno armaturo in največji dovoljeni razmik stremen linijskih armiranobetonskih elementov konstrukcije. Program se neposredno navezuje na program OKVIR [6] (program za statično analizo linijskih konstrukcij). Podatke o geometriji in obtežbi konstrukcije ter vrednosti notranjih sil namreč prečita z datotek, na katere jih zapiše program OKVIR.

### 3.3. ZGLED

Za nosilec spremenljive višine (označen z \*) ravninskega okvira (sl. 3.1. — povzeto po priročniku [6], kjer je prikazana statična analiza) želimo določiti potrebno stremensko in dodatno vzdolžno armaturo. Imamo tri obtežne primere: vertikalno obtežbo, horizontalno obtežbo in kombinacijo obeh.

Nosilec razdelimo na dva elementa, te pa še na enakomerne odseke, v katerih želimo imeti rezultate. S programom OKVIR določimo potek notranjih sil vzdolž nosilca. Programu PREARM interaktivno ali paketno podamo še podatke o materialu in geometrijskih karakteristikah prerezov elementa (sl. 3.2.).





Sl. 3.1.

S programom PREARM lahko določamo tudi ovojnice prečnih sil več obtežnih primerov in ovojnico potrebne armature vseh obtežnih primerov. Pri tem upoštevamo tudi zmanjšanje vpliva prečne sile pri razširitvi reakcije ob podpori. Na teh mestih izračunamo tudi notranje sile in potrebno armaturo (sl. 3.3.).

### ZAHVALA

Delo je finančno podprla Raziskovalna skupnost Slovenije v okviru usmerjenega raziskovalnega programa oKInstrukcije v gradbeništvu.

### Uporabljene oznake

- A** — prerez
- A<sub>c</sub>** — betonski prerez
- A<sub>sl</sub>** — prerez vzdolžne armature
- A<sub>s</sub>** — prerez prečne armature
- A<sub>o</sub>** — ploščina jedra ekvivalentnega škatlastega prereza (omejena z zveznimi linijami med težišči palic vzdolžne armature)
- C** — tlačna sila v betonu
- C<sub>di</sub>** — sila v tlačnih betonskih diagonalah (v vertikalni oziroma horizontalni smeri)
- H<sub>a</sub>** — horizontalna komponenta sile trenja
- M** — upogibni moment
- M<sub>s</sub>** — moment k natezni armaturi
- M<sub>u</sub>** — mejni upogibni moment
- N** — osna sila
- N<sub>s</sub>** — natezna sila v vzdolžni armaturi
- R<sub>si</sub>** — rezultanta sil v prečni armaturi, preko katere poteka razpoka (v vertikalni oziroma horizontalni smeri)
- R<sub>a</sub>** — rezultanta strižnih napetosti  $\tau_a$  vzdolž razpoke
- S<sub>u</sub>** — mejna vrednost poljubne obremenitve
- T** — torzijski moment
- T<sub>u</sub>** — mejni torzijski moment
- T<sub>cu</sub>** — torzijska nosilnost betonskega prereza
- T<sub>su</sub>** — torzijska nosilnost mehanizma prostorskega paličja zaradi torzijske vzdolžne in prečne armature
- V** — prečna sila, vertikalna komponenta sile
- V<sub>a</sub>** — vertikalna komponenta sile trenja

- V'<sub>c</sub>** — prečna sila tlačne cone prereza
- V<sub>cl</sub>** — prečna sila grednega učinka
- V<sub>c2</sub>** — prečna sila ločnega učinka
- V<sub>cu</sub>** — celotna prečna sila, ki jo prevzame betonski prerez, armiran samo z vzdolžno armaturo
- V<sub>d</sub>** — prečna sila, ki jo prevzame vzdolžna armatura z možničnim učinkom
- V<sub>ef</sub>** — efektivna (odločilna) prečna sila v armirano-betonskem elementu s spremenljivo višino
- V<sub>su</sub>** — mejna prečna sila, ki jo po nastanku poševnih razpok prevzame sistem paličja zaradi prečne armature
- b** — širina prereza
- b<sub>o</sub>** — širina jedra ekvivalentnega škatlastega prereza
- d<sub>o</sub>** — minimalna širina jedra ekvivalentnega škatlastega prereza
- e<sub>s</sub>** — ekscentričnost armature glede na referenčno os sistema
- f<sub>slly</sub>** — meja elastičnosti vzdolžne armature
- f<sub>sy</sub>** — meja elastičnosti prečne armature
- h** — statična višina prereza
- h<sub>o</sub>** — višina jedra ekvivalentnega škatlastega prereza
- k<sub>s</sub>** — koeficient deleža potrebne prečne armature glede na področje velikosti strižnih napetosti
- n<sub>s</sub>** — število krakov prečne armature za strig
- n<sub>t</sub>** — število krakov prečne armature za torzijo
- s** — medosna razdalja prečne armature
- t** — privzeta debelina stene ekvivalentnega škatlastega prereza
- u<sub>o</sub>** — obseg jedra ekvivalentnega škatlastega prereza
- x** — vzdolžna koordinatna os
- z** — ročica notranjih sil
- $\alpha$**  — naklon prečne armature glede na referenčno os sistema
- $\beta_1$**  — naklon zgornjega oziroma spodnjega roba elementa glede na referenčno os sistema
- $\gamma_{ui}$**  — parcialni varnostni faktorji
- $\delta$**  — naklon tlačnih betonskih diagonal glede na referenčno os sistema
- $\chi$**  — pomožni koeficient za upoštevanje vpliva osne sile
- $\sigma_{cd}$**  — normalne napetosti v tlačnih betonskih diagonalah
- $\tau_a$**  — strižne napetosti vzdolž razpoke
- $\tau_r$**  — računski strižni trdnost
- $\tau_n$**  — nazivna strižna napetost

### Literatura

1. R. Rogač, F. Saje idr., Vpliv potresa na armirano-betonske konstrukcije — IV. del, raziskovalna naloga, Posebna raziskovalna skupnost za graditeljstvo, pogodba 06-2138/792-83, 175 strni (1983).
2. R. Park, T. Paulay, Reinforced Concrete Structures, A Wiley-Interscience publication, New York, str. 270—391 (1974).
3. CEB-FIB, Model propisa za armiranobetonske i predhodno-napregnute konstrukcije — II. deo (prevod), Jugoslavenski građevinarski centar, Beograd, 174 strani (1979).
4. Pravilnik o tehničnih normativih za beton in armirani beton, Uradni list SFRJ št. 11/1987, Beograd, str. 309—352 (1987).
5. Z. Marić, Dimenzioniranje armiranobetonskih greda pri složenim djelovanjima, Građevinar, 35, št. 5, str. 199—208 (1983).
6. V. Marolt, OKVIR, program za račun linijskih konstrukcij, Publikacija IKPIR št. 18, Ljubljana (1981), V. Ljubič, V. Marolt, OKVIRG, navodila za uporabo, Publikacija IKPIR, Ljubljana (1984).



**FAGG KMLK PROGRAM PREARM STRAN 1**  
**STRU TESTNI PRIMER ZA PREARM-1 \* 1. NOSILEC — PODATKI**

**RAVNINSKI OKVIR  
 PODATKI O NOSILCU**

ŠTEVILO VOZLIŠČ 3: (17, 13, 11)  
 ŠTEVILO ELEMENTOV 2: (9, 11)  
 ŠTEVILO PODPOR 2: (17, 11)  
 ŠTEVILO OBTEŽB 5

MARKA BETONA 30  
 JEKLO ZA VZDOLŽNO ARMATURO RA 400/500  
 JEKLO ZA PREČNO ARMATURO RA 400/500

**GEOMETRIJSKE KARAKTERISTIKE PREREZOV**

I	BMIN (CM)	HT (CM)	ESSP (CM)	ESZG (CM)	AB (CM 2)	KAB —	AO (CM 2)	KAO —	T (CM)	UO (CM)
17	15,0	20,0	6,0	6,0	300,00	1,00	0,00	,00	0,00	0,0
13	15,0	20,0	6,0	6,0	300,00	1,75	0,00	,00	0,00	0,0
11	15,0	50,0	35,0	5,0	750,00	1,00	0,00	,00	0,00	0,0

ŠIRINA PODPOR (CM): 35, 25

NAKLON PREČNE ARMATURE (ST.): 90,00000

NAKLON TLAČNIH BETONSKIH DIAGONAL (ST.): 45,00000

ŠTEVILO KRAKOV PREČNE ARMATURE: NS (1) = 2 NS (2) = 4

NT (1) = 1 NT (2) = 1

**OBTEŽBA**

OBTEŽBA 1 — VERTIKALNA OBTEŽBA

OBTEŽBA 2 — HORIZONTALNA OBTEŽBA

OBTEŽBA 3 — KOMBINACIJA 1 + 2

OVOJNICA PREČNIH SIL — OVOJNICA 1,3

OVOJNICA ARMATURE VSEH OBTEŽNIH KOMBINACIJ

**Sl. 3.2. Podatki za program PREARM**

**FAGG KMLK PROGRAM PREARM STRAN 6**  
**STRU TESTNI PRIMER ZA PREARM-1 \* 1. NOSILEC — REZULTATI**

OBTEŽNI PRIMER: 5 OVOJNICA POTREBNE ARMAT. VSEH OBT. KOMB.

KORD. TOČKE	OBREMENITEV		STRIŽNE NAPET. (KN/CM 2)	VZDOLŽNA ARM.		PREČNA ARMAT.		MAX. RAZ. STREMEN
	P. SILA	T. MOM.		STRIG +	TORZ.	S = 2, T = 1	S = 4, T = 1	
X (M)	VEF (KN)	T (KNM)		AL (CM 2)		AS/S (CM 2/CM)	SMAK (CM)	
0,00	98,4	0,00	,41	1,23	,00	,077	,038	6,6
0,43	98,4	0,00	,41	1,23	,00	,077	,038	6,6
0,85	98,4	0,00	,41	1,23	,00	,077	,038	6,6
1,28	98,4	0,00	,41	1,23	,00	,077	,038	6,6
1,70	98,4	0,00	,41	1,23	,00	,077	,038	6,6
2,13	98,4	0,00	,41	1,23	,00	,077	,038	6,6
2,55	98,4	0,00	,41	1,23	,00	,077	,038	6,6
2,97	99,7	0,00	,42	1,25	,00	,078	,039	6,6
3,40	89,9	0,00	,37	1,10	,00	,069	,034	10,0
3,60	73,3	0,00	,26	,61	,00	,032	,016	11,9
3,80	61,9	0,00	,19	,25	,00	,015	,008	13,8
4,00	53,5	0,00	,14	,00	,00	,000	,000	10,0
4,20	47,2	0,00	,11	,00	,00	,000	,000	10,0
4,40	42,2	0,00	,09	,00	,00	,000	,000	10,0
4,60	40,1	0,00	,08	,00	,00	,000	,000	10,0
4,80	40,1	0,00	,07	,00	,00	,000	,000	10,0
5,00	40,1	0,00	,07	,00	,00	,000	,000	10,0

REDUCIRANE VREDNOSTI OB LEVI PODPORI:

0,32 98,4 0,00 ,41 1,23 ,00 ,077 ,038 6,6

REDUCIRANE VREDNOSTI OB DESNI PODPORI

4,50 40,1 0,00 ,08 ,00 ,00 ,000 ,000 10,0

S = n<sub>s</sub>, T = n<sub>t</sub> ... število krakov prečne armature

Sl. 3.3. Rezultati programa PREARM



## Določanje parametrov zračne poroznosti strjenih betonov in njihov pomen za odpornost proti mrazu ter mrazu in solem

UDK 691.3:620.19

ANDREJ ZAJC

### 1.0. UVOD

Odpornost proti mrazu brez odtaljevalnih soli ali z njimi je ena od najpomembnejših lastnosti betonov, ki so izpostavljeni samo vremenskim vplivom ali pa vremenskim vplivom in hkrati tudi odtaljevalnim solem. Odpornost betonov proti katekolski agresiji je odvisna od njihove poroznosti, to je od vrste, velikosti in množine por, ter od njihove prostorske porazdelitve (1). Za odpornost betonov proti mrazu oziroma mrazu in solem so po Powersovem modelu (2) pomembni predvsem zračni mehurčki, ki so praktično v vsakem betonu. Če je teh dovolj in če so ustrezno porazdeljeni, potem lahko pri zmrzovanju betona sprejmejo vodo, ki jo iz por iztiska visok hidravlični tlak; slednji se pri zmrzovanju vode generira zaradi povečanja prostornine v porah.

Količina zračnih mehurčkov v betonih je navadno premajhna, da bi bili ti zanesljivo odporni proti mrazu oziroma mrazu in solem. Zato je potrebno primerno količino zračnih mehurčkov uvajati v betone s kemičnimi dodatki, imenovanimi aeranti (3). Ti običajno bistveno izboljšajo odpornost betonov proti mrazu oziroma mrazu in solem, hkrati pa jim znižajo tlačno trdnost in druge mehanske lastnosti. Aeranti vnesejo v betone željeno količino zračnih mehurčkov, vendar pa ta poroznost ni vedno zadostna ali primerna, da bi bili betoni res odporni proti zmrzovanju in odtaljevanju. Zračni mehurčki so namreč lahko pri neustreznih aerantih preveliki in zato neustrezno porazdeljeni po cementnem kamnu; po drugi strani pa se lahko zaradi transporta in vgrajevanja del zračne poroznosti iz aeriranih betonov izgubi. Zato meritve količine por v sveži betonski mešanici, ki se prav pri aeriranih betonih obvezno izvajajo in podajajo celotno zračno poroznost v svežem betonu, ne morejo dati odgovora, ali je beton odporen proti mrazu oziroma mrazu in solem. Ta odgovor dá samo merjenje parametrov zračne poroznosti v strjenih betonih z linijsko mikroskopsko analizo po Rosiwalu.

### 2.0. DOLOČANJE PARAMETROV ZRAČNE POROZNOSTI OTRDELIH BETONOV

#### 2.1. NAČIN MERJENJA

Mikroskopska linijska analiza po Rosiwalu je standardizirana samo v ZDA (4), medtem ko so v Zahodni Nemčiji izdelali navodila za njeno izvajanje (5). Princip mikroskopske linijske analize je, da se na površini vzorcev, izbranih za tako analizo, predvidi raster merilnih linij in da se merijo dolžine delov teh linij; slednje potekajo po trdnem betonu — matriki oziroma zračnih porah. Zračne pore, ki so okrogle ali skoraj krogle, sekajo te linije tako, da odseki v večini primerov pomenijo sekante, v redkih primerih pa premere. Pri sami analizi se dolžine delov merilnih linij, ki potekajo po trdnem betonu oziroma porah, seštevajo. Iz obeh podatkov se izračuna celotni delež zračnih mehurčkov v betonu, pa tudi faktor oddaljenosti, ki je parameter za ugotavljanje zmrzilske obstojnosti.

Dolžine sekant v zračnih mehurčkih pa se zbirajo še posebej po velikostnih razredih. Tako se dobi tudi velikostna porazdelitev zračnih mehurčkov v betonu.

Parametri, s katerimi je podana zračna poroznost strjenih betonov, so:

- celotna količina zračnih mehurčkov, ki se vidijo v cementnem kamnu z mikroskopom pri 50- do 100-kratni povečavi, podana v prostorninskih odstotkih. Izključene so vse razpoke kakor tudi veliki zračni mehurji, v katerih so dolžine merilnih linij — sekante večje kot 4 mm;
- količina zračnih mehurčkov do največjega premera 300  $\mu\text{m}$ , podana v prostorninskih odstotkih;
- faktor oddaljenosti, podan v mm. Ta je najpomembnejši za ocenjevanje zmrzilske obstojnosti betonov in pomeni največjo možno oddaljenost poljubne točke v cementnem kamnu do roba najbližjega zračnega mehurčka.

Vzorci betona za mikroskopsko analizo se odvzamejo iz preizkušancev, ki so pripravljene pri betoniranju, ali pa iz valja, izvrtanega iz objekta. V prvem primeru se iz sredine dveh kock z robom 15 cm odvzame po ena prizma približnih dimenzij



10 cm × 15 cm × 4 cm tako, da stoji pravokotno na smer vgrajevanja in je njena dolžina v tej smeri 15 cm. V drugem primeru pa se iz valja premera okoli 15 cm izžagata po dve prizmi približnih dimenzij 14 cm × 4 cm × 3 cm. Ti sta vzporedni z osjo valja, med seboj sta oddaljeni približno en centimeter in se z robom 14 cm dotikata površine, ki je izpostavljena zmrzovanju. Pri prizmah iz kock se vedno polira po ena ravnina (15 cm × 10 cm), pri prizmah iz valjev pa se polirata po dve (5).

Meri se s stereomikroskopom, ki mora biti opremljen z napravo za registriranje izmerjenih dolžin. Analizira se pri 50- do 100-kratni povečavi po navideznih linijah na površini vzorcev. Dolžina linij, na katerih je treba meriti, je odvisna od največjega zrna uporabljenega agregata in je pri betonih z največjim zrnem 16 oziroma 32 mm okoli 240 cm. Na vsaki prizmi, izrezani iz kock, se meri na treh skupinah po štiri linije dolžine 10 cm. Linije v vsaki skupini so medsebojno oddaljene po 6 mm, pri čemer začne zgornja skupina 6 mm od površine, srednja 42 mm od zadnje linije zgornje skupine in spodnja 42 mm od zadnje linije srednje skupine.

Merijo se samo zračni mehurčki v cementnem kamnu do največje dolžine sekante 4 mm. Večji mehurčki, razpoke in pore v agregatu se ne merijo. Prav tako se ne upoštevajo tudi votlinice, manjše kot 4 mm, za katere je očitno, da izvirajo iz slabe vgrajenosti betona.

Linije sekajo pore; merijo in registrirajo se skupna dolžina delov linij na čvrstem materialu med porami, dolžina delov merilnih linij v samih mehurčkih (sekante) ter celotno število zračnih mehurčkov.

Pri linijski analizi je treba zbrati, registrirati in obdelati zelo veliko število podatkov in je zato treba imeti tudi ustrezno merilno napravo. Najprimernejše so polavtomatske naprave za izvajanje linijske mikroskopske analize, ki so sestavljene iz stereomikroskopa, televizijske kamere ter zaslona, na katerem se opazuje povečana slika merjene površine, mikroskopske mizice, ki je posebno prirejena za merjenje dolžin, ter računalnika, ki zbira in obdeluje podatke meritev (7). Naprava mora biti polavtomatska, saj avtomatska ne more ločiti zračnih mehurčkov od temnih, drobnih zrn agregata. Z neavtomatiziranimi merilnimi napravami lahko tudi določimo celotno poroznost in faktor oddaljenosti, nikakor pa ne velikostne porazdelitve in količine zračnih mehurčkov, ki so manjši kot 300 μm. Meritve s takimi napravami zahtevajo dosti več časa in so mnogo bolj naporne.

## 2.2. IZRACHUN PARAMETROV ZRAČNE POROŽNOSTI

Linijska mikroskopska analiza naj bi določila predvsem dva parametra, in sicer: celotno količino zračnih mehurčkov  $Z_c$  ter faktor oddaljenosti FO. Kot dodatni parameter je pomembna še količina zračnih mehurčkov do velikosti 300 μm  $Z_{300}$ . Prvi dve količini, celotno količino zračnih mehurčkov

in faktor oddaljenosti, lahko izračunamo iz vsot dolžin odsekov, premerjenih na trdnem delu betona  $\Sigma T$ , vsot dolžin sekant, premerjenih v zračnih mehurčkih  $\Sigma P$ , in celotnega števila por  $N$ .

Za izračun obeh parametrov se uporabljajo naslednje enačbe (4), (5):

a) celotna količina zračnih mehurčkov  $Z_c$ :

$$Z_c = \frac{\Sigma P \cdot 100}{\Sigma P + \Sigma T} \text{ v vol } \%,$$

b) faktor oddaljenosti FO:

če je razmerje med prostornino cementnega kamna in količino zračnih mehurčkov manjše kot 4,33, se faktor oddaljenosti izračuna po enačbi:

$$FO = \frac{V_c + V_v}{Z_c} \cdot \frac{10}{O} \text{ v mm,}$$

kjer so:

$V_c + V_v$  — prostorninski delež cementnega kamna,

$V_c$  — prostorninski delež cementa,

$V_v$  — prostorninski delež vode,

$O$  — specifična površina, ki je enaka  $O =$

$$= \frac{4}{l}, \text{ če je } l \text{ dolžina povprečne}$$

vrednosti sekante v zračnih mehurčkih in je določena

$$l = \frac{\Sigma P}{N}.$$

Če je razmerje med prostornino cementnega kamna in količino zračnih mehurčkov manjše kot 4,33, se faktor oddaljenosti izračuna po enačbi:

$$FO = \frac{30}{O} \left[ 1,4 \left( \frac{V_c + V_v}{Z_c} + 1 \right)^{1/3} - 1 \right] \text{ v mm.}$$

Enačbi za faktor oddaljenosti temeljita na idealiziranem sistemu zračnih mehurčkov. Ti so vsi enako veliki, imajo premere, ki so enaki povprečnemu premeru zračnih mehurčkov v merjenem cementnem kamnu, in so v cementnem kamnu pravilno razporejeni. Cementni kamen bi tako lahko razdelili na enake kocke in v vsakem središču bi bil po en mehurček.

Po prvi enačbi je faktor oddaljenosti izračunan kot povprečna debelina sloja cementnega kamna, ki obdaja zračne mehurčke, po drugi pa kot oddaljenost cementnega kamna, ki je v oglišču navidezne kocke modela in stene mehurčka.

## 2.3. KRITERIJI ZA ZRAČNO POROŽNOST AERIRANIH BETONOV

V svetu so postavljeni kriteriji, kakšne mejne vrednosti naj dosegajo parametri zračne poroznosti pri



betonih, odpornih proti mrazu ter mrazu in solem in ki so pripravljene z aeranti (6), (7). Ti kriteriji so postavljeni tako za testiranje učinkovitosti aerantov kakor tudi za samo ugotavljanje obstojnosti.

Kakor je bilo že omenjeno, do zmrzlinjskih poškodb na betonu ne pride, če je v betonu nasičenem z vodo dovolj drobnih zračnih mehurčkov; v nje lahko med zamrzovanjem penetrira odvečna voda, ki se v njih pojavi zaradi povečanja prostornine pri zamrzovanju. To pomeni, da morajo biti zračni mehurčki v cementnem kamnu dovolj drobni in jih mora biti dovolj, tako da najbolj oddaljena točka v cementnem kamnu ni preveč oddaljena od stene takega mehurčka. Ustreznost zračne poroznosti, pri kateri je beton odporen proti zamrzovanju in odtaljevanju brez odtaljevalnih soli ali z njimi, podajata dva parametra zračne poroznosti, in to vsak zase (7):

— faktor oddaljenosti, ki ne sme presegati vrednosti 0,20 mm;

— količina zračnih mehurčkov s premerom manj kot 300  $\mu\text{m}$ ; ta mora biti večja ali kvečjemu enaka 1,5- prostorninskim odstotkom pri betonih z največjim zrnom 32 mm.

Za ugotavljanje obstojnosti betona proti mrazu oziroma mrazu in solem zadostuje ugotavljanje enega od parametrov in izpolnjevanje kriterija, zahtevanega za ta parameter. Od obeh navedenih parametrov se navadno uporablja faktor oddaljenosti.

### 3.0. DEJANSKA ZVEZA MED FAKTORJEM ODDALJENOSTI IN ODPORNOSTJO BETONA PROTI MRAZU TER MRAZU IN SOLEM

Iz literature in eksperimentalnih podatkov (3), (6) je razvidno, da je odpornost betona proti mrazu ter mrazu in solem obratno sorazmerna s faktorjem oddaljenosti. Mejni vrednosti faktorja oddaljenosti za odpornost betonov proti mrazu ter faktorja oddaljenosti za odpornost betonov proti mrazu in solem sta večji od vrednosti, ki je podana v predpisih in standardih.

Diagram 1 podaja odvisnost faktorja odpornosti, definirane v standardu ASTM C 666-75, po dvesto ciklih zamrzovanja in odtaljevanja brez odtaljevalnih soli po standardu JUS U.M1.016 od faktorja oddaljenosti betonov, pripravljenih z različ-

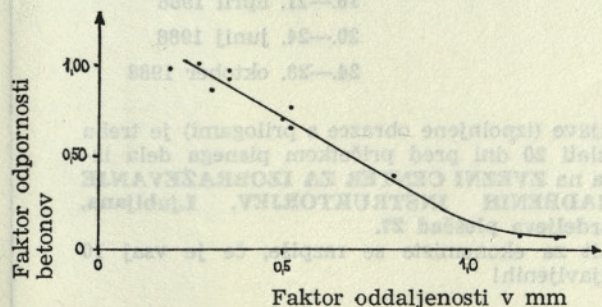


Diagram 1. Odvisnost faktorja odpornosti od faktorja oddaljenosti pri različnih betonih

nimi dodatki in brez njih. Iz diagrama je razvidno, da so betoni odporni proti mrazu, če faktor oddaljenosti ni večji kot 0,5 mm.

Diagram 2 podaja odvisnost izgube mase na enoto površine po 25 ciklih zamrzovanja in odtaljevanja v 4% raztopini NaCl po standardu JUS U.M1.055 od faktorja oddaljenosti betonov, pripravljenih z različnimi dodatki in brez njih. Iz diagrama je razvidno, da so betoni odporni proti mrazu in odtaljevalnim solem, če faktor oddaljenosti ni večji kot 0,3 mm.

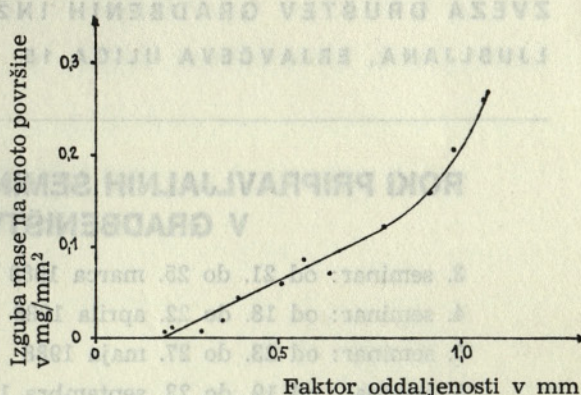


Diagram 2. Odvisnost izgube mase na enoto površine pri preizkusu odpornosti betona proti mrazu in solem po standardu JUS U.M1.055 od faktorja oddaljenosti pri različnih betonih

### 4.0. SKLEPI

Iz vsega navedenega lahko sklepamo, da je odpornost betonov proti učinku mraza brez in v prisotnosti odtaljevalnih soli tem večja, čim manjši je faktor oddaljenosti. Ta je odvisen od finosti zračnih mehurčkov, skupne zračne poroznosti ter od količine cementnega kamna.

Odpornost betona se lahko zanesljivo ugotavlja in napove pri vseh aeriranih betonih z linijsko mikroskopsko analizo. Betoni, pripravljene z drugimi dodatki, imajo običajno prevelik faktor oddaljenosti glede na zahtevanega, da bi ustrezali kriteriju za betone, odporne proti mrazu oziroma mrazu in solem. Kljub temu pa dá linijska mikroskopska analiza tudi pri neariranih betonih zelo zanimive informacije o njihovi poroznosti, ki je v tesni zvezi z njihovimi mehanskimi lastnostmi in odpornostjo.

### Literatura

1. Maage, M., 'Frost Resistance and Pore Size Distribution in Bricks', *Materieux et Constructions*, Vol. 17, No 101, 1984, 345-350.
2. Powers, T. C., 'The Air Requirement of Frost-Resistant Concrete', *Highway Research Board* 29, 1949, 184-211.
3. Zajc, A., Pejovnik, S., 'The Effect of Variation in Pore Structure on the Frost Resistance of Concrete with and without Deicing Chemicals', *VTT Symposium* 50, Third International Conference on the Durability of Building Materials and Components, Espoo 1984, 435-443.
4. ASTM C 457-471.



5. 'Anleitung für die Bestimmung von Luftporenkennwerten am Festbeton-Mikroskopische Luftporenuntersuchung' (Fassung 1981), Beton 31, 1981, 459—466.

6. Litvan, G. G., 'Air Entrainment in the Presence of Superplasticizers, Journal of ACI 4, July-August 1983,

326—331, July-August 1983.

7. Bonzel, J. Siebel, E., Neuere Untersuchungen über den Frost-Tausalz — Widerstand von Beton, Beton-technische Berichte 1977, Beton — Verlag, Düsseldorf 1978, 55—104.



**ZVEZA DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE**  
**LJUBLJANA, ERJAVČEVA ULICA 15**

### **ROKI PRIPRAVLJALNIH SEMINARJEV ZA STROKOVNE IZPITE V GRADBENIŠTVU ZA LETO 1988**

3. seminar: od 21. do 25. marca 1988
4. seminar: od 18. do 22. aprila 1988
5. seminar: od 23. do 27. maja 1988
6. seminar: od 19. do 23. septembra 1988
7. seminar: od 17. do 21. oktobra 1988
8. seminar: od 21. do 25. novembra 1988
9. seminar: od 19. do 23. decembra 1988

### **ROKI PRIPRAVLJALNIH SEMINARJEV ZA STROKOVNE IZPITE EKONOMSKE STROKE ZA LETO 1988**

1. seminar: od 16. do 18. maja 1988
2. seminar: od 12. do 14. decembra 1988

Prijave, z natančnimi podatki udeležencev (ime-priimek, strokovnost, naslov) in izjavo o plačniku stroškov seminarja v obliki dopisa, prejema **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije, Ljubljana, Erjavčeva 15** do 10. dne v mesecu tekočega seminarja.

#### **IZPITNI ROKI STROKOVNIH IZPITOV ZA GRADBENIKE, ARHITEKTE IN GEODETE V LETU 1988**

##### **PISNI**

12. marec 1988  
16. april 1988  
14. maj 1988  
24. september 1988  
22. oktober 1988  
19. november 1988

##### **USTNI**

1.—5. marec 1988  
4.—8. april 1988  
9.—13. maj 1988  
6.—10. junij 1988  
10.—14. oktober 1988  
14.—18. november 1988  
12.—16. december 1988

#### **IZPITNI ROKI STROKOVNIH IZPITOV ZA EKONOMISTE**

15.—19. februar 1988  
18.—21. april 1988  
20.—24. junij 1988  
24.—28. oktober 1988

Prijave (izpolnjene obrazce s prilogami) je treba poslati 20 dni pred pričetkom pisnega dela izpita na **ZVEZNI CENTER ZA IZOBRAŽEVANJE GRADBENIH INŠTRUKTORJEV, Ljubljana, Kardeljeva ploščad 27.** Izpit za ekonomiste se razpiše, če je vsaj 10 prijavljenih!



# OPEKARNA KOŠAKI / MARIBOR

## IZOSKOK

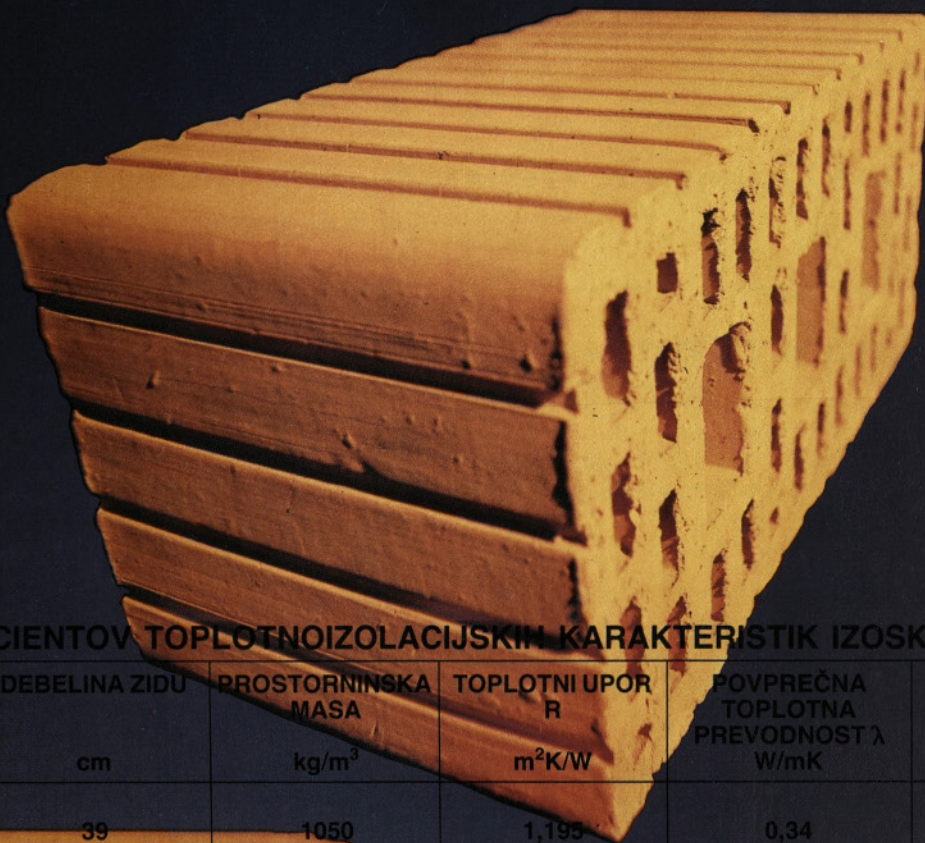


TABELA KOEFICIENTOV TOPLOTNOIZOLACIJSKIH KARAKTERISTIK IZOSKOKA

KONSTRUKCIJA ZIDU	DEBELINA ZIDU cm	PROSTORNINSKA MASA kg/m <sup>3</sup>	TOPLOTNI UPOR R m <sup>2</sup> K/W	POVPREČNA TOPLOTNA PREVODNOST λ W/mK	TOPLOTNA PREHODNOST ZIDU K W/m <sup>2</sup> K
Enoslojni zid brez fasadnega ometa	39	1050	1,195	0,34	0,73

TABELA KOEFICIENTOV TOPLOTNOIZOLACIJSKIH KARAKTERISTIK IZOSKOKA, OMETANEGA S TOPLOTNO IZOLACIJSKO MALTO TERATERMO PŽ SPECIAL V DEBELINI 4 cm

KONSTRUKCIJA ZIDU	DEBELINA ZIDU cm	PROSTORNINSKA MASA kg/m <sup>3</sup>	TOPLOTNI UPOR R m <sup>2</sup> K/W	POVPREČNA TOPLOTNA PREVODNOST W/mK	TOPLOTNA PREHODNOST ZIDU K W/m <sup>2</sup> K
Enoslojni zid s fasadnim ometom	39	1050	1,543	0,34	0,58

Šentiljska c. 116 / Tel.: h.c. 21-018, 21-081, 21-066 / Direktor 25-730 / Komerciala 24-907 / Tekoči račun pri SDK 51800-601-10238

