





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

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774

Ljubljana, september 2006, letnik 55, str. 221-244

Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Karlovska 3, 1000 Ljubljana, telefon 01 422 46 20; faks 01 422 46 22 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani** in **Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**izr. prof. dr. **Matjaž Mikoš****Jakob Presečnik**MSG IZS: **Gorazd Humar**mag. **Črtomir Remec**doc. dr. **Branko Zadnik**FGG Ljubljana: **doc. dr. Marijan Žura**FG Maribor: **Milan Kuhta**ZAG: **prof. dr. Miha Tomaževič**

Glavni in odgovorni urednik:

prof. dr. Janez Duhovnik

Sodelavec pri MSG IZS:

Jan Kristijan Juteršek

Lektorica:

Alenka Raič Blažič

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Anka Holobar

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočevski tisk

Naklada:

3000 izvodov

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

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

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 5500 SIT; za študente in upokojence 2200 SIT; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 40.687,50 SIT za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80 EUR. V ceni je všteti DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:

02017-0015398955

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

- Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
- Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
- Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.
- Besedilo mora biti izpisano z znaki velikosti 12 pik z dvojnimi presledkom med vrsticami.
- Prispevki morajo imeti naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo prispevka.
- Besedilo člankov mora obvezno imeti: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); oznako ali je članek strokoven ali znanstven; nazive, imena in priimke avtorjev ter njihove naslove; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; naslov SUMMARY, in povzetek v angleščini; naslov UVOD in besedilo uvoda; naslov naslednjega poglavja (velike črke) in besedilo poglavja; naslov razdelka in besedilo razdelka (neobvezno); ..., naslov SKLEP in besedilo sklepa; naslov ZAHVALA in besedilo zahvale (neobvezno); naslov LITERATURA in seznam literature; naslov DODATEK in besedilo dodatka (neobvezno). Če je dodatkov več, so dodatki označeni še z A, B, C, itn.
- Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni.
- Slike, preglednice in fotografije morajo biti omenjene v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino. Vse slike in fotografije v elektronski obliki (slike v običajnih vektorskih grafičnih formatih, fotografije v formatih .tif ali .jpg visoke ločljivosti) morajo biti v posebnih datotekah, običajne fotografije pa priložene.
- Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
- Kot decimalno ločilo je treba uporabiti vejico.
- Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako v obliki: (priimek prvega avtorja, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c, itn.
- V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela opisana z naslednjimi podatki: priimek, ime prvega avtorja (lahko okrajšano), priimki in imena drugih avtorjev, naslov dela, način objave, leto objave.
- Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani od do; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratak opis, npr. v zasebnem pogovoru.
- Prispevke je treba poslati glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku na naslov: FGG, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA oz. janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V spremnem dopisu mora avtor članka napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren. Prispevke je treba poslati v enem izvodu na papirju in v elektronski obliki v formatu MS WORD in v 8. točki določenih grafičnih formatih.

Uredništvo

Vsebina • Contents

Članki • Papers

stran **222**

izr. prof. dr. Aleš Krainer, univ. dipl. inž. arh.,
prof. dr. Jožef Peternež, univ. dipl. fiz.

PREDLOG UČNEGA PROGRAMA »ARHITEKTURNE KONSTRUKCIJE & VODENJE PROJEKTOV« NA FGG UL

SYLLABUS PROPOSAL »ARCHITECTURAL CONSTRUCTIONS
& PROJECT MANAGEMENT« AT FGG UL

stran **229**

Franz Maleiner, univ. dipl. inž. kom.

LAGUNSKÉ ČISTILNE NAPRAVE LAGOON TREATMENT PLANTS

stran **238**

David Duh, univ. dipl. inž. grad.,
izr. prof. dr. Roko Žarnić, univ. dipl. inž. grad.,
doc. dr. Violeta Bokan, univ. dipl. inž. grad.

ODPORNOST POVRŠINE AERIRANIH SAMOZGOŠČEVALNIH BETONOV PROTI ZMRZOVANJU IN TAJANJU V PRISOTNOSTI SOLI – ŠTUDIJA VPLIVA DELEŽA VNESENEGA ZRAKA IN VRSTE MINERALNEGA DODATKA

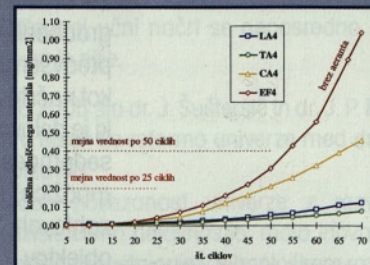
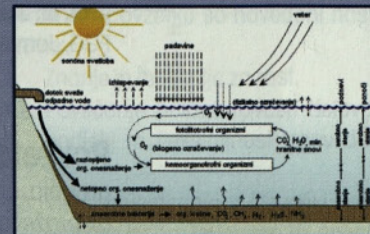
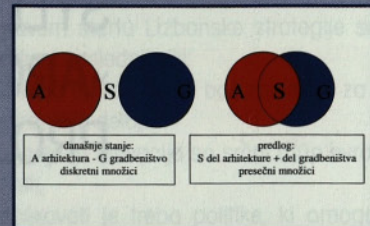
SALT FROST SCALING OF AERATED SELF-COMPACTING CONCRETES – THE
STUDY OF ENTRAINED AIR CONTENT AND TYPE OF MINERAL ADDITION

POPRAVEK

V avgustovski številki sta bila v rubriki Vsebina pri članku **ZIDANE
KONSTRUKCIJE IN RAZISKAVE ZA UVAJANJE EVROKODOV**

pomotoma izpuščena soavtorja dr. Vlatko Bosiljkov, univ. dipl.
inž. grad. in mag. Polona Weiss, univ. dipl. inž. grad.

Za napako se opravičujemo soavtorjema in bralcem.



Vabilo

TEDEN POŽARNE VARNOSTI KONSTRUKCIJ

Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: Novi in stari viadukt Lešnica na gorenjski avtocesti, foto SCT

PREDLOG UČNEGA PROGRAMA »ARHITEKTURNE KONSTRUKCIJE & VODENJE PROJEKTOV« NA FGG UL SYLLABUS PROPOSAL »ARCHITECTURAL CONSTRUCTIONS & PROJECT MANAGEMENT« ON FGG UL

izr. prof. dr. Aleš Krainer, univ. dipl. inž. arh.,
prof. dr. Jožef Peternejl, univ. dipl. fiz.
FGG, Jamova 2, 1000 Ljubljana

Strokovni članek
UDK 378.662 : 371.214

Povzetek | Okvir predlaganega učnega programa so stavbe. Njihovo načrtovanje, gradnja, uporaba in odstranitev predstavlja velik del področja graditeljstva. V obstoječem izobraževalnem sistemu na ljubljanski univerzi sta dobro pokrita dva dela tega področja: načrtovanje prostora (v našem primeru prostora v stavbah!), za katerega skrbi Fakulteta za arhitekturo, in načrtovanje nosilne konstrukcije stavb, za kar skrbi Fakulteta za gradbeništvo. Izobraževanje načrtovanja »zaščitnih« konstrukcij, ki ga predstavlja predvsem področje konstruktivne gradbene fizike, ni zagotovljeno na vsaj podobni ravni kot načrtovanje prostora in nosilne konstrukcije. Naravna povezanost med tremi področji, ki je delovala deset tisoč let, se je v začetku 20. stoletja začela trgati, po energetske krizi v sedemdesetih letih pa se je praktično pretrgala. V predlogu novega programa se z novo množico, ki jo predstavljajo zaščitne konstrukcije, ki imajo svojo osnovo v bistvenih zahtevah 2–6, v Direktivi o gradbenih proizvodih EC89/106 in v Zakonu o graditvi objektov RS, povezuje diskretni množici načrtovanje prostora in nosilna konstrukcija.

Summary | The framework of the proposed syllabus are buildings. Their planning, design, construction, use and removal represent an important part of construction field. In the existing education system at the University of Ljubljana two parts of this field are well covered: design of the space (in this case space in buildings), which is covered by Faculty of Architecture, and design of load bearing construction, which is covered by Faculty of Civil Engineering and Geodesy. The education in the design of »protective« constructions represented first of all by constructional building physics is not assured on the similar level as it is the case with the design of space and load bearing construction. The natural links between the three fields that lasted for ten thousand years started to tear at the beginning of the 20th century and practically tore apart after the energy crisis in the seventies. In the proposal for new syllabus, the new set being represented by protective constructions, which have their basis in the Essential Requirements 2–6 in the Construction Products Directive, EC89/106 and in the Construction Act of RS, combines the discrete sets of design of space and load bearing construction.

1 • IZHODIŠČA

Predlagani program je neke vrste presečna množica med željami študentov, ki jih zanima

delo na področju gradbeništva v širšem smislu, in praznim prostorom, ki se v praksi pojavlja

med področjem, ki ga pokriva arhitektura, z malim ali velikim A, in med področjem, ki ga pokriva del gradbeništva, v obravnavanem primeru konstrukcijska smer, prav tako z malim in velikim K, ki jo skrbi predvsem nosilna konstrukcija. Težave, ki se v praksi pojavljajo, so

tudi posledica odzivanja vsebin, ki jih pokriva konstruktivna gradbena fizika oziroma zaščitne konstrukcije in tudi njihova naravna in neločljiva povezava z nosilno konstrukcijo, s praga na prag. Na koncu te vsebine tako eni kot drugi skrbno pometejo vsak pod svojo preprogo. V šestdesetih letih prejšnjega stoletja količina te snovi še ni bila tako obsežna, da je ne bi bilo mogoče obravnavati po potrebi tako v okviru »arhitekture« kot tudi v okviru »gradbeništva«. Dnevna svetloba, na primer, je bila pomembna konstituenta oblikovanja prostora skozi tisočletja, a je v Sloveniji žal izzvenela z arhitekti šestdesetih in sedemdesetih let, ki so do potrebnega znanja verjetno prišli po lastni poti. Do konca šestdesetih let je bil opečni zid 38 cm na našem območju poleg svoje nosilne vloge tudi zadosten toplotni regulator: za pozimi in za poleti!

Sedaj smo v novem tisočletju, dobrih trideset let po prvi energetski krizi, ki je, če nam je to všeč ali ne, ves sistem grajenega okolja postavila v tehnološkem smislu v popolnoma novo luč. Vitruvius je bioklimatsko orientirano filozofijo oblikovanja bivalnega okolja povzel že pred dvema tisočletjema. Ta pristop je bil v zadnjih petdesetih letih marginaliziran, pogosto tudi omalovaževan. Vendar je osnovna ideja pomembnosti določene lokacije in njenih geomorfoloških in podnebnih značilnosti zopet dobila pomembno mesto v Direktivi o gradbenih proizvodih 89/106 (EEC, 1988). Ta nas je tudi na srečo prisilila, da je njenih šest bistvenih zahtev del slovenskega Zakona o graditvi objektov (RS, 2004). Čas je, da vse bistvene zahteve, ne le mehanska odpornost in stabilnost, postanejo enakovredni člen visokošolskih učnih vsebin. Na koncu, a ne nazadnje, je treba omeniti tudi problem in vlogo poslovanja, bolj oblikovanja sposobnosti vodenja projektov. Bertrand Russell je dejal, da sta dve vrsti dela: prva je spreminjati položaj snovi na Zemljini površini ali ob njej, odvisno od druge snovi, druga je

govoriti preostalim, naj to naredijo. Besedo projekt uporabljamo kot aktivnost, ki je potrebna za rešitev kateregakoli problema.

V vrsti sporočil Evropske komisije izpostavljajo izobraževanje in z njim povezano vlogo univerz kot pogoj za realizacijo Lizbonske strategije (LS) (CEC, 2003), (CEC, 2004), (CEC, 2005). V njih je navedeno, da se bo evropska proizvodna baza zmanjševala, bodoča rast in socialna blaginja bosta odvisni od industrij in servisov, v katerih bo najpomembnejše znanje, za vedno več delovnih mest bo potrebna višja raven izobrazbe. Ozka grla pri uresničevanju LS so:

- Uniformiranost: povprečna kakovost je sicer dobra zaradi težnje k uniformiranosti in egalitarizmu, vsaj v akademskem smislu. Pomanjkljivosti izvirajo iz **nezadostne diferenciacije**. Večina univerz ponuja monodisciplinarnе programe in tradicionalne metode, ki so prilagojene isti skupini »akademsko najbolj kvalificiranih učiteljev«, kar vodi do izločitve tistih, ki se ne podreajo standardnim modelom.
- Izoliranost posameznih držav in celo v državah samih.
- Prefirana reguliranost, ki ovira modernizacijo in učinkovitost.
- Finančna podhranjenost.

Predlog učnega programa nove smeri izhaja iz:

- Zakona o graditvi objektov (RS, 2004).
- Direktive o gradbenih proizvodih (EEC, 1989).
- Bolonjske deklaracije (sistem 3+2) – prehod na nov sistem študija (Bolonjski proces, 2006).
- Lizbonske strategije – razvoj gospodarstva v EU (LS).
- Strategije razvoja Slovenije – usmeritev v znanja, problem skromne inovativnosti in prenizke tehnološke zahtevnosti (RS, 2005).

- Prakse učenja – faktografija ali problemsko učenje.
- Prakse izvajanja.
- Eksplicitnih opozoril, da obstoječa znanja novodiplomiranih študentov ne ustrezajo potrebam prakse in tvori njihovo presečno množico.

V novem startu Lizbonske strategije so zastavljeni naslednji cilji:

- Evropa mora postati bolj zanimiva za investiranje in delo,
- znanje in inovacije so srčni utrip evropske rasti,
- oblikovati je treba politike, ki omogočajo ustvarjanje več in boljših delovnih mest.

V izvršilnem povzetku so navedeni naslednji odstavki:

- 3.3. Znanje in inovacije za rast.
- 3.4.2. Povečanje prilagodljivosti delavcev in podjetij in fleksibilnost trgov delovne sile.
- 3.4.3. Večje investiranje v človeški kapital z boljšim izobraževanjem in sposobnostmi.

Predlagani učni načrt se neposredno navezuje na te cilje.

Maja 2005 sta dr. J. Šušteršič in dr. J. P. Damijan v Tezah za reformo univerze med drugim izpostavila:

- slabo povezanost univerze z razvojno-raziskovalno dejavnostjo: malo inovativnih podjetij, zaostajanje v tehnološkem razvoju;
- slabo kakovost študija: velik osip in dolgotrajnost študija (na FGG UL po zadnjih podatkih več kot 10 let, opomba avtorjev);
- da je potrebno bistveno olajšati ustanavljanje novih institucij in programov,
- poenostaviti angažiranje zunanjih predavateljev iz prakse,
- omogočiti mednarodni pretok študentov in profesorjev.

2 • CILJI

Cilj programa je nov profil oblikovalca in načrtovalca bivalnega in delovnega okolja, kjer sta organsko povezana načrtovanje in izvedba.

Cilj aktivnosti novega profila oblikovalca in načrtovalca bivalnega in delovnega okolja so:

- izboljšanje kakovosti grajenega okolja,

- izboljšanje delovanja tega okolja s ciljem, da se zmanjšajo negativni vplivi na okolje,
- usmeritev v oblikovanje takih zgradb, ki upoštevajo principe trajnostnega razvoja z ustvarjanjem in odgovornim ravnanjem z zdravim grajenim okoljem, ki temelji na učinkoviti izrabi virov in ekoloških načelih,

- pridobivanje **znanja, tehničnih spretnosti in inovacijske sposobnosti** za dvig kakovosti projektov za načrtovanje izvedbe, distribucije, uporabe in odstranitve ter za presojo fizične izvedljivosti, ekonomske upravičenosti in finančnih možnosti.

Predmet programa je inženirsko oblikovanje bivalnega in delovnega okolja na podlagi direktive in njenih bistvenih zahtev, memorandum (Memorandum, 1999) ter zakona o graditvi objektov RS.

Za metodo uporabljamo izraz »demand side management«, ki temelji na principu trajnostnega razvoja to je načrtovanje, izvedba in ocena aktivnosti z namenom spodbujanja vseh sodelujočih, da optimalno uporabljajo razpoložljive vire.

Sistem izobraževanja bo temeljil na oblikovanju in pridobivanju sposobnosti, ki so jih izpostavili »delodajalci«, predstavniki gradbenih podjetij v okviru ankete o posodabljanju in razvijanju študijskih programov visokega šolstva na UL FGG.

Po oceni iz prakse so najpomembnejše sposobnosti gradbenikov po pomembnosti razvrščene takole:

1. Sposobnost uporabe znanja v praksi.
2. Sposobnost prilagajanja novim situacijam.
3. Odločanje.
4. Osnovno obvladanje stroke.
5. Sposobnost ustvarjanja novih idej.
6. Osnovno znanje s področja gradbeništva.

Za realizacijo navedenih sposobnosti je potrebno iz obstoječega sistema učenja receptov na pamet preiti na učenje procesov,

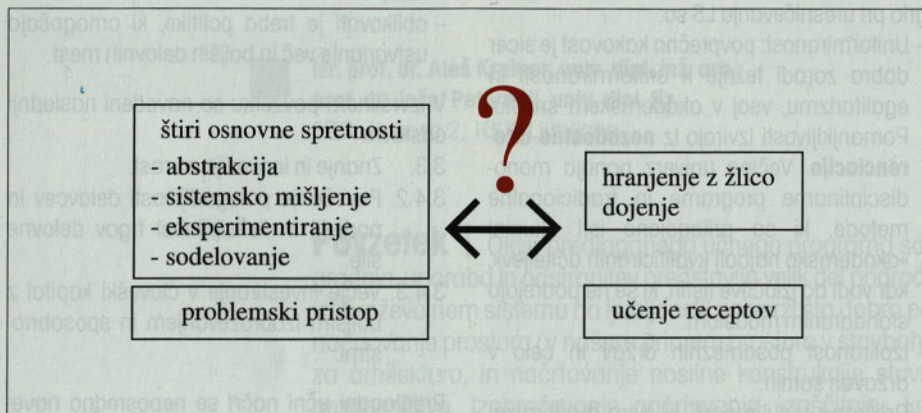
na presojo in razlago, kako priti do ozadja podatkov in uporabiti problemsko usmerjen način študija (slika 1). Dosedanje izkušnje na FGG UL so pokazale, da je dovolj veliko število študentov sposobno takega načina študija. Glavni problem predstavljajo iz srednjih šol prineseni vzorci in šentflorjanski negativni miti.

Da bi se uresničile prioritete LS se poziva vlade, naj omogočijo univerzam, da se spremenijo in sledijo strateškim prioriteta (4.1.1.) in da naj se v celoti zagotovi financiranje.

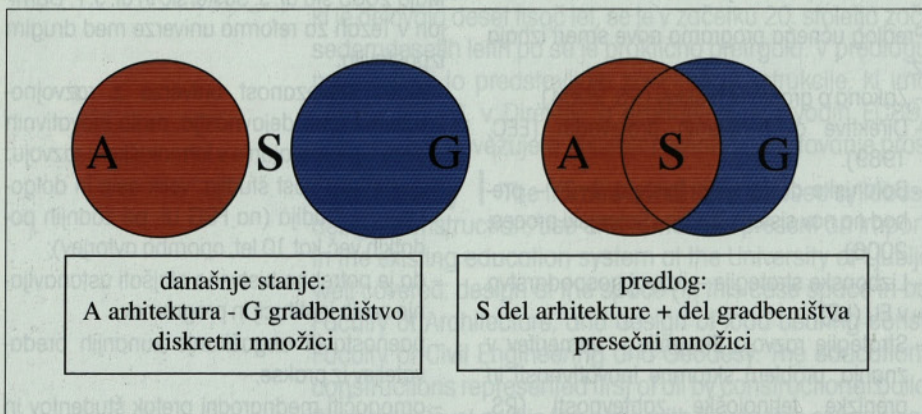
Področje arhitekture (FA) in področje gradbeništva (FGG) sta dve diskretni množici, med katerima ni potrebne povezave in sinergije (slika 2). Konstruktivna gradbena fizika oziroma na njej temelječa arhitekturna konstrukcija je na obeh fakultetah marginalizirana, čeprav predstavlja večer problem tako pri projektiranju, izvedbi in uporabi na eni strani in velik izziv sodobne bioklimatsko orientirane gradnje, ki zajema 5 od 6 bistvenih zahtev Direktive o gradbenih proizvodih 89/106 na drugi strani. Te bistvene zahteve so izrecno navedene v prvem odstavku 9. člena zakona o graditvi. V skladu z memorandumom naj bi bile te učne vsebine v določenih odstotkih zajete na obeh fakultetah (preglednica 1). Tega problema se dobro zavedajo tako na nekaterih vodilnih svetovnih univerzah (Stanford University, 2006) kot tudi nekateri v Sloveniji (MOPE, 2003).

Vsebina memoranduma se večinoma prekriva z bistvenimi zahtevami iz Direktive o gradbenih proizvodih 89/106. Bistvene zahteve so del Zakona o graditvi objektov RS, sistemsko in celovito pa niso zajete v učnih programih niti ene niti druge fakultete. Eni in drugi so legitimno prepričani, da so ostale vsebine pomembnejše in da tudi za te pomembnejše vsebine ni na voljo dovolj študijskih ur. Verjetno je res, da obstoječe vsebine na obeh fakultetah zaradi razpoložljivega obsega snovi ne dopuščajo uvajanja novih snovi, ne da bi bile obstoječe prizadete. Na drugi strani pa je res, da je treba praznino v znanju o oblikovanju prostora in nosilne konstrukcije zapolniti (slika 3).

Uspešni projekti v okviru velikih sistemov, na primer avtocestni program, so izjema zaradi tega, ker imajo (morajo imeti!) investitorji dobro organizacijo in znanje za vodenje relativno tipiziranih, a velikih in zahtevnih objektov znanega investitorja. V ostalem delu graditeljstva so investicije razpršene na manjše objekte, kjer prihaja predvsem zaradi pomanjkljivega znanja vseh akterjev: investitorjev, projektantov in izvajalcev, vključno z



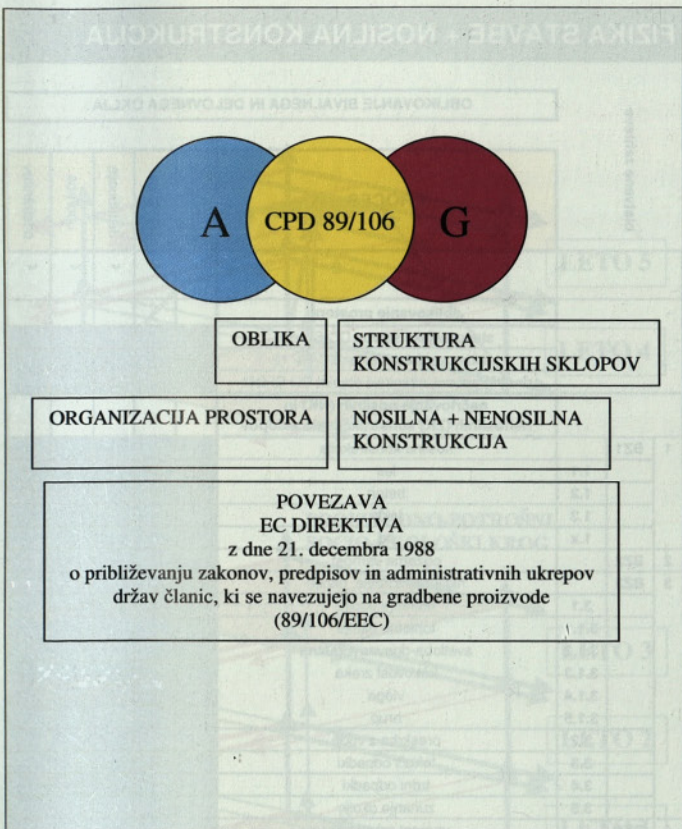
Slika 1 • Dva nasprotna sistema učenja: problemski pristop in učenje receptov



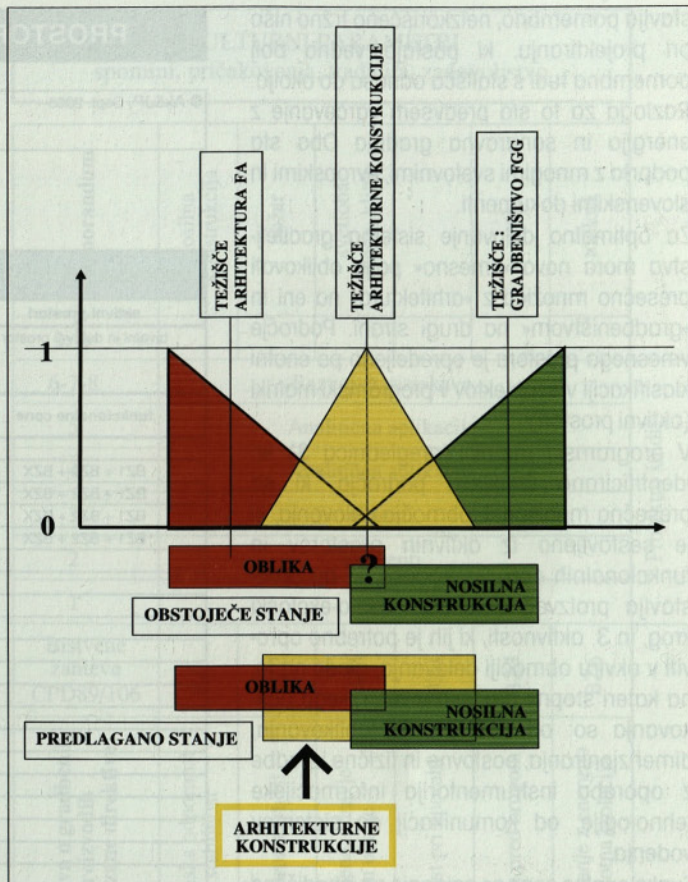
Slika 2 • Modela stanja: področje arhitekture (FA) in področje gradbeništva (FGG)

Področje	Orientacijske vrednosti za ponderiranje %	
	Gradbeništvo	Arhitektura
Toplota	30	30
Vlaga	20	10
Zvok	10	20
Požar	20	10
Svetloba	5	15
Klima	15	15
Skupaj	100	100

Preglednica 1 • Orientacijski deleži področij konstruktivne gradbene fizike (Memorandum, 1999)



Slika 3 • Nejasen vmesni »prazen« prostor predstavlja v praksi velik problem, ki se kaže v množicah napak pri oblikovanju prostora in oblikovanju in izvedbi konstrukcijskih sklopov kot tudi v slabem slovesu celotnega graditeljstva



Slika 4 • Položaj problemskega področja med »arhitekturo« in »gradbeništvom«

upravnimi službami, namesto sinergetičnega delovanja do stalnih konfliktov. To se kaže tudi na zunanji podobi stroke, ne samo v Sloveniji, ampak tudi v drugih članicah zveze.

Od prve energetske krize v sedemdesetih letih do danes je prišlo predvsem v strukturi konstrukcijskih sklopov do večjih sprememb kot prej v celotni zgodovini grajenega okolja. Po

tridesetih letih se večina akterjev na področju arhitekture in gradbeništa tega še vedno ne zaveda. Princip učenja preizkušenih (»tradicionalnih«) receptov na pamet enostavno ne more več slediti hitremu tehnološkemu razvoju niti na ravni materialov in njihovih združb niti na ravni novih informacijskih tehnologij, ki vedno bolj prodirajo v grajeno okolje in postajajo njegov integralni del.

Med poljem »oblika«, ki ga predstavlja predvsem področje arhitektonskega oblikovanja, v našem primeru so to stavbe, in poljem »nosilna konstrukcija«, ki ga predstavlja področje projektiranja nosilne konstrukcije, je v obstoječi situaciji v Sloveniji zelo majhen in slučajen presek (slika 4). V primeru FG(G) UL področje arhitekturnih konstrukcij v širšem smislu, z upoštevanjem kulturnega in tehnično/tehnološkega vidika, predstavlja predvsem motnjo v sistemu. Formalno ostaja praktično nepokrito polje konstruktivne gradbene fizike in povezanih arhitekturnih konstrukcij, ki zajema elemente DGP89/106. Na FG(G) se nedvoumno goji le prva bistvena zahteva. Ostalih pet bistvenih zahtev se marginalizira in anatemizira. Verjetno je razlog tudi problem razpoložljivega splošnega števila ur/učitelja-asistenta na fakulteti.

V praksi se stalno izpostavlja problem nekakovostnih izvedb, ki so predvsem posledica slabih projektov. Dejstvo je, da odgovorni projektanti na obeh straneh (arhitektura in gradbeništvo) tega »vmesnega« polja ne obvladajo, čeprav le-to pred-

Obravnavane funkcije:	Dejavnosti: proces	Aktivnosti v okviru problemskega področja:
aktivni prostori	načrtovanje	vodenje sistemov
funkcionalne čone	izvedba	informatika
	distribucija	oblikovanje
	uporaba	dimenzioniranje
	odstranitev	gradnja/razgradnja
		vzdrževanje

Preglednica 2 • Struktura fizične vsebine, procesa v okviru življenjske dobe stavbe in potrebnih aktivnosti za realizacijo, ki oblikujejo vsebine predlaganega študijskega programa

stavlja pomembno, neizkoriščeno tržno nišo pri projektiranju, ki postaja vedno bolj pomembna tudi s stališča odnosa do okolja. Razloga za to sta predvsem varčevanje z energijo in sonaravna gradnja. Oba sta podprta z mnogimi svetovnimi, evropskimi in slovenskimi dokumenti.

Za optimalno delovanje sistema graditeljstva mora novo »vmesno« polje oblikovati presečno množico z »arhitekturo« na eni in »gradbeništvom« na drugi strani. Področje vmesnega prostora je opredeljeno po enotni klasifikaciji vrst objektov v programski matriki (aktivni prostori).

V programski matriki (preglednica 3) so identificirana študijska področja, ki so presečna množica 1. območja delovanja, ki je sestavljeno iz aktivnih prostorov in funkcionalnih con, 2. procesa, ki ga predstavlja proizvodno-potrošni socio-ekološki krog, in 3. aktivnosti, ki jih je potrebno opraviti v okviru območji delovanja, glede na to, na kateri stopnji procesa inženirskega oblikovanja so: od načrtovanja, oblikovanja, dimenzioniranja, poslovne in fizične izvedbe z uporabo instrumentarija informacijske tehnologije, od komunikacij do sistemov vodenja.

Funkcionalne cone se nalogajo na izhodiščne rešitve akcijskih prostorov in nato v interakcijski matriki povezujejo s potrebnimi faktorji iz »procesa« in »aktivnosti«.

Predlagana študijska področja niso mišljena kot skupek klasičnih predmetov, ampak kot neposredna podpora problemsko usmerjenemu reševanju nalog v okviru določenih projektov študijskega programa.

Cilj je virtualna izvedba določenega investicijskega naročila na podlagi čim bolj definiranih zahtev. Obstaja velika množica posameznih, osnovnih fizikalnih problemov, ki so bolj ali manj poznani. Od tod naprej pa se pojavi gozd problemov, ki ga predstavljajo razvoj, organizacija in ocenitev informacij v okviru zahtevnih interaktivnosti med komponentami.

Obseg učne vsebine določajo naslednje osnovne koordinate: območja delovanja, aktivnosti in socio-ekološki ter proizvodno-potrošni krog (slika 5). Časovno je to 300 kreditnih točk (ETCS). Vsebina je razdeljena dva dela: prvi, splošni del ima 6 semestrov (3 leta) in 180 kreditnih točk, drugi, posebni del (magistrski študij) ima 4 semestre (2 leti) in 120 kreditnih točk. Učna vsebina bo razdeljena na »projekte«. Vsak projekt bo imel enako osnovno strukturo kot predstavljena splošna shema (slika 6).

PROSTOR + FIZIKA STAVBE + NOSILNA KONSTRUKCIJA

© Ak&JP, Sept. 2005

OBLIKOVANJE BIVALNEGA IN DELOVNEGA OKLJA

bistvene zahteve		OBLIKOVANJE BIVALNEGA IN DELOVNEGA OKLJA				
		PROCES				
OBMOČJE DELOVANJA		načrtovanje	izvedba	distribucija	uporaba	odstranitev
aktivni prostori		oblikovanje prostora				
bivalni in delovni prostor		stanovanjske stavbe CC-SI - 11				
		nestanovanjske stavbe CC-SI- 12				
		drugi gradbeni inženirski objekti CC-SI-241				
funkcionalne cone		načrtovanje nosilnih (NK) in nenosilnih (ZK) konstrukcijskih sklopov				
	NK 1	BZ1	nosilna konstrukcija			
		1.1	les	ŠP	ŠP	? ŠP
		1.2	beton	ŠP	ŠP	? ŠP
		1.3	jeklo			
		1.x	itd			
	ZK 2	BZ2	požarna varnost			
	ZK 3	BZ3	higijena, zdravje, okolje			
		3.1	notranje okolje			
		3.1.1	toplotno okolje			
		3.1.2	svetloba-dnevna+umetna			
		3.1.3	kakovost zraka			
		3.1.4	vлага			
		3.1.5	hrup			
		3.2	preskrba z vodo			
		3.3	tekoči odpadki			
		3.4	trdni odpadki			
		3.5	zunanje okolje			
	ZK 4	BZ4	varnost pri uporabi			
	ZK 5	BZ5	zaščita pred hrupom			ŠP
	ZK 6	BZ6	varčevanje z energijo in TI			
	INST		instalacije (informacijsko)			
	INST		naprave - kontrolni sistemi			
AKTIVNOSTI v okviru problemskega območja						
	vodenje sistemov					A
	informacijska tehnologija					
	načrtovanje, oblikovanje					
	dimenzioniranje					
	gradnja/razgradnja					
	vzdrževanje					

ŠP = študijsko področje podprto z ustreznim matematičnim in fizikalnim instrumentarijem v okviru projektne načina študija

NK = nosilne konstrukcije

ZK = zaščitne konstrukcije

A = obravnavane aktivnosti

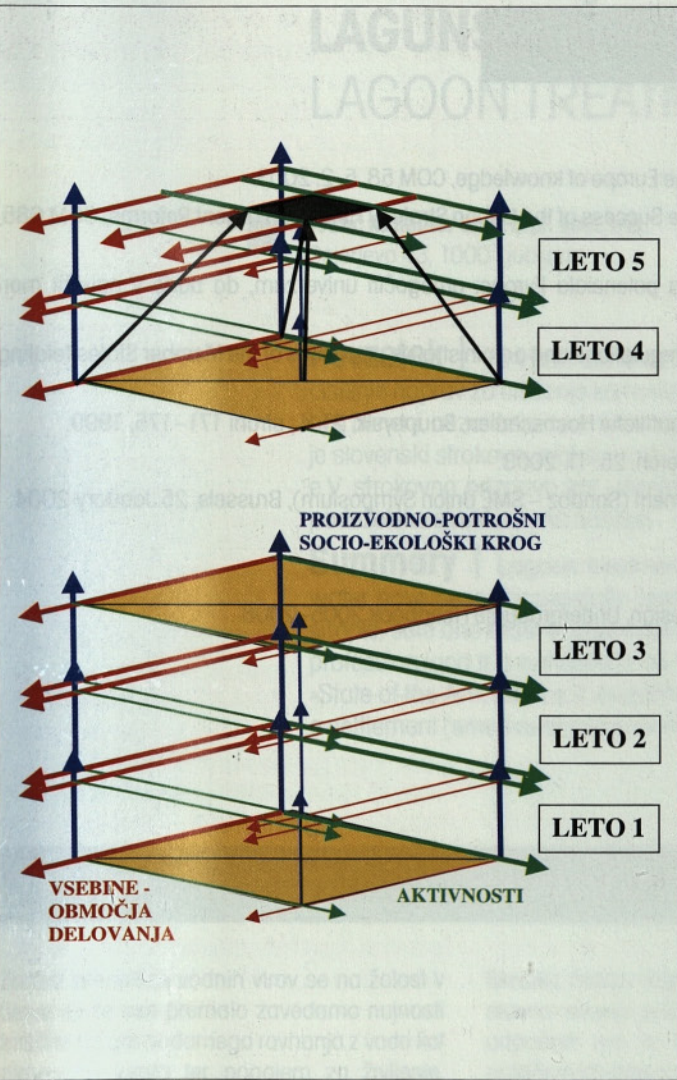
INST = instalacije + naprave + kontrolni sistemi

BZ1 bistvena zahteva 1, iz Direktive o gradbenih proizvodih 89/106, Zakon o graditvi objektov RS

Preglednica 3 • Izhodiščna programska matrika

Sistem 2+3 je vpet med osnovni evropski dokument, ki ureja področje gradbenih materialov in objektov (skupaj z drugimi povezanimi direktivami), in med memorandumom, kjer je predstavljena vsebina in okvirni deleži posameznih vsebin s področja konstrukcijske gradbene fizike. V prvi stopnji se obravnavajo osnove, elementi in sistemi, v drugi analitična aplikacija in v tretji znanstveno-raziskovalna tematika. Bistvena ambicija programa je, da je študent na koncu prve stopnje sposoben ali za vstop v praktično delo ali za prestop v drugo stopnjo na ravni analitičnih aplikacij.

Vsebine funkcionalnih polj, to je učnih področij, ki pokrivajo bistvene zahteve direktive o gradbenih proizvodih in z njimi povezanim spremljajočim instrumentarijem od standardov do pravilnikov, so vpete med množice tehnično/tehnoloških, ki jih predstavljajo dimenzije, ekonomika, udobje... in kulturne parametre, ki jih predstavljajo spomini, pričakovanja, tradicija, zadovoljstvo... Obravnavanje skupne presečne množice in ne diskretnih množic, kot je sedaj, naj bi bil osnovni kanon predlaganega načina reševanja problemov.



Slika 5 • Obseg učne vsebine določajo naslednje osnovne koordinate: območja delovanja, aktivnosti in socio-ekološki ter proizvodno-potrošni krog

KULTURNI PARAMETRI spomini, pričakovanja, tradicija, zadovoljstvo						
Memorandum	nosilna konstrukcija	požar	svetloba vlažga, klima		zvok	toplota
leto						
6-7-8	Razvoj & raziskave					
5	Analitična aplikacija					
4	Analitična aplikacija					
3	sistemi					
2	elementi					
1	osnova					
Bistvene zahteve CPD89/106	BZ1	BZ2	BZ3	BZ4	BZ5	BZ6
Direktiva o gradbenih proizvodnih + povezane direktive	Mehanska odpornost in stabilnost	Požarna varnost	Higijena, zdravje in okolje	Varnost pri uporabi	Zaščita pred hrupom	Varčevanje z energijo in toplotna izolacija
Dimenzije, varnost, ekonomika..., udobje TEHNIČNI PARAMETRI						

Projektni študij

Slika 6 • Splošna shema sistema 3+2

3 • SKLEP

Predstavljeni predlog novega učnega programa je odgovor na svetovne trende razvoja, razvojne usmeritve v okviru EU in Slovenije, kjer je povsod poudarek na principu trajnostnega razvoja in dviga kakovosti življenja, ki je odvisna od kreativnosti in inovativnosti povezanega tehnološkega razvoja.

Eden od pomembnih dejavnikov v celovitem sistemu je grajeno bivalno in delovno okolje, ki močno vpliva na lokalno in globalno okolje. Predvsem po prvi enegetski krizi je prišlo v okviru grajenega okolja na tehnološki, ne pa

na konceptualni ravni, celo pri nosilnih konstrukcijah, kaj šele pri zaščitnih, do večjih sprememb, kot so se dogodile v celotni do-tednji zgodovini artefaktov. Trajnostni razvoj, ki je pomemben element strategije razvoja Slovenije, ni le ekološki in ekonomski ampak tudi socialni in kulturni. Trajnostna gradnja predstavlja gradnjo in odgovorno upravljanje zdravega grajenega okolja, ki temelji na principu učinkovite rabe virov in ekoloških principih, kar je v današnjih učnih vsebinah zajeto bolj ali manj deklarativno.

Novi, dinamični sistemi zahtevajo tudi nove načine obravnavanja (Potočnik, 2005). Začetek procesa je, kot vedno, na področju izobraževanja. Razlika je le v tem, ali se učimo na svojih napakah. G. B. Shaw je dejal, da to počno samo bedaki. Bolje je namreč napake odpraviti vnaprej. Tukaj je še inovativnost, dejavnost, ki se kar naprej pojavlja v različnih razvojnih dokumentih.

Naj nama bo oproščeno, da spomniva, da za inovativnost obstoječa stanja ne morejo biti niti element vzora niti element primerljivosti.

4 • LITERATURA

Bolonjski proces: <http://www.mvzt.gov.si>, 2006.

CEC, Communication from the Commission, The role of the universities in the Europe of knowledge, COM 58, 5. 2. 2003.

CEC, Communication from the Commission, Education & Training 2010, The Success of the Lisbon Strategy Hinges on Urgent Reforms, COM 685, OJ 30. 4. 2004.

CEC, Sporočilo komisije COM 152, končno, Spodbujanje intelektualnega potenciala Evrope: omogočiti univerzam, da bodo v najvišji meri prispevale k Lizbonski strategiji, (SEC(2005) 518), 20. 4. 2005.

EEC, Council Directive of 21 December 1988 on the approximation of laws, regulations and administrative provisions of the Member States relating to construction products (89/106/EEC), OJ No L 40, p. 12, 11. 2. 1989.

Memorandum zum Lehrinhalt Bauphysik fuer Universitaeten und wissenschaftliche Hochschulen, Bauphysik, 21, 4, strani 171–175, 1999.

MOPE, Priporočila za posodobitev dodiplomskega študija na gradbenih smereh, 25. 11. 2003.

Potočnik, J., Boosting Innovation for a Competitive Europe, European Parliament (Sandoz – SME Union Symposium), Brussels, 25 January 2004.

RS, Strategija razvoja Slovenije, Razvojna vizija in prioritete, junij 2005.

RS, Zakon o graditvi objektov, Ur. l. RS, št. 102, 21. 9. 2004.

Stanford University School of Engineering: Civil Engineering, Architectural Design, Undergraduate Handbook 2005–2006.

NOSILNA KONSTRUKCIJA

DELUKOVANJE SVETLOČNEGA IN DELOVNEGA SVETLA

3 • SKLEP

LAGUNSKÉ ČISTILNE NAPRAVE

LAGOON TREATMENT PLANTS

Franc Maleiner univ. dipl. kom. inž.,
Sojerjeva 43, 1000 Ljubljana

Strokovni članek
UDK 628.32

Povzetek | Po vsem svetu se že desetletja uspešno uporablja na tisoče lagunskih čistilnih naprav za čiščenje komunalnih ter industrijskih odpadnih vod. Ta nedvomno najbolj ceneni, nezahtevni, varni ter najbolj varčni način čiščenja komunalnih odpadnih vod je slovenski strokovni praksi praktično neznan in se sploh ne uporablja, čeprav ga DWA e.V. strokovno priznava kot »stanje tehnike« in izrecno priporoča njegovo uporabo za podeželsko strukturirana naselja.

Summary | Lagoon treatment plants for cleaning sanitary and industrial wastewater have been successfully used all over the world for decennials. This very cheap, simple, safe and most economical treatment process is practically unknown in Slovene profession, and it is not used at all, though it is recognized by DWA e.V. as the so called »State-of-the-Art«. DWA e.V. explicitly recommends lagoon WWTP for the country type of a settlement (small rural communities).

1 • UVOD

Zaradi preobilice vodnih virov se na žalost v Sloveniji še vse premalo zavedamo nujnosti zaščite ter gospodarnega ravnanja z vodo kot osnovnim virom ter pogojem za življenje. Nepravilno izvedena kanalizacijska omrežja ter iztoki slabo oziroma nezadostno delujočih čistilnih naprav, so še vedno najhujši onesnaževalci naših vodotokov.

Z lagunsko tehnologijo čiščenja odpadnih vod skušam v slovenski prostor že desetletja zamaš prenesti nedvomno najenostavnejši, varni in najcenejši način čiščenja komunalnih kakor tudi njim podobnih obrtnih in industrijskih odpadnih vod. Čeprav je ta najstarejši in že tisočletja preizkušeni način že desetletja priznan tudi kot »stanje tehnike«, se ga naši investitorji ter projektanti zelo uspešno izogibajo. Investitorji verjetno zato, ker ne morejo verjeti, da so te naprave res tako enostavne, varne, dobre in cenene, medtem ko se jih projektanti izogibajo zaradi minimalnih honorarjev ter nezahtevnosti teh naprav. Tako investitor kakor tudi projektant se namreč lahko pohvalita le z ustrezno optično izpostavljenosti tehnično napravo, medtem ko neopazne lagune ne izzovejo javnega ponosa oziroma ne kažejo potrebnega strokovnega znanja.

Skratka, čeprav lagune varčno, varno ter enostavno rešujejo problem čiščenja komunalnih odpadnih vod, so neustrezne za postavitev političnih ali strokovnih spomenikov.

Prvi pisni viri omenjajo čistilne lagune že precej pred začetkom našega štetja. Ne samo, da so se odpadne vode in blato lagun uporabljale za zalivanje ter gnojenje nasadov, ampak so bile, če lahko verjamemo Rimljanom, tudi ribe iz takih lagun nadpovprečno velike ter slastne.

Hitri razvoj tehničnih čistilnih naprav v začetku dvajsetega stoletja je za določen čas zavrla uporabo lagunskih čistilnih naprav, saj se pri nas le-te še celo dandanes štejejo za »primitivne pomožne rešitve«. Le s težavo so se te naprave sredi preteklega stoletja predvsem v Nemčiji ter ZDA počasi ponovno uveljavile kot izredno dobra ter predvsem znatno cenejša, varna in varčna alternativna rešitev tehničnim načinom čiščenja.

O posebno dobrih izkušnjah z lagunskimi čistilnimi napravami poročajo iz Kalifornije ter iz Teksasa, kjer jih že desetletja uporabljajo predvsem za čiščenje raznolikih odpadnih vod živilske industrije kakor tudi turističnih ter vojaških naselij.

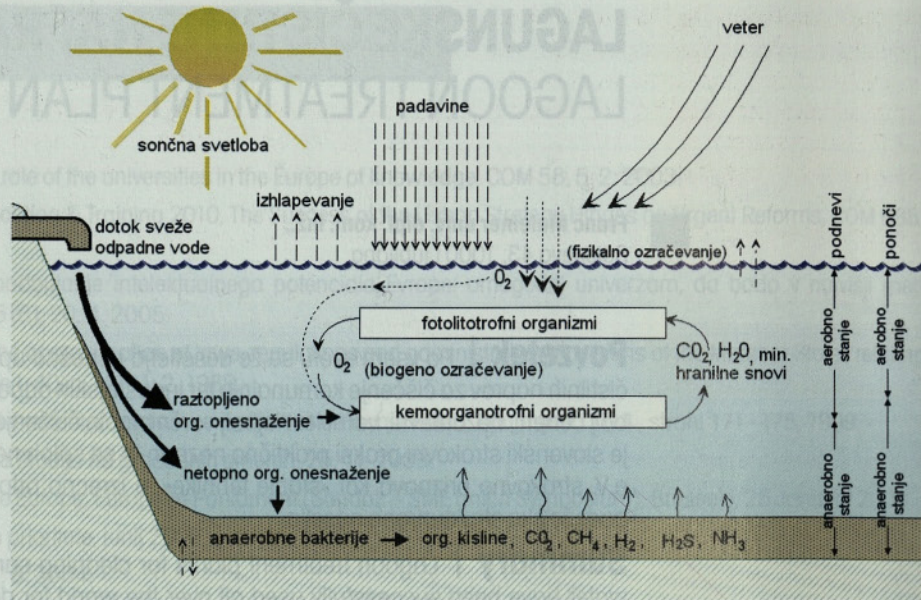
ATV – delovna skupina 2.6.3 je leta 1979 izdelala (in v 8. številki strokovne revije Korrespondenz Abwasser objavila) prve delovne napotke: »Lagunske komunalne čistilne naprave (Abwasserteiche für kommunales Abwasser)«, ki naj bi pomagali projektantom pravilno načrtovati ter graditi take naprave. Iz teh napotkov so se oktobra 1989 razvile smernice ATV – A 201: »Osnovna pravila za načrtovanje, gradnjo ter obratovanje lagunskih čistilnih naprav za komunalne odpadne vode (Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Abwasserteichen für kommunales Abwasser)«. Februarja 2003 je izšel načrt noveliranih smernic ATV – DVWK – A 201: »Osnovna pravila za načrtovanje, gradnjo ter obratovanje komunalnih lagunskih čistilnih naprav (Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Abwasserteichanlagen)«, ki so avgusta 2005 kot DWA – A 201 uradno stopile v veljavo in tako nadomestile starejše smernice.

Vzporedno z razvojem lagunskih čistilnih naprav so se razvijali tudi s precejalniki ali s popotniki kombinirani lagunski čistilni sistemi. Posebna ATV – delovna skupina je namreč že leta 1968 za manjša naselja izdelala delovne napotke za uporabo takih kombinacij. Ti so se oktobra 1989 prelevili v smernice ATV – A 257: »Osnovna pravila za načrtovanje, gradnjo ter obratovanje lagunskih čistilnih naprav z vme-

snimi precejalniki ali potopniki (Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Abwasserseichen und zwischengeschalteten Tropf- oder Tauchkörpern)«. Z veljavo DWA – A 201 so prenehale veljati smernice ATV – A 257.

Širom po Nemčiji uspešno deluje že desetletja nekaj stotin lagunskih čistilnih naprav, tako v mešanih kakor tudi v ločenih sistemih kanalizacij. Tudi na Švabskem mi je svojčas uspelo zgraditi nekaj lagunskih čistilnih naprav, ki si jih je medtem ogledalo že kar nekaj slovenskih kolegov ter komunalnih politikov.

Opozarjam, da lagunske čistilne naprave (nem.: Abwasserseichanlagen) nimajo popolnoma nič skupnega z dražimi in znatno slabše delujočimi tako imenovanimi rastlinskimi čistilnimi napravami (nem.: Pflanzenkläranlagen), s katerimi se običajno zmotno zamenjujejo in njihovo uporabo (tudi na podlagi slabih osebnih praktičnih izkušenj) dosledno odsvetujem.



Slika 1 • Shematični prikaz delovanja lagunske čistilne naprave brez upihovanja zraka

2 • VRSTE IN UPORABNOST LAGUNSKIH ČISTILNIH NAPRAV

Lagunske čistilne naprave so velikoprostorski, biološko nizkoobremenjeni načini čiščenja odpadnih vod (slika 1). Ta način čiščenja se v Nemčiji uporablja za čiščenje komunalnih odpadnih vod za naselja na podeželju (predvsem v srednji in južni Nemčiji) ter industrijskih odpadnih vod (predvsem v severni Nemčiji), saj ni cenen samo v izgradnji, temveč je tudi izredno varen med obratovanjem in povzroča le najnižje možne obratovalne stroške.

Zaradi neobčutljivosti pri hidravličnih ter bioloških preobtežbah **se v nemških smernicah ATV – A 200:** »Osnovna pravila za odstranitev odpadnih vod iz podeželsko strukturiranih območij« (Grundsätze für die Abwasserentsorgung in ländlich strukturierter Gebieten, Mai 1997) **v medsebojni primerjavi lagunskih in tehničnih čistilnih naprav (točka 4.1) poudarja in izrecno priporoča prednost izбору lagunskih čistilnih naprav.** Lagunske čistilne naprave uspešno zadržujejo ter izravnavajo biološke ter hidravlične obtežbene konice in z možno dodatno zaježitvijo lagun omogočajo tudi neškodljivi sprejem ter simultano čiščenje padavinskega dotoka. Osnovna karakteristika lagunskih čistilnih naprav je zaporedna povezava lagun brez črpanja povratnega blata.

Nadalje se v teh smernicah navajajo še naslednje dodatne prednosti lagunskih naprav:

- oblika gradnje, ki ne izstopa iz naravnega okolja,
- enostavna, stroškovno izredno varčna gradnja,
- električni priključek ter strojna oprema pri lagunskih čistilnih napravah z naravnim vnosom kisika nista potrebna,
- električni priključek ter strojna oprema pri lagunskih čistilnih napravah z umetnim vnosom zraka sta potrebna le v minimalnem obsegu,
- poleg rednega občasnega nadzora delovanja naprave so potrebna le minimalna, enostavna vzdrževalna dela, ki ne zahtevajo strokovno kvalificiranega osebja,
- možna le minimalna proizvodnja presežnega blata, ki se praviloma odstranjuje le v večletnih presledkih.

Pri nobenem načinu čiščenja odpadnih vod ni večjega obsega ter raznolikosti strokovnih pojmov in oznak kakor prav pri lagunskih čistilnih napravah. Lagunski načini čiščenja se razlikujejo od načina čiščenja s pomočjo poživljenega blata v tem, da ne potrebujejo prečrpavanja povratnega blata. Znatno manjše so tudi vrednosti parametrov BPK_6 – prostorske obtežbe ($B_R = \text{kg } BPK_6/\text{m}^3$ bazena in dan), vsebnosti trdnih snovi ($TS_R = \text{kg trdnih snovi blata}/\text{m}^3$ bazena) ter specifične porabe energije ($N_R = \text{bruto potreba moči v kWh}/\text{m}^3$ ba-

zena in dan) pri lagunah z upihovanjem zraka. Prirastli biološki organizmi prevladujejo pri procesu čiščenja odpadnih vod v lagunah, zato se lahko učinek čiščenja dodatno zviša z vmesno namestitvijo precejalnikov ali potopnikov. Naklon lagunskih brežin naj znaša $\leq 1 : 2$ (pri brežinah tesnjenih z glinenim slojem celo $\leq 1 : 3$), razmerje med dolžino ter širino vodne gladine pa vsaj $\geq 3 : 1$. Razlika med zgornjim robom lagune ter najvišjo gladino vode naj znaša vsaj 0,3 m. Z ustrezno nameščenimi potopnimi stenami je potrebno zadržati plavajoče sestavine dotoka.

Namestitvev plitvih robnih rastlinskih površin v lagunah se ni obnesla, saj njihovo drago vzdrževanje (obnavljanje, pravočasna košnja, kompostiranje itd.) ne izpolnjuje pričakovane dodatne izboljšave odtočnih rezultatov.

Lagunske čistilne naprave so koristne tudi iz vodnogospodarskega vidika, saj se v lagunah zadržujejo precej velike vodne količine, ki se lahko predvsem v sušnih obdobjih ekonomsko izkoristijo.

Pri dimenzioniranju lagun izhajamo iz naslednjih dveh osnovnih parametrov:

- specifična BPK_6 -obtežba: 60 g/(P.dan) ter
- količina odpadnih vod: 150 l/(P.dan).

Uredba o emisiji snovi in toplote pri odvajanju odpadnih vod iz virov onesnaženja (Uradni list RS, 1996, št. 35) deli slovenske čistilne naprave na drugačne razrede zmogljivosti kakor nemška zakonodaja. Vendar zahtevane mejne vrednosti parametrov odpadnih vod medsebojno le minimalno odstopajo.

Pravilno dimenzionirane in konstruirane lagunske čistilne naprave izpolnjujejo vse zakonske zahteve glede omejitve škodljivih emisij pri odvajanju odpadnih vod iz komunalnih čistilnih naprav.

Zaradi raznolikosti postopkov čiščenja ločimo v glavnem dva načina:

- lagunske čistilne naprave brez upihovanja zraka ter
- lagunske čistilne naprave z upihovanjem zraka.

2.1 Lagunske čistilne naprave brez upihovanja zraka

V lagunskih čistilnih napravah brez (umetnega) upihovanja zraka potekajo enaki čistilni postopki, kot v naravi v stoječih ali počasi tekočih vodotokih. Naravni vnos kisika in premešanje vodnega telesa lagun sta odvisna pretežno od klimatskih in meteoroloških okoliščin. Ker je gibanje vode zanemarljivo, se v lagunah ustvari le minimalna lebdeča biomasa. Pretežni del čiščenja prevzame omočena površina lagun.

Zaradi ogromne prostornine lagun, ogromne zmožnosti dodatnega količinskega zadrževanja s pomočjo zajezitev lagun ter zaradi »priraščene« biološke ruše lagunskih čistilnih naprav praviloma ni mogoče hidravlično preobremeniti. Visoki dotoki tujih vod zatorej tem napravam ne škodujejo.

V kanalizacijskih omrežjih v mešanem sistemu kanalizacij lahko lagune uporabimo tudi za simultano čiščenje padavinskih dotokov. Take naprave smo v Nemčiji med drugim nameščali tudi v poplavnih območjih vodotokov, saj redka občasna preplavitev lagun ni povzročila dolgotrajnega padca čistilne zmožnosti naprav. Nasprotno pa pri tehničnih čistilnih napravah (kjer poteka čiščenje odpadnih vod vrši lebdečih kosmih) take hidravlične preobremenitve povzročajo odplaknitev biomase v vodotok in s tem dolgotrajni padec čistilnega učinka (do ponovne vzreje bioloških organizmov in njihove združitve v kosme).

Dolgo časovno obdobje, ki ga potrebuje sušni pretok, da preteče zaporedno vse lagune (običajno preko 20 dni), omogočajo organizmom v lagunskih čistilnih napravah skoraj popolno razgradnjo organskih snovi. Medtem ko se pri tehničnih čistilnih napravah dnevno »pridelava« precejšnja količina tekočega blata (1–2 l po osebi na dan), je rezultat popolne biološke razgradnje v lagunskih čistilnih napravah skoraj popolno pomanjkanje takega blata. Pri lagunski čistilni napravi se tako prihranijo letni stroški za odstranitev tekočega blata do 0,73 m³ na osebo.

Za nadzor obratovanja ter za vzdrževanje lagunske čistilne naprave ni potrebno strokovno kvalificirano osebje. Praviloma je potreben krajši enkratredenski ogled naprave. Pri tem se po potrebi (ročno s pomočjo grabelj) odstranijo plavajoči ter naplavljeni delci, plavajoče alge, rastlinje ter odpadlo listje, občasno se pokosijo zelene površine in odstrani (kompostira) trava, obreže grmičevje itd. Po potrebi (praviloma enkrat letno) se s pomočjo (sesalnega rilca) čistilnega vozila izsesajo ter odstranijo usedline (pesek, odpadki raznih vrst itd.) iz zato predvidene usedalne poglobitve na začetku prve lagune.

Lagunske čistilne naprave zahtevajo razmeroma velike površine. Pri lagunskih čistilnih napravah z naravnim vnosom kisika, pri ekstremnih obtežbah (npr.: izlivih gnojnice itd.) tudi ni možno popolnoma izključiti porajanja občasnih emisij smradu. Zato take naprave ponekod v strokovni literaturi imenujejo tudi »fakultativno anaerobne lagune«.

Optično moteče deluje lahko tudi občasna prekomerna rast in odplakovanje alg. Pri prepustnih tleh je potrebno dodatno tesnjenje dna lagun. Medtem ko zahtevajo tla s prepustnimi vrednostmi $k_f \geq 10^{-8}$ m/s obvezno tesnjenje dna in brežin lagun, to pri vrednostih $k_f \leq 10^{-8}$ m/s ni nujno potrebno. Običajno se lagune tesnijo s pomočjo ustreznih glinastih zemljin, saj tesnjenje s pomočjo umetnih talnih oblog hudo zviša investicijske stroške.

Pri lagunah z naravnim vnosom kisika znašajo povprečne vodne globine le nekaj preko enega metra, saj mora svetloba bolj ali manj neovirano dosegati tudi dno lagun. Pri lagunah z upihovanjem zraka pa izbiramo znatno večje vodne globine.

Po funkciji ločimo naslednje tipe lagun z naravnim vnosom kisika:

- usedalne lagune (Absetzteiche),
- lagunske čistilne naprave brez upihovanja zraka (unbelüftete Abwasserteiche) ter
- izravnalne lagune (Schönungsteiche).

Usedalne lagune so namenjene težnostni izločitvi ter preginitju težjih sestavnih delcev dotoka. Zaradi gnitja v teh lagunah ne moremo preprečiti emisij smradu in plinov, zato

jih uporabljamo le redko in v precejšnji oddaljenosti od vaških naselij. V vaseh, kjer se ukvarjajo s kmetijstvom in živinorejo, te dodatne emisije praviloma niso moteče, saj jih »prekrijejo« ostale intenzivnejše emisije (gnoj, silaže itd.). Usedalne lagune dimenzioniramo glede na pretočni čas, količino blata ter pogostost čiščenja.

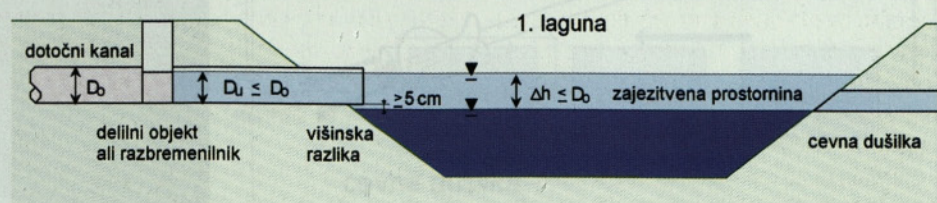
Najpogosteje se za čiščenje odpadnih vod uporabljajo zelo prostorne, plitve **lagunske čistilne naprave brez upihovanja zraka**. Ker niso občutljive za prevelike dotoke tujih vod ter brez težav sprejmejo in simultano »obdelajo« tudi padavinske dotoke, predstavljajo odlično rešitev čiščenja komunalnih odpadnih vod manjših naselij na podeželju. Zaradi velike porabe površin praviloma velikosti teh čistilnih naprav ne presegajo vrednosti 1000 PE.

Zvišanje prelivnih višin (kot funkcija prelivne količine) na iztokih lagun povzročajo (pri velikih površinah lagun) aktiviranje dodatnih ogromnih zajezitvenih prostornin (slika 2), ki omogočajo količinsko zadrževanje in hidravlično izravnavo odtokov.

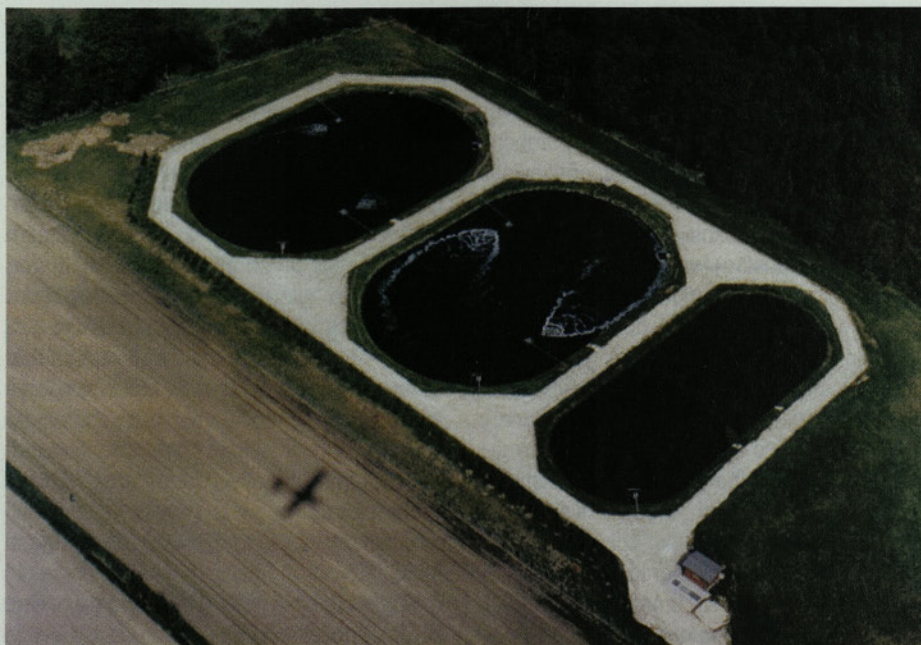
Ogromne prostornine lagun tako avtomatično izravnavajo nihanja onesnažitvenih ter hidravličnih konic dotoka. Lagune dimenzioniramo na površinsko obtežbo, ki znaša $A_{EW} \geq 10$ m²/prebivalca, pri čemer mora pretočni čas sušnega odtoka znašati vsaj 20 dni. To vrednost lahko zmanjšamo na 8 m²/prebivalca, če zagotovimo popolno preprečitev kmetijsko/gospodarskih dotokov (gnojnice, silaže itd.) oziroma predvidimo predhodno usedalne lagune. Pri simultani obdelavi padavinskih dotokov so glede na vrsto dotokov potrebni površinski dodatki do 5 m²/prebivalca. Pri skupnih vrednostih $A_{EW} \geq 15$ m²/prebivalca se amonijski dušik v različnih obsegih nitrificira in deloma denitrificira.

Izračunana celotna potrebna vodna površina se običajno razdeli na tri, po možnosti čim bolj podolžne lagune. V dotočnem območju prve lagune se predvidi usedalna poglobitev velikosti vsaj 0,15 m³/prebivalca, pri čemer izhajamo iz predpostavke, da znaša dnevna količina pregnitega blata 0,3 l/prebivalca.

Električni priključek ni potreben.



Slika 2 • Zaježitvena zmožnost lagun



Slika 3 • Lagunska čistilna naprava z upihovanjem zraka

Izravnalne lagune se uporabljajo za dodatno naknadno zvišanje kakovosti ter izravnavo koncentracij biološko že očiščenih odtokov. Dimenzioniramo jih na zadrževalni čas do 2 dni. Često se izravnalne lagune uporabijo za sanacijo občasno preobremenjenih tehničnih čistilnih naprav oziroma za naknadno izravnavo odtočnih količin ali parametrov (na primer pri SBR-napravah).

2.2 Lagunske čistilne naprave z upihovanjem zraka

Zaradi znatno manjše porabe površin se običajno uporabljajo ozračevane lagunske čistilne naprave za priključne vrednosti tudi do 5000 PE (slika 3). Take lagune se pogosto uporabljajo tudi za čiščenje odpadnih

vod iz sezonskih predelovalnih obratov, npr.: živilske industrije (pivovarne, sladkorne tovarne itd.).

Lagunske čistilne naprave z upihovanjem zraka dimenzioniramo na podlagi BPK_5 – prostorske obtežbe ($B_R \leq 25 \text{ kg } BPK_5/m^3$ bazena ter na dan), kar pri običajnih vodnih globinah ($h = 1,5$ do $3,5 \text{ m}$) pomeni površinsko obtežbo: $B_A = B_R \cdot h$.

Pretočni čas sušnega dotoka mora znašati vsaj 5 dni. Za vnos kisika $OV_{C,BPK} \geq 1,5 \text{ kg/kg}$ ter za mešanje prostornin lagune naj se (glede na uporabljeni sistem upihovanja zraka in hidravlično izvedbo lagun) predvidi specifična poraba energije $P_R = 1-3 \text{ W/m}^3$.

Za vnos kisika se običajno uporabljajo posebni, za lagune razviti ozračevalniki, ki so

poleg ozračevanja namenjeni tudi mešanju vsebine lagun. Zaradi obilice uporabljenih načinov se omejujem le na enega od najpogosteje uporabljenih plavajočih površinskih aeratorjev (slika 4).

Običajno se pred temi lagunami predvidi tudi ustrezna mehanska stopnja, ki predhodno iz dotoka s pomočjo avtomatičnih grabelj ali sit odstrani kosovne snovi (pesek, tekstil, odpadke itd.) ter plavajoče snovi (olja, maščobe itd.) s pomočjo maščobnika.

Celotna potrebna prostornina lagun se običajno razdeli na dve zaporedni ozračevalni laguni, katerima se pridruži še plitvejša, nezračena naknadna usedalna laguna z najmanj enodnevним pretočnim časom sušnega pretoka.

Pri navedenem načinu dimenzioniranja poteka nitrifikacija le v zelo omejenem obsegu. Če se zahteva višjo stopnjo nitrifikacije, se mora ta postopek dodatno kombinirati s precejalniki, potopniki ali z drugimi površinski prirasle biološke ruše.

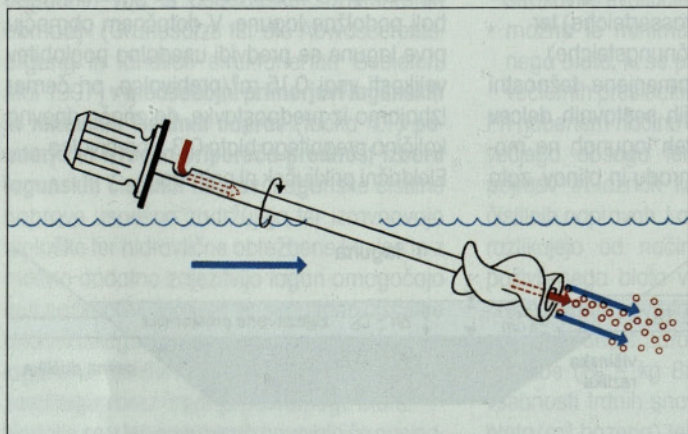
Za odstranitev blata so potrebna štiri do desetletna časovna obdobja, pri čemer znaša dnevna količina blata okoli $0,3 \text{ l / osebo}$.

2.3 Lagunske čistilne naprave z vmesno namestitvijo precejalnikov ali potopnikov

Lagune so idealna dopolnitev za pravilno delovanje precejalnikov ali potopnikov, saj je uspešno delovanje slednih vezano predvsem na njihovo enakomerno obtežbo (slika 5).

V smernicah DWA – A 201 se podaja ustrezno dimenzioniranje takih kombiniranih naprav za naslednje primere:

- želi se izkoristiti prednosti lagunskih čistilnih naprav (na primer nezahtevno simultano čiščenje padavinskih odtokov), vendar niso razpoložljive zadostno velike površine, ki so potrebne za njihovo namestitvev,



Slika 4 • Skica aeratorja ter površinski aerator v delovanju



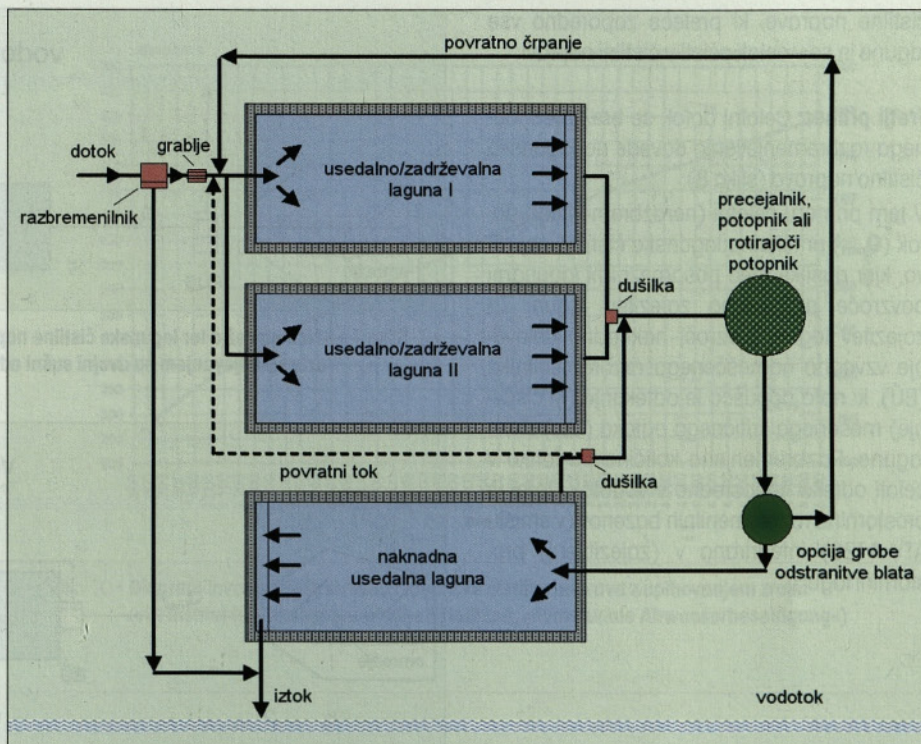
- zahtevana je dodatna nitrifikacija,
- zahteva se širitev zmogljivosti lagunskih čistilnih naprav ali naprav s precejalniki ali potopniki ter
- zahteva se prilagoditev na večja sezonska nihanja obtežb.

Običajno se pri tej kombinaciji predvidita naravno ozračeni laguni s skupno površino $A_{EW} \geq 2,0 \text{ m}^2$ ter naknadna usedalna laguna z eno ali dvodnevni zadrževalnim časom sušnega pretoka.

Za razgraditev organskih spojin običajno zadostuje BPK_5 – prostorska obremenitev precejalnika z $B_R \leq 0,4$, medtem ko se pri nitrifikaciji zahteva $B_R \leq 0,2 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$.

Pri (najmanj dveh zaporedno nameščenih) potopnikih pa za razgraditev organskih spojin običajno zadostuje BPK_5 – površinska obremenitev $B_A \leq 8$, medtem ko se pri nitrifikaciji zahteva $B_A \leq 4 \text{ g}/(\text{m}^2 \cdot \text{d})$.

Natančneje so postopki dimenzioniranja opisani v smernicah ATV-DVWK – A 281.



Slika 5 • Skica lagunske čistilne naprave z vmesno namestitvijo precejalnikov ali potopnikov

3 • OBDELAVA PADAVINSKIH DOTOKOV

V mešanem sistemu odvodnjavana se podeželska naselja praviloma razbremenjujejo le na koncu kanalizacijskega omrežja (nad čistilno napravo). Običajno se za hidravlično obtežbo čistilne naprave računsko predvidi dvakratni sušni dotok. Zaradi neustreznih dušilk pa dejanski dotoki na čistilne naprave pogosto količinsko presegajo sušni dotok tudi do petdesetkrat. Isto se v praksi dogaja tudi pri ločenem sistemu, kjer napačni priključki ter tuje vode često povzročajo podobno dolgo in prekomerno zvišanje dejanskih sušnih dotokov. Take le delno razbremenjene ali celo celotne hidravlične konice lahko (s pomočjo zaježitev lagun) lagunske čistilne naprave brez težav očistijo (v smislu zahtev smernic ATV – A 128) na naslednje tri načine:

Prvi primer: Možno razbremenjevanje s pomočjo razbremenilnika (RÜ) na koncu omrežja (slika 6):

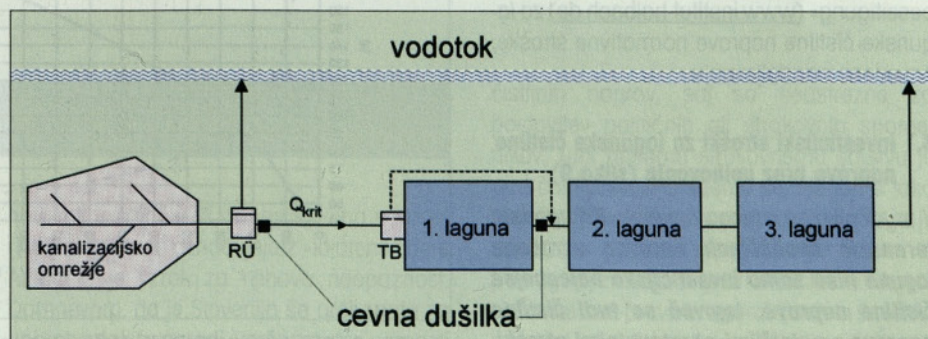
Razbremenilnik (RÜ) dopušča odtekanje le mešanega kritičnega odtoka (Q_{krit}) v smeri

lagunske čistilne naprave, ki neovirano pretoka v prvo laguno. Med prvo ter drugo laguno nameščena cevna dušilka pri zvišanem pretoku ustrezno zaježi gladino prve lagune. Šele izkoriščena zaježitvena prostornina prve lagune povzroči vzvodno zaježitev dotoka, pri čemer se lahko del nadaljnjega (manj onesnaženega) dotoka razbremeni preko ločilnega preliva (TB) in obhodnega kanala neposredno v drugo

laguno. Na ta način se celotni kritični dotok zadrži v lagunah ter simultano očisti.

Drugi primer: Možno razbremenjevanje s pomočjo razbremenilnega bazena (RÜB) na koncu omrežja (slika 7):

Razbremenilni bazen (RÜB) dopušča odtekanje le dvakratnega sušnega odtoka ali znatno zmanjšanega mešanega kritičnega odtoka ($Q_{2TWA} < Q_{ob} < Q_{krit}$) v smeri lagunske

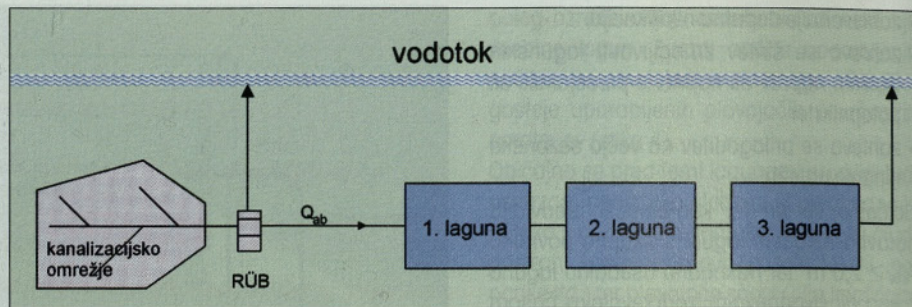


Slika 6 • Skica omrežja ter lagunske čistilne naprave z vmesnim razbremenjevanjem na kritični odtok

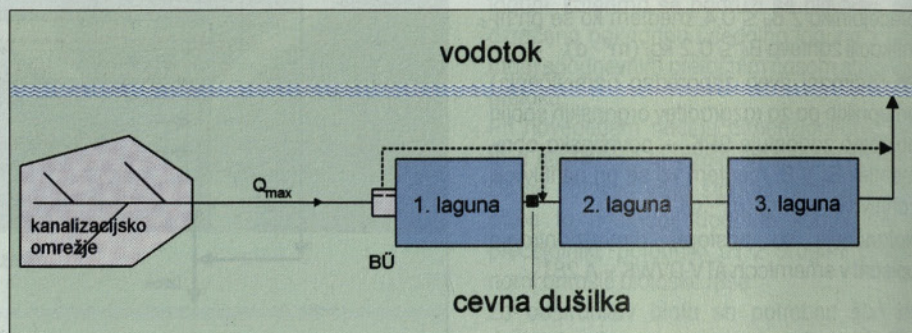
čistilne naprave, ki preteče zaporedno vse lagune in se v celoti očisti v čistilni napravi.

Tretji primer: Celotni dotok se brez predhodnega razbremenjevanja dovede na lagunsko čistilno napravo (slika 8):

V tem primeru celotni (nerazbremenjeni) dotok (Q_{max}) priteka na lagunsko čistilno napravo, kjer dušilke med posameznimi lagunami povzročijo predvideno zajezitev lagun. Ta zajezitev lagun povzroči naknadno delovanje vzvodno nameščenega razbremenilnika (BÜ), ki nato dopušča le odtokanje (in čiščenje) mešanega kritičnega odtoka (Q_{krit}) skozi lagune. Razbremenjena količina pa lahko v celoti odteka neposredno v vodotok. Torej je prostornina razbremenilnih bazenov (v smislu ATV-A128) integrirana v (zajezitveni) prostornini lagun.



Slika 7 • Skica omrežja ter lagunske čistilne naprave z vmesnim razbremenilnim bazenom in razbremenjevanjem na dvojni sušni odtok



Slika 8 • Skica omrežja ter lagunske čistilne naprave brez vmesnega razbremenjevanja

4 • INVESTICIJSKI STROŠKI

V investicijskih stroških so navedeni skupni neto stroški, vključno z načrtovanjem. V teh stroških niso vračunani stroški nakupa zemljišč ter stroški vseh priključitev zunaj tega zemljišča. Stroški se izražajo v evrih (€) ali tisočih evrov (T€) na populacijsko enoto (EW).

Ker so gradbena dela praviloma izredno zahtevna, občinske uprave pogosto gradijo, opremljajo ter vzdržujejo lagunske čistilne naprave v lastni režiji.

Institut für Abwasserwirtschaft Halbach podaja v priročniku »Kommunale Abwasserbeseitigung« (www.institut-halbach.de) za lagunske čistilne naprave normativne stroške, navedene v nadaljevanju.

4.1 Investicijski stroški za lagunske čistilne naprave brez upihovanja zraka (slika 9)

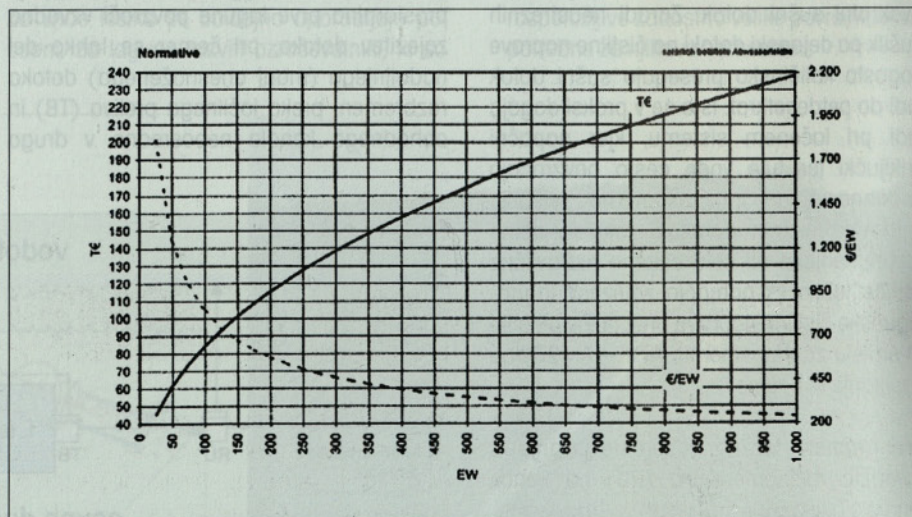
V priročniku se izrecno navaja: »Pri ugodnih terenskih okoliščinah naravno ozračene lagune niso samo investicijsko najcenejše čistilne naprave, temveč so tudi čistilne naprave z najnižjimi obratovalnimi stroški. Še posebna prednost teh naprav je, da niso

potrebni energetski stroški za ozračevanje ter stabilizacijo blata. Slaba stran tega načina je velika poraba površine.«

V predračunih mojih projektov sem v drugi polovici osemdesetih let za lagunske čistilne

naprave brez upihovanja zraka izhajal iz naslednjih investicijskih potreb:

- za velikosti do 500 PE: od 200 do 300 €/PE
- za velikosti med 500 in 1000 PE: od 150 do 250 €/PE.



Slika 9 • Diagram investicijskih stroškov lagunske čistilne naprave brez upihovanja zraka (vir: Institut für Abwasserwirtschaft Halbach: »Kommunale Abwasserbeseitigung«)

4.2 Investicijski stroški za lagunske čistilne naprave z upihovanjem (slika 10)

V predračunih mojih projektov sem v drugi polovici osemdesetih let za lagunske čistilne naprave z upihovanjem (ter za lagune kombinirane s precejalniki ali potopniki) izhajal iz sledečih investicijskih potreb:

- za velikosti do 1000 PE:
od 200 do 300 €/PE
- za velikosti med 1000 in 5000 PE:
od 100 do 150 €/PE

4.3 Obratovalni stroški

Realne obratovalne stroške lahko le grobo ocenimo na podlagi strukturnega diagrama obratovalnih stroškov za tehnične čistilne naprave velikosti do 5000 PE na sliki 11.

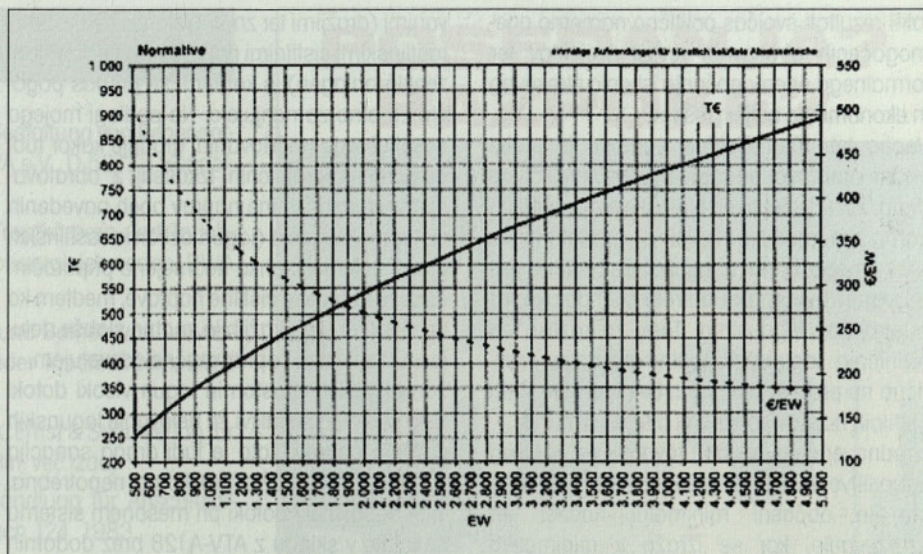
Na podlagi diagrama je razvidno, da pri lagunskih čistilnih napravah brez upihovanja praktično odpadejo stroški za odstranitev blata (37 %) ter energije (18 %), znatno pa se zmanjšajo stroški za zaposlene (21 %) ter vzdrževalni stroški (7 %), medtem ko ostajajo dajatve (11 %) in stvarni stroški (6 %) praktično nespremenjeni.

Pri lagunskih čistilnih napravah z upihovanjem ravno tako praktično odpadejo stroški za odstranitev blata (37 %), znatno se zmanjšajo stroški za zaposlene (21 %) ter vzdrževalni stroški (7 %), medtem ko ostajajo stroški za energijo (18 %), dajatve (11 %) in stvarni stroški (6 %) praktično nespremenjeni.

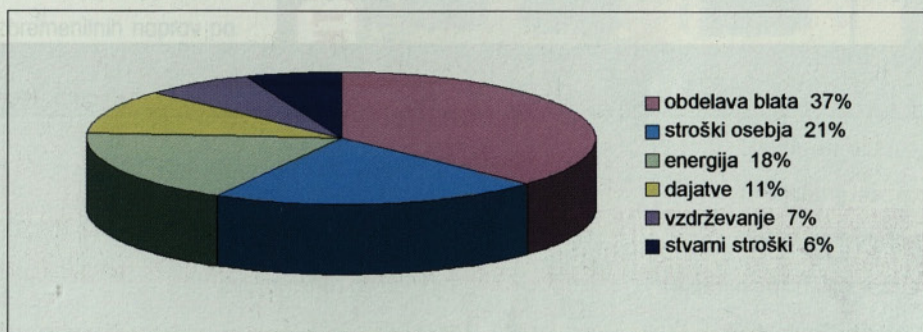
V drugi polovici osemdesetih let sem v predračunih mojih projektov, za lagunske čistilne naprave brez upihovanja izhajal iz naslednjih letnih stroškov:

- za velikosti do 500 PE:
od 13 do 18 €/PE
- za velikosti med 500 in 1000 PE:
od 10 do 15 €/PE

Pri tem sem predpostavljal, da je na lagunskih čistilnih napravah brez upihovanja potrebno za nadzor in vzdrževanje tedensko okoli 3 ure dela.



Slika 10 • Diagram investicijskih stroškov lagunske čistilne naprave z upihovanjem zraka (vir: Institut für Abwasserwirtschaft Halbach: »Kommunale Abwasserbeseitigung«)



Slika 11 • Strukturni diagram obratovalnih stroškov tehnične čistilne naprave do 5000 PE (vir: Institut für Abwasserwirtschaft Halbach: »Kommunale Abwasserbeseitigung«)

Za lagunske čistilne naprave z upihovanjem (ter za lagune kombinirane s precejalniki ali potopniki) pa sem izhajal iz naslednjih letnih stroškov:

- za velikosti do 1000 PE:
od 20 do 25 €/PE
- za velikosti med 1000 in 5000 PE:
od 15 do 20 €/PE

Pri tem sem predpostavljal, da je na lagunskih čistilnih napravah z upihovanjem oziroma na lagunah kombiniranih s precejalniki ali potopniki potrebno za nadzor in vzdrževanje tedensko okoli 6 ur dela.

5 • SKLEP

Lagunske čistilne naprave so eden izmed najstarejših in svetovno najbolj razširjenih postopkov čiščenja odpadnih vod, saj so te naprave nedvomno najcenejše, nezahtevne, varne ter varčne v obratovanju. Ravno njihovo popolno vklapljanje v naravno okolico, njihova

ekonomičnost in obratovalna varnost (Nemci jih često označujejo z »idiotsichere Anlage«) je vzrok za njihovo neopaznost. Domnevam, da je Slovenija še prebogata za uporabo takih, zaradi varčnosti ter varnosti povsod po svetu zelo priljubljenih »primitivnih«

čistilnih naprav, saj so neustrezne za postavitev političnih ali strokovnih spomenikov. Tudi našemu strokovnemu šolstvu je pod častjo svoje študente seznanjati s tako »primitivno« strokovno prakso. Poleg tega je dandanes pri nas uspeh merljiv samo na podlagi višine zapravljenih sredstev in nikakor ni odvisen od pravilno uporabljenih in še toliko manj od privarčevanih ali od prigrisposodarjenih sredstev. Jasno razvidni postajajo katastro-

falni rezultati svojčas politično namerno onemogočenih strokovnih revizij projektov ter formalnega onemogočanja iskanja strokovno in ekonomično boljših rešitev.

Vsaka tehnična čistilna naprava je proizvodni obrat za pridobivanje velikih količin blata. Zaradi učinkovite biološke razgradnje in zato zanemarljive količine »pridelanega« presežnega blata v lagunskih čistilnih napravah praviloma ni potrebna obdelava ter odstranitev tega blata. Torej za razliko od tehničnih lagunске čistilne naprave praktično ne proizvajajo blata. Letni stroški takih čistilnih naprav so zato bistveno manjši.

Izredno enostavno obratovanje ne zahteva zaposlitve kvalificiranega osebja. Potrebna sta le občasni minimalni nadzor ter vzdrževanje, kar se izraža v minimalnih obratovalnih stroških.

Ponovno opozarjam, da lagunске čistilne naprave (nem.: Abwasserteichanlagen) nimajo popolnoma nič skupnega s tako imeno-

vanimi (dražjimi ter znatno slabše delujočimi) rastlinskimi čistilnimi napravami (nem.: Pflanzenkläranlagen), s katerimi se pri nas pogosto zmotno zamenjujejo. Na podlagi mojega desetletnega načrtovanja, gradnje kakor tudi dolgoletnih praktičnih izkušenj z obratovanjem preko desetine naprav obeh navedenih sistemov čiščenja (lagun oziroma rastlinskih gred) v Nemčiji lahko neomejeno priporočim cenene lagunске čistilne naprave, medtem ko uporabo precej dražjih in znatno slabše delujočih rastlinskih naprav močno odsvetujem. Zaradi velikih prostornin lagun visoki dotoki tujih vod niso škodljivi za delovanje lagunskih čistilnih naprav, zato je tudi draga sanacija kanalskega omrežja praviloma nepotrebna. Tudi padavinski dotoki pri mešanem sistemu se lahko v skladu z ATV-A128 brez dodatnih razbremenilnih objektov očistijo v lagunah.

Za načrtovanje čistilnih naprav do velikosti 5.000 PE je svojčas visoki državni uradnik g. Bucksteeg priporočil naslednje napotke:

- zadrževanje ter izravnava dotoka odpadnih vod je važnejše kakor njegovo takojšnje, neposredno uvajanje v biološko stopnjo,
 - enostavna, večnamenska gradnja je boljša od komplicirane večstopenjske tehnologije,
 - pri izbiri opreme naj se daje pregledni, za obratovanje prijazni, robustni strojni oprem prednost pred komplicirano, visokorazvito avtomatično opremo,
 - varnost obratovanja ter prijaznost nadzora morata imeti prednost pred pretiranimi prostorninskimi ter energetskimi prihranki,
 - majhne čistilne naprave ne smejo biti le zmanjšane kopije velikih naprav.
- Te zahteve lagunске naprave idealno izpolnjujejo.

Koristen pripomoček pri odločanju o izboru vrste čistilne naprave je tudi primerjava med lagunskimi in maloprostorskimi tehničnimi čistilnimi napravami, ki so jo izdelali v ATV (preglednica 1).

	lagunске čistilne naprave	maloprostorske tehnične čistilne naprave
poraba površine	zelo velika do velika	zelo majhna
stroški gradnje	majhni do zmerno visoki	visoki do zelo visoki
obratovalni stroški	zelo majhni do zmerni	visoki do zelo visoki
strojna in elektro oprema	majhna do zanemarljiva	večinoma zelo obsežna
varnost obratovanja	zelo velika	zelo različna glede na uporabljeni sistem čiščenja
zahtevnost nadzora	zelo majhna	najmanj dnevni nadzor
zadrževalna sposobnost obtežbenih konic	zelo velika do velika	pri dolgoročnem poživiljanju velika, pri ostalih načinih večinoma minimalna
zadrževalna in izravnalna sposobnost pri mešanem dotoku	izredno velika do zelo velika	majhna do zelo majhna (dodatno potreben je razbremenilni bazen; pri manjših velikostih ČN težave z izpraznjenjem teh bazenov)
zmožnost čiščenja: – biol. razgradljivih org. snovi – izločanje hraniv – preostale snovi	izpolnitev zakonskih zahtev zelo majhno odstranitev blata je potrebna v eno do večletnih obdobjih	izpolnitev zakonskih zahtev zelo majhno potrebna več ali manj pogosta odstranitev blata; pogostost odvoza blata se ravna glede na zmožnost vmesnega skladiščenja blata
zaščita okolja	take naprave so večinoma neopazne v naravnem okolju; pri lagunskih napravah brez upihovanja so možne občasne emisije smradu	potrebni ukrepi za zmanjšanje opaznosti v naravnem okolju kakor tudi ukrepi za kontrolo in omejitve emisij hrupa
območja uporabe	še posebno uporabne za manjša podeželska naselja tako v ločenem kakor tudi v mešanem sistemu	pri ustrezni strokovni prilagoditvi dejanskim okoliščinam bolj ali manj uporaben način za vse priključne velikosti

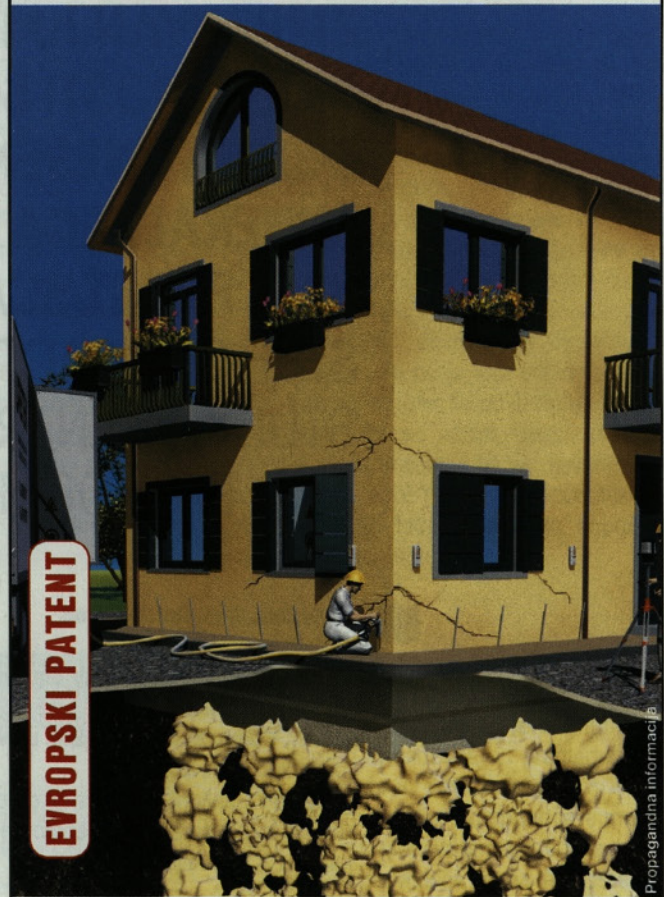
(**) V Sloveniji so čistilne naprave razdeljene na drugačne razrede zmogljivosti.

Preglednica 1 • ATV – primerjava čistilnih naprav do velikosti 5.000 PE(**)

6 • LITERATURA

- ATV – A 128, Richtlinien für die Bemessung und Gestaltung von Regenentlastungsanlagen in Mischwasserkanälen, DWA e.V., D 53773 Hennef, april 1992.
- ATV – A 135, Grundsätze für Bemessung von Tropfkörpern und Tauchkörpern mit Anschlusswerten über 500 Einwohnergleichwerten, DWA e.V., D 53773 Hennef, marec 1989.
- ATV – A 257, Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Abwasserenteichen und zwischengeschalteten Tropf- oder Tauchkörpern, DWA e.V., D 53773 Hennef, oktober 1989.
- ATV e.V., Lehr- und Handbuch der Abwassertechnik, Ernst & Sohn Verlag für Architektur und technische Wissenschaften Berlin, več izdaj
- Bucksteeg, K., Möglichkeiten der Abwasserbehandlung für Anschlusswerte bis etwa 5000 EGW, Gas- und Wasserfach 124, 1983.
- DWA – A 201, Grundsätze für Bemessung, Bau und Betrieb von Abwasserenteichanlagen, DWA e.V., D 53773 Hennef, avgust 2005.
- Imhoff, K. und K. R., Taschenbuch der Stadtentwässerung, R. Oldenbourg Verlag, 1999.
- Maleiner, F., Dimenzioniranje kanalizacijskih razbremenilnih naprav po nemških ATV smernicah (2), Gradbeni vestnik, februar 2006.
- Maleiner, F., Odstranitev odpadnih vod iz podeželsko strukturiranih področij v smislu nemških smernic ATV-A 200, 11. strokovni seminar, 4. 3. 2004.
- Maleiner, F., Projektiranje in obratovanje komunalnih bioloških čistilnih naprav v smislu nemških DWA smernic, 14. strokovni seminar, 12. 10. 2005.

POSEDANJA? RAZPOKE?



REŠITEV PROBLEMOV NOSILNOSTI TERENA

- preprosto, brez izkopavanj
- brez umazanije in škarta
- takojšna učinkovitost
- priročno, inovativno
- zanesljivo, nadzor z laserjem
- možni dvigi stavb
- evropski patent

Uretek® je edinstvena tehnologija utrjevanja temeljnih tal, ki se uporablja za reševanje problemov posedanja terena. Izjemna moč stiskanja terena (do 10.000 Kpa) in natančnost tehnologije Uretek® Deep Injections delujeta v globini terena pod temelji in s tem jamčita popoln uspeh posega in trajnost doseženih rezultatov.

Najzanesljivejša rešitev za probleme posedanja terena.

GARANCIJA 10 LET.

URETEK®

PRAVA REŠITEV ŽE OD LETA 1975

Uretek, d.o.o., Sokolska ulica 5, 1295 Ivančna Gorica,
tel.: 01/ 787 83 86, faks: 01/ 786 90 82, GSM: 040/ 237 569
www.uretek.si, uretek@uretek.si

ODPORNOST POVRŠINE AERIRANIH SAMOZGOŠČEVALNIH BETONOV PROTI ZMRZOVANJU IN TAJANJU V PRISOTNOSTI SOLI – ŠTUDIJA VPLIVA DELEŽA VNESENEGA ZRAKA IN VRSTE MINERALNEGA DODATKA

SALT FROST SCALING OF AERATED SELF-COMPACTING CONCRETES – THE STUDY OF ENTRAINED AIR CONTENT AND TYPE OF MINERAL ADDITION

David Duh, univ. dipl. inž. grad.,

dduh@fgg.uni-lj.si

izr. prof. dr. Roko Žarnić, univ. dipl. inž. grad.,

rzarnic@fgg.uni-lj.si

doc. dr. Violeta Bokan-Bosiljkov, univ. dipl. inž. grad.,

vbokan@fgg.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Katedra za preskušanje materialov in konstrukcij

Jamova 2, 1000 Ljubljana

Znanstveni članek

UDK 691.34 : 620.1 : 624.142

Povzetek | Cilj eksperimentalnega dela je bil natančneje preučiti dva parametra, za katera smo v dosedanjih preiskavah opazili, da pomembno vplivata na odpornost površine samozgoščevalnega betona (v nadaljevanju SCC) proti zmrzovanju in tajanju v prisotnosti soli. Prvi parameter je delež vnesenega zraka, drugi parameter pa vrsta apnenčeve moke v SCC mešanici. Med pripravo vzorcev smo ugotovili, da je delež vnesenega zraka v sveži betonski mešanici zelo težko parametrizirati. Še več, tudi pri SCC mešanicah se je izkazalo, da je bolj kot delež zraka pomembna struktura sistema mikropor, ki se pri tem oblikuje. Rezultati potrjujejo tudi pomembnost izbire ustrezne vrste apnenčeve moke za doseganje večje odpornosti površine SCC proti zmrzovanju in tajanju v prisotnosti soli.

Summary | The aim of our work was to investigate two parameters that have so far proved to be significant for salt frost scaling of self-compacting concrete (SCC). The first parameter is the content of entrained air and the second parameter is the type of limestone filler in SCC mixture. During the preparation of samples it was obvious that the air content in fresh concrete mixture is very hard to parameterize. Further on, the results indicated that also in the case of SCC mixtures the air-void spacing factor is the more important parameter than the total air content. It was also shown that the selection of the type of the filler is very important in order to achieve lower salt frost scaling of SCC.

1 • UVOD

Samozgoščevalni beton (v nadaljevanju SCC), ki so ga Japonci širši strokovni javnosti predstavili leta 1988, v svetu iz leta v leto vzbuja vedno večje zanimanje. To potrjuje tudi vedno številčnejša udeležba na specializiranih konferencah o SCC. Zadnja taka je bila novembra 2005 v Chicagu. Šlo je za 2. severnoameriško konferenco o projektiranju in uporabi SCC ter 4. mednarodni RILEM-ov simpozij o SCC. Dogodka se je udeležilo več kot 420 udeležencev iz 38 držav, od tega kar 70 % predstavnikov prakse. Takšno zблиževanje prakse in znanstvenoraziskovalnega področja je dalo konferenci še posebno težo. Kot kaže, se z razvojem koncepta SCC sodelovanje med tema dvema področjema še povečuje, kar pomembno vpliva na razvoj gradbeništva (Shah, 2005). Na konferenci je bila med

drugimi izražena tudi potreba po intenzivnejših raziskavah na področju obstojnosti SCC. To področje je zaradi »mladosti« SCC zaenkrat premalo raziskano, istočasno pa lahko zaradi kompleksnejše sestave SCC pričakujemo potrebo po večjem obsegu preiskav obstojnostnih karakteristik SCC.

Samozgoščevalne lastnosti sveže SCC mešanice omogoča uporaba ustreznih materialov, povečan delež praškastih delcev na račun grobozrnatega agregata in dodatek superplastifikatorjev nove generacije. Glede na podatke v literaturi (Friebert, 2004) bi se naj v Evropi kot dodatni praškasti material v SCC mešanicah najpogosteje uporabljala apnenčeva moka in elektrofiltrski pepel (tudi nad 200 kg/m³ betona). Mnenja različnih raziskovalcev (Friebert, 2004), (Audenaert, 2002), (Persson, 2003), (Zhu, 2003), (Audenaert,

2005) glede vpliva apnenčeve moke na odpornost površine SCC proti zmrzovanju in tajanju v prisotnosti soli (v nadaljevanju OSMO odpornost) so močno deljena. Eni trdijo, da izbira bolj fine apnenčeve moke poslabša tovrstno odpornost SCC v primerjavi z bolj grobo apnenčevo moko, drugi pa pravijo, da finost apnenčeve moke na OSMO odpornost ne vpliva. Pri tem je potrebno opozoriti na dejstvo, da se lahko apnenčeve moke med seboj razlikujejo tudi po mineraloški sestavi, ki je raziskovalci praviloma ne navajajo. Poleg tega so medsebojne primerjave, ki jih navajajo nekateri avtorji, včasih nekorektno izbrane, metoda OSMO preiskave je morda preveč odvisna od človeškega dejavnika, končno pa je tudi odpornost površine betona odvisna še od številnih drugih parametrov, kot so režim nege, sestava cementa, način mešanja ter vgrajevanja betona, ipd. (Du, 2005). Tako velika občutljivost problema lahko hitro privede do napačne interpretacije rezultatov.

2 • PREISKAVE

2.1 Obravnavane SCC mešanice

Zaradi navedene občutljivosti tematike smo se odločili za parametrično-eksperimentalno preiskavo. Za prvi parameter smo vzeli delež

vnesenega zraka v sveži mešanici betona, in sicer s korakom 2 % (celoten delež zraka od $(4 \pm 1) %$ do $(12 \pm 1) %$). Tako smo zamešali pet enakih SCC mešanic, pri katerih smo

spreminjali le količino dodanega aeranta. Zaradi različnega deleža zraka v le-teh so njihove dejanske sestave, preračunane na 1 m³ betona, prikazane v preglednici 1 (LA12, LA10, LA8, LA6 in LA4). Za drugi parameter smo vzeli vrsto apnenčeve moke. Izbrali smo apnenčeve moke treh različnih slovenskih proizvajalcev. Tako smo zamešali

	LA12	LA10	LA8	LA6	LA4	TA4	CA4	EF4
agregat	1407	1429	1437	1467	1500	1499	1499	1472
cement	396	403	405	413	422	422	422	396
moka L	240	244	245	250	256	-	-	-
moka T	-	-	-	-	-	255	-	-
moka C	-	-	-	-	-	-	255	-
elektrofiltrski pepel	-	-	-	-	-	-	-	214
superplastifikator	3,94	4,01	4,03	4,11	4,20	5,15	4,40	4,15
aerant	0,87	0,68	*0,69	*0,65	0,55	0,42	0,97	-
voda	155	157	158	161	165	165	165	188
delež zraka	10,4 %	9,0 %	8,5 %	6,6 %	4,5 %	4,5 %	4,5 %	4,5 %
vodo-cementno razmerje	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,48
vodo-vezivno razmerje	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39	0,39
delež superpl. (% prašk)	0,62	0,62	0,62	0,62	0,62	0,76	0,65	0,68
delež aeranta (% cem)	0,22	0,17	*0,17	*0,16	0,13	0,10	0,23	-

* skupna količina dodanega aeranta med mešanjem in naknadno dodanega po zamešanju betonske mešanice

% prašk – masni delež glede na praškaste delce (cement + dodatni praškasti material)

% cem – masni delež glede na cement

Preglednica 1 • Sestava SCC mešanic (vrednosti v kg/m³)

	LA12	LA10	LA8	LA6	LA4	TA4	CA4	EF4
razlez s posedom (mm)	740	720	*650	770	730	710	700	770
T_{50} pri razlezu s posedom (s)	4,2	4,1	*5,8	3,4	4,4	3,6	3,9	4,7
iztekanje iz V-lijaka (s)	6,9	7,1	*9,0	10,4	10,2	9,4	11,0	10,8
delež zraka	10,4 %	9,0 %	*8,5 %	*6,6 %	4,5 %	4,5 %	4,5 %	4,5 %

* vrednosti po ponovnem zamešanju z dodatno količino aeranta

Preglednica 2 • Lastnosti SCC mešanic v svežem stanju

t-t ₀	izpiranje z 1 litrom vode			brez izpiranja		
	m _s (mg)	m _{d,roč} (mg)	rel. napaka	m _s (mg)	m _{d,roč} (mg)	rel. napaka
1 min	2430	280	-24 %	2570	420	14 %
30 min	2500	350	-5 %	2670	520	41 %
60 min	2530	380	3 %	2690	540	46 %

$m_{d,roč} = m_s - m_0$... računsko določena masa odlučenega materiala v obravnavanem čiščenju

m_s ... skupna masa filtrskega papirja z odlučenim materialom (t-t₀) minut po vzetju iz sušilnika

$m_0 = 2150$ mg ... masa obravnavanega filtrskega papirja pri RH (65 ± 5) %

$m_{d,delj} = 370$ mg ... dejanska masa odlučenega materiala v obravnavanem čiščenju (stehana posebej in privzeta kot pravilna vrednost)

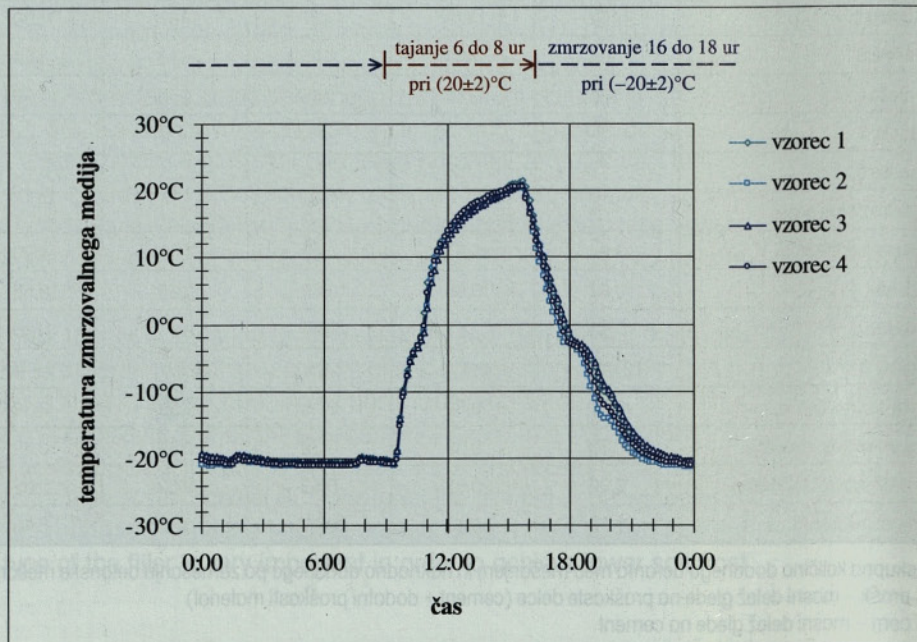
Preglednica 3 • Napaka pri določevanju količine odlučenega materiala v primeru neustreznega izpiranja filtrskega papirja

še dve dodatni SCC mešanici TA4 in CA4, pri čemer smo izhajali iz dejanske sestave mešanice LA4. Tokrat smo morali zaradi različnih lastnosti uporabljenih apnenčevih mok spreminjati tudi količino dodanega superplastifikatorja. Želeli smo namreč doseči tudi medsebojno primerljive reološke lastnosti svežih SCC mešanic (preglednica 2), ne le zaradi čim bolj primerljive vgradljivosti, ampak tudi zaradi upoštevanja ugotovitev tujih raziskovalcev: napetost na meji tečenja in plastična viskoznost cementne paste neposredno vplivata na oblikovanje sistema por in njihovo stabilnost v sveži betonski mešanici (Du, 2005). S ponovnim spreminjanjem količine dodanega aeranta smo dosegli, da so imele vse tri mešanice enak delež zraka, in sicer (4 ± 1) %. Naknadno smo zamešali še eno SCC mešanico EF4, kjer smo kot dodatni praškasti material uporabili elektrofiltrski pepel. Vodo-vezivno razmerje te mešanice je enako v/c razmerju primerljivih mešanic, pri čemer je upoštevana k-vrednost enaka $k_{EF} = 0,4$, in to za celotno količino dodanega pepela. Velja še poudariti, da je ta mešanica dosegla delež zraka (4 ± 1) % brez uporabe aeranta. Dejanske sestave mešanic, preračunane na 1 m³ betona, so prikazane v preglednici 1 (LA4, TA4, CA4, EF4).

Pri vseh betonskih mešanicah smo uporabili portlandski cement CEM II/A-S 42,5 R, drobljen apnenčev agregat z $D_{max} = 16$ mm, vodo iz vodovoda ter kemijska dodatka (superplastifikator nove generacije in aerant) istega proizvajalca, kar nam naj bi zagotavljalo njuno medsebojno kompatibilnost.

2.2 Lastnosti SCC mešanic v svežem stanju

Lastnosti SCC mešanic v svežem stanju smo določali z dvema metodama, ki jih priporoča EFNARC: razlez s posedom in preiskava z V-lijakom. Delež zraka v svežih betonskih mešanicah smo določali s porozimetrom (metoda SIST EN 12350-7) in naknadno še



Slika 1 • Tipičen dnevni cikel zmrzovanja/tajanja

iz prostorninske mase betonskih mešanic, vgrajenih v kalupe standardnih dimenzij. Rezultati preiskav so navedeni v preglednici 2.

2.3 Priprava vzorcev in preiskave betonov v strjenem stanju

Obravnavane betonske mešanice smo najprej vgradili v standardne kocke z robom 10 cm. Zaradi pričakovane relativno velikega raztrosa izkazane poroznosti vzorcev smo vgradili po 6 kock za vsako mešanico, izmed katerih so bile naknadno izbrane po 3, ki so imele poroznost najbližjo izbrani. Na teh vzorcih smo opravili preiskavo odpornosti površine betona proti zmrzovanju in tajanju v prisotnosti soli. Izbrali smo metodo OSMO preiskave, ki jo predpisuje slovenski standard SIST 1026:2004, in pri tej ugotovili nekaj pomanj-

kljivosti. Pri določevanju količine materiala, ki se po vsakih 5 ± 1 ciklov zmrzovanja/tajanja odlušči s preiskovane površine, bi bilo v primeru uporabe raztopine NaCl v fazi filtriranja smiselno dodati, da je potrebno filtrski papir z odluščenim materialom izpirati z ustrežno količino vode, da izločimo soli. Sicer lahko naredimo veliko napako, saj poleg odluščenega materiala tehtamo tudi kristalizirano sol (preglednica 3). Prav tako bi bilo smiselno natančneje določiti opremo za zbiranje odluščenega materiala s preiskovane površine preskušanca, bodisi čopič z mehкими ščetinami ali krtačka s trdimi ščetinami, saj je sicer metoda preveč odvisna od človeškega dejavnika. Pri naših preiskavah OSMO odpornosti smo kot zmrzovalni medij uporabili 3 % raztopino NaCl in zaradi izkazane visoke OSMO od-

pornosti nekaterih obravnavanih betonov opravili več kot 50 ciklov zmrzovanja/tajanja. Tipičen cikel, merjen v zmrzovalnem mediju poljubno izbranih štirih vzorcev, je prikazan na sliki 1. Pri zbiranju odluščenega materiala s preiskovane površine preskušancev smo uporabili ščetko s kratkimi in trdimi ščetinami ter vodo. Nastalo suspenzijo smo prefiltrirali skozi ustrezen filtrski papir, potem pa odluščene delce in filtrski papir izpirali z 1 litrom vode, da smo izločili vse soli zmrzovalnega medija. Obpravnavane betonske mešanice smo vgradili tudi v standardne kocke z robom 15 cm, po 6 kock za vsako mešanico, za določitev tlačne trdnosti betona pri starosti 28 dni v skladu z določili standarda SIST EN 12390-3. Vsi vzorci so bili 28 dni negovani v vodi.

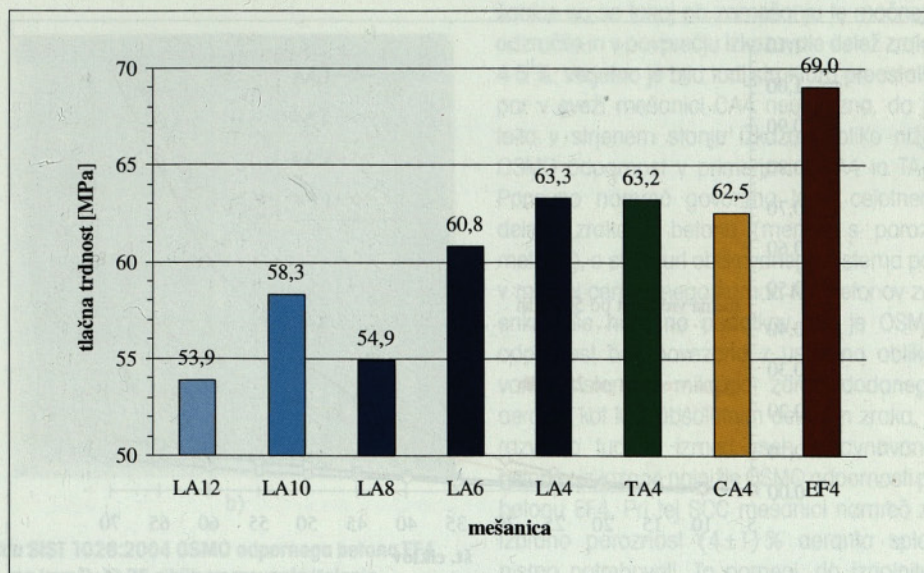
3 • REZULTATI PREISKAV IN RAZPRAVA

3.1 Preiskave tlačne trdnosti

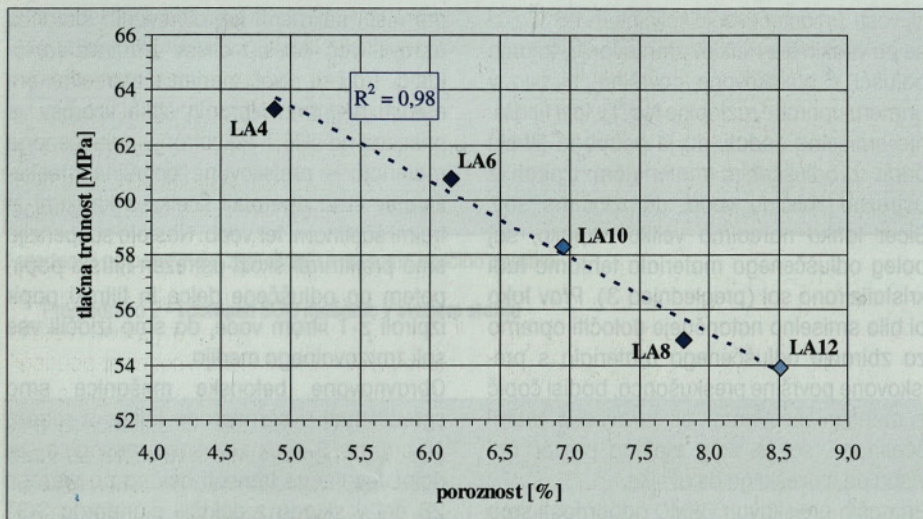
Med pripravo betonskih mešanic smo opazili, da je delež vnesenega zraka zelo težko parametrizirati. Največ težav smo imeli pri mešanicah LA8 in LA6, pri katerih smo morali po prvotnem mešanju naknadno dodati še relativno majhno količino aeranta, da je porozimeter po dodatni minuti mešanja pokazal izbrano vrednost (8 ± 1) % oziroma (6 ± 1) %. Opazili smo tudi, da je bila poroznost vgrajenih vzorcev, določena iz prostorninske mase, praviloma nižja od tiste, ki jo je pred vgrajevanjem pokazal porozimeter. Pri naknadnem mešanju pred fazo vgrajevanja se aerirana SCC mešanica očitno še dodatno odzrača in delež zraka v njej se opazno zmanjša, še posebno, če je aerant dodan tudi naknadno (preglednica 4). Ker smo vse obravnavane mešanice vgradili najprej v kocke z robom 10 cm in nato po naknadnem premešanju betonske mešanice še v kocke z robom 15 cm, so slednje praviloma izkazovale nižjo poroznost kot betonske kocke z robom 10 cm. Zato tudi na prvi pogled nelinearno naraščanje tlačne trdnosti aeriranega betona z nižanjem njegove poroznosti (slika 2). Mešanica LA10 se je namreč med naknadnim mešanjem bolj odzračila (z 9,0 % na 7,0 %) kot mešanica LA8 (z 8,5 % na 7,8 %) in zato izkazala višjo tlačno trdnost v strjenem stanju. Če upoštevamo dejanske poroznosti vzorcev, na katerih smo opravili preskus tlačne trdnosti, dobimo pričakovan linearen odnos med tlačno trdnostjo in poroznostjo aeriranega SCC LA (slika 3).

režim mešanja	delež zraka
po prvotnem mešanju (6 min)	8 %
po dodani relativno majhni količini aeranta in naknadnem mešanju (1 min)	17 %
po naknadnem mešanju (10 s)	13 %
po naknadnem mešanju (10 s)	10 %
po naknadnem mešanju (10 s)	8 %
po naknadnem mešanju (10 s)	7 %

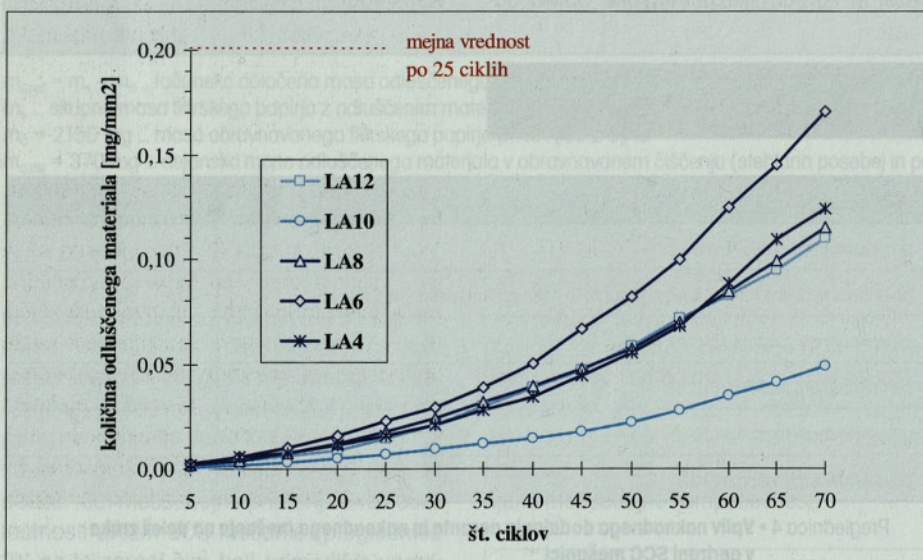
Preglednica 4 • Vpliv naknadnega dodajanja aeranta in naknadnega mešanja na delež zraka v aerirani SCC mešanici



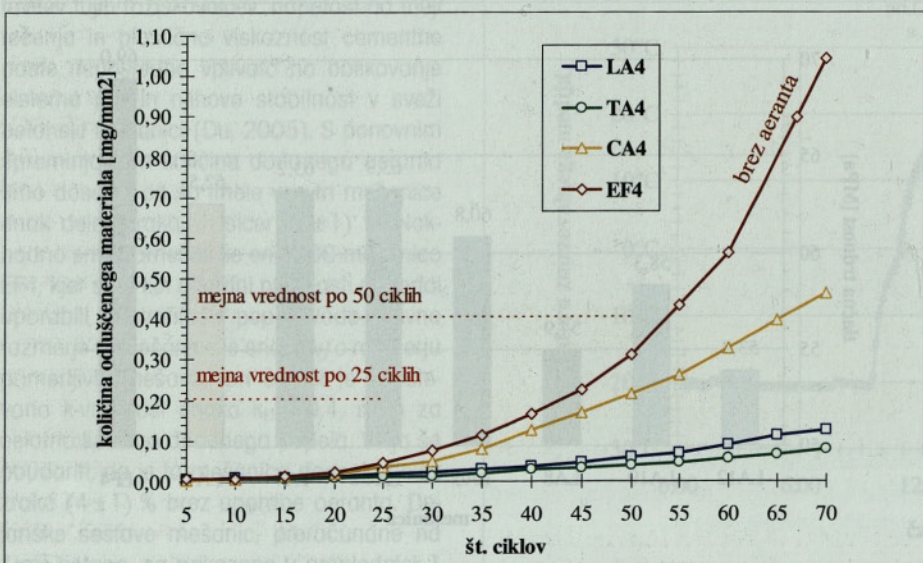
Slika 2 • Tlačna trdnost obravnavanih betonov



Slika 3 • Odnos med tlačno trdnostjo in poroznostjo aeriranega SCC LA



Slika 4 • Vpliv deleža vnesenega zraka na OSMO odpornost aeriranega SCC LA



Slika 5 • Vpliv vrste mineralnega dodatka na OSMO odpornost SCC

3.2 Preiskave OSMO odpornosti

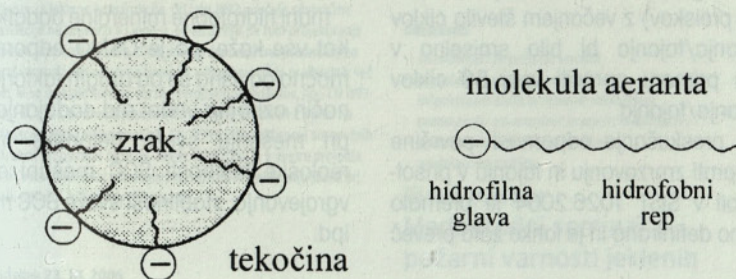
Rezultati, prikazani na slikah 4 in 5, so pridobljeni z doslednim upoštevanjem v točki 2.3 natančno navedene opreme in postopka OSMO preiskave. Izkazalo se je, da je površina aeriranih samozgoščevalnih betonov LA visoko odporna proti zmrzovanju in tajanju v prisotnosti soli (slika 4). Količina odluščenega materiala je po 25 ciklih zmrzovanja/tajanja v povprečju okoli 0,02 mg/mm², kar je 10-krat nižje od osnovne mejne vrednosti, ki jo podaja SIST 1026:2004. Zaradi približno kvadratičnega naraščanja količine odluščenega materiala z večanjem števila ciklov zmrzovanja/tajanja je po 50 ciklih količina odluščenega materiala v povprečju sicer že okoli 0,05 mg/mm², kar pa je še vedno 8-krat manj od največje dovoljene mejne vrednosti po SIST 1026:2004. Preiskavo smo po 50 ciklih zmrzovanja/tajanja nadaljevali, saj bi bilo sicer nemogoče medsebojno primerjati betone s tako visoko OSMO odpornostjo. Po 70 ciklih zmrzovanja/tajanja je že bolj razvidno, da imata beton LA4 in LA6 s (4 ± 1) % oziroma (6 ± 1) % poroznostjo v povprečju skoraj 2-krat nižjo OSMO odpornost kot preostali LA betoni z višjimi poroznostmi. Izmed slednjih je najvišjo OSMO odpornost dosegel beton LA10 z (9 ± 1) % poroznostjo in ne beton LA12 z (11 ± 1) % poroznostjo, kot bi lahko pričakovali. Razlog za to je morda neugoden učinek prezdiranja aeranta pri mešanici LA12, na kar opozarjajo nekateri avtorji (Muravljov, 2000). Tudi beton LA8 ima približno 2-krat nižjo OSMO odpornost kot beton LA10, in to kljub skoraj enakemu deležu zraka. Razlog za to je verjetno vključitev majhne dodatne količine aeranta v že zamešano mešanico aeriranega SCC LA8. Prav tako pa ne velja zanemariti precej večje starosti sveže SCC mešanice LA8 od vseh ostalih obravnavanih v času vgrajevanja v kalupe. Samozgoščevalne lastnosti mešanice LA8 so bile tik pred vgradnjo v kalupe namreč že blizu mejnih vrednosti. Tudi nepričakovana nižja OSMO odpornost bolj poroznega betona LA6 v primerjavi z betonom LA4 kaže na to, da verjetno naknadno dodajanje tudi zelo majhne količine aeranta k že zamešani mešanici aeriranega SCC neugodno vpliva na oblikovanje ustreznega sistema vnešenih por, tj. velikega števila čim bolj enakomerno razpršenih majhnih zračnih mehurčkov (Hewlett, 2004). Ker tako metoda s porozimetrom kot tudi metoda določitve poroznosti betona iz njegove prostorninske mase dasta kot rezultat le celokupni delež zraka v sveži betonski mešanici, bi bilo smiselno na obravnavanih vzorcih opraviti še linijsko mikroskopsko analizo. V primeru SCC



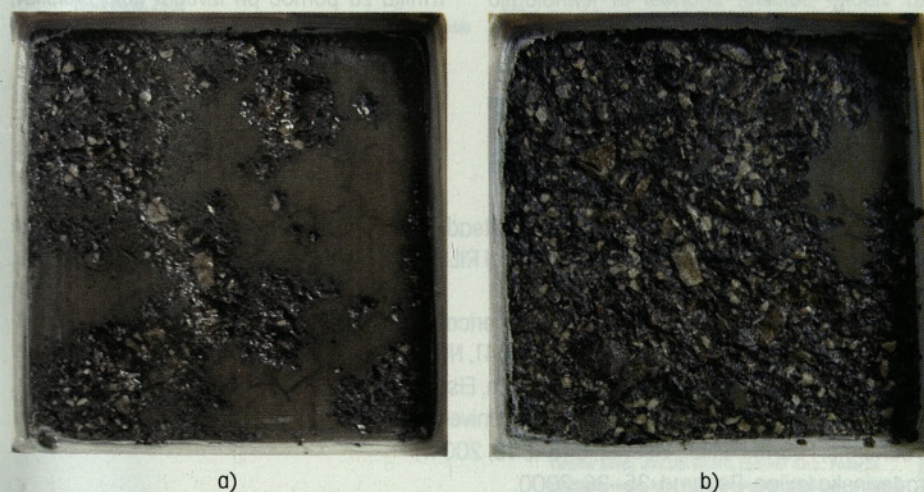
Slika 6 • Preskus hidrofilitnosti uporabljenih apnenčevih mok C (levo) in apnenčevih mok L (desno)

mešanice LA6 pa ne gre zanemariti tudi znaka rahle nestabilnosti, in sicer hitro razledenje (nizek T_{50}) in istočasno nesorazmerno počasno iztekanje iz V-lijaka (preglednica 2).

Iz rezultatov druge serije preiskav (slika 5) je razvidno, da precej bolj kot prvi parameter (delež vnesenega zraka) na OSMO odpornost aeriranega SCC vpliva drugi parameter – vrsta uporabljene apnenčeve moke. SCC mešanica CA4 je namreč izkazala približno 4-krat nižjo OSMO odpornost v primerjavi s SCC mešanico LA4 in TA4. Pri tem je potrebno poudariti, da je kakršnokoli sklepanje le iz podatka o zrnastosti sestavi uporabljenih apnenčevih mok morda prenašlo. Apnenčeve moke se lahko med seboj razlikujejo tudi po mineraloški sestavi, prav tako pa ne velja zanemariti njihovih površinskih lastnosti. Absorpcija in adsorpcija molekul aeranta se namreč tudi zaradi različne površinske napetosti uporabljenih praškastih delcev v betonski mešanici zelo spreminja (Du, 2005). Če opravimo zelo enostaven preskus hidrofilitnosti uporabljenih apnenčevih mok, lahko opazimo, da imata apnenčevi moki C in L zelo različne površinske lastnosti. Apnenčeva moka C je precej bolj hidrofobna kot apnenčeva moka L. Iz slike 6 je razvidno, da se je veliko vodnih kapljic od moka C dobesedno odbilo in skotalilo v stran. Ker imajo tudi zračni mehurčki, ki nastajajo v cementni pastii sveže betonske mešanice zaradi dodanega aeranta, hidrofilni obroči (slika 7), se verjetno podobno kot vodne kapljice odbijajo od hidrofobnih delcev apnenčevih mok v sveži SCC mešanici. Pri mešanicah CA je bilo tako praktično nemogoče doseči visoke stopnje poroznosti. Kljub večanju količine dodanega aeranta do maksimalne priporočene vrednosti se delež zraka ni večal. Mešanice so se takoj po zamešanju le močneje odzračile in v povprečju izkazovale delež zraka 4-5 %. Verjetno je bila tudi struktura preostalih por v sveži mešanici CA4 neustrezna, da je le-ta v strjenem stanju izkazala toliko nižjo OSMO odpornost v primerjavi z LA4 in TA4. Ponovno namreč govorimo le o celotnem deležu zraka v betonu (meritev s porozimetrom), o strukturi oblikovanega sistema por v matrici cementnega kamna teh betonov zaenkrat še nimamo podatkov. Da je OSMO odpornost bolj povezana z ustreznim oblikovanim sistemom mikropor zaradi dodanega aeranta kot le z absolutnim deležem zraka, je razvidno tudi iz izmed vseh obravnavanih betonov izkazane najnižje OSMO odpornosti pri betonu EF4. Pri tej SCC mešanici namreč za izbrano poroznost (4 ± 1) % aeranta sploh nismo potrebovali. To pomeni, da izpolnitev zahteve glede najmanjšega deleža zraka v



Slika 7 • Mehанизem nastanka zračnega mehurčka v tekočini (Hewlett, 2004)



Slika 8 • Primer poškodovane površine po standardu SIST 1026:2004 OSMO odpornega betona EF4 po: a) 50 ciklih zmrzovanja/tajanja ($0,31 \text{ mg/mm}^2$); b) 75 ciklih zmrzovanja/tajanja ($1,38 \text{ mg/mm}^2$)

svežem betonu (priporočilo v dodatku F v SIST EN 206-1:2003 in SIST 1026:2004) pri stopnjah izpostavljenosti XF2 in XF4 še ne zagotavlja, da bo površina betona odporna proti zmrzovanju in tajanju v prisotnosti soli. Zato bi veljalo razmisliti o primernejših kriterijih, na primer o največjem dovoljenem faktorju razdalje med vnešenimi zračnimi mehurčki.

Pri vseh obravnavanih SCC (in tudi pri običajnem vibriranem betonu, kot kažejo rezultati zadnjih preiskav) je opaziti približno kvadratično naraščanje količine odlučene materiala z večanjem števila ciklov zmrzovanja/tajanja. To pomeni, da bo na primer beton, ki je po 50 ciklov zmrzovanja/tajanja sicer še tik pod s standardom SIST

1026:2004 predpisano največjo dovoljeno mejno vrednostjo ($0,40 \text{ mg/mm}^2$), že po naknadnih 25 ciklov zmrzovanja/tajanja to mejno vrednost presegele za 3 do 4-krat. Pri tem bo površina betona močno poškodovana, kar je tudi lepo razvidno iz fotografirane površine takega betona (slika 8). Gre za obravnavani SCC EF4.

4 • SKLEP

Mehanizem in stabilnost oblikovanja sistema por v sveži mešanici betona je problem ekstremno kompleksne narave (Du, 2005). Zato je postopek določanja sestave primerljivih aeriranih SCC mešanic zelo zapleten in dolgotrajen. Kot prvo se absorpcija in adsorpcija molekul aeranta zaradi različne zrnovostne in mineraloške sestave uporabljenih praškastih delcev ter njihove različne površinske napetosti zelo spreminja in s tem močno vpliva na zahtevano količino dodanega aeranta (Du, 2005). Ob tem je še potrebno dosežati čim bolj enake reološke lastnosti svežih SCC mešanic in ohranjati enako vodo-cementno ali vodo-vezivno (elektrofiltrski pepel) razmerje. Čim bolj enak pa mora ostati tudi delež cementa, mineralnega dodatka in agregata v 1 m^3 betona, da so SCC mešanice medsebojno primerljive.

Glede na rezultate opravljenih preiskav lahko sklenemo:

- Površina vseh obravnavanih SCC je glede na določila slovenskega standarda SIST 1026:2004 odporna proti zmrzovanju in tajanju v prisotnosti soli.
- Glede na izkazano približno kvadratično naraščanje luščenja površine betona (tudi običajnega vibriranega aeriranega in/ali neaeriranega betona, kot kažejo rezultati zadnjih preiskav) z večanjem števila ciklov zmrzovanja/tajanja bi bilo smiselno v vsakem primeru opraviti vsaj 50 ciklov zmrzovanja/tajanja.
- Metoda preskušanja odpornosti površine betona proti zmrzovanju in tajanju v prisotnosti soli v SIST 1026:2004 je premalo natančno definirana in je lahko zato preveč

odvisna od človeškega dejavnika. Govorimo o potencialni relativni napaki, tudi večji od 50 %.

- Na OSMO odpornost SCC ne vpliva ugodno zgolj dovolj visoka poroznost, pač pa obenem tudi ustrezno oblikovan sistem mikropor, ki se oblikuje z ustrezno uporabo kemijskega dodatka – aeranta.
- OSMO odpornost aeriranega SCC je očitno bolj odvisna od vrste uporabljenega mineralnega dodatka kot od deleža vnesenega zraaka.
- Za večjo OSMO odpornost SCC je verjetno bolje uporabljati hidrofilne oziroma čim manj hidrofobne mineralne dodatke.

Kot vse kaže, pa je OSMO odpornost SCC močno odvisna še od drugih faktorjev, kot so način oziroma vrstni red dodajanja aeranta pri mešanju sveže betonske mešanice, reološke lastnosti SCC mešanice v času vgrajevanja, stabilnost sveže SCC mešanice, ipd.

5 • ZAHVALA

Usposabljanje mladega raziskovalca Davida Duha za pridobitev doktorata znanosti, v okviru katerega so bile narejene preiskave,

predstavljene v članku, financira Ministrstvo za visoko šolstvo, znanost in tehnologijo Republike Slovenije. Avtorji se zahvaljujemo

tudi diplomantom Barbari Pezdirc in Juretu Trtniku za pomoč pri izvedbi dela preiskav, katerih rezultati so prikazani v prispevku.

6 • LITERATURA

- Audenaert, K., Boel, V., De Schutter, G., Chloride penetration in self compacting concrete by non steady state migration test, Second North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete and the Fourth International RILEM Symposium on Self-Compacting Concrete, Shah, S. P. (Ed.), Chicago, IL, 367–372, October 30–November 2, 2005.
- Audenaert, K., Boel, V., De Schutter, G., Durability of self-compacting concrete, First North American Conference on the Design and Use of Self-Consolidating Concrete, Shah, S. P., Daczko, J. A., Lingscheit, J. N. (Ed.), Rosemont, IL, 337-341, November 12–13, 2002.
- Du, L., Folliard, K. J., Mechanisms of air entrainment in concrete, Cement and Concrete Research, Elsevier, 35, 1463–1471, 2005.
- Friebert, M., Durability of self compacting concrete – influence of the mineral admixtures, Brno University of Technology, 2004.
- Hewlett, P. C., Et al., Lea's Chemistry of Cement and Concrete, Fourth Edition, Elsevier, 843–849, 2004.
- Muravljov, M., Osnovi teorije i tehnologije betona, Građevinska knjiga, Beograd, 35–36, 2000.
- Persson, B., Internal frost resistance and salt frost scaling of self-compacting concrete, Cement and Concrete Research, Pergamon, 33, 373–379, 2003.
- Shah, S. P., SCC 2005 (<http://acbm.northwestern.edu/scc2005.html>), ACBM, 2005.
- Zhu, W., Bartos, P. J. M., Permeation properties of self-compacting concrete, Cement and Concrete Research, Pergamon, 33, 921–926, 2003.

Teden požarne varnosti konstrukcij



Inženirska zbornica Slovenije - IZS v sodelovanju z Organizacijo jeklene konstrukcije - OJK

23. - 27. 10. 2006

23. - 25. 10. 2006

3 dnevni izobraževalni tečaj o požarni varnosti v stavbah

Predavalnica IZS, Jarška cesta 10b, Ljubljana

od 12:00 do 17:30 ure

Prof. Ing. J.B. Schleich, Luksemburg

Strokovnjak za jeklene konstrukcije Prof. Ing. J.B. Schleich je diplomiral leta 1967. Prvih 12 let po diplomi je projektiral mostove in zgradbe, nato je 18 let vodil raziskovalni laboratorij. Dva krat je bil izvoljen za predsednika Evropske konvencije za jeklene konstrukcije. Poznan je po številnih publikacijah in raziskovalnih poročilih o projektiranju jeklenih in sovprežnih konstrukcij. Njegovo delo, ki obsega tako dejanske pogoje uporabe kot tudi primere požarov, je odraz poglobljenega splošnega in tehničnega znanja. Oktobra 1996 je v Bremnu prejel priznanje Nemškega združenja za jeklene konstrukcije. Od leta 1992 poučuje sovprežne konstrukcije na Univerzi v Liege-u, od leta 1998 pa tudi projektiranje gradbenih konstrukcij. Leta 2005 je imel dvomesečno predavanje o požarni varnosti v stavbah na Univerzi v Aachnu. Bil je predsednik več skupin, ki so izdelale končne verzije evropskih standardov, npr. EN 1993-1-1, 1-8, 1-9, 1-10 s področja jeklenih konstrukcij, EN 1991-1-2 Vplivi na konstrukcije izpostavljene požaru, EN 1994-1-2 Projektiranje sovprežnih konstrukcij pri požarni obtežbi. Konec leta 2005 je v okviru projekta Leonarđo da Vinci izdal priročnik z naslovom Projektiranje stavb pri požarni obtežbi, ki obsega 250 strani.

Ponedeljek 23. 10. 2006

12:00 Požari v stavbah - dejanski ali standarden požar

13:30 Odmor

14:00 Lastnosti materialov - toplotne in mehanske lastnosti v odvisnosti od temperature

15:30 Odmor

16:00 Gradbeno načrtovanje glede na standarden požar - stebri in nosilci glede na betonsko, jekleno ali sovprežno izvedbo konstrukcije

Torek 24. 10. 2006

12:00 Globalni koncept požarne varnosti (faza I) - razvoj dejanskih požarov

13:30 Odmor

14:00 Globalni koncept požarne varnosti (faza II) - nevarnost nastanka požara in aktivni ukrepi požarne varnosti

15:30 Odmor

16:00 Veliki požari - vpliv nastanka požara in aktivni ukrepi požarne varnosti

Sreda 25. 10. 2006

12:00 Dejansko načrtovanje glede na požarni scenarij (uspešna zgodba 1) - osnove dejanskega požara in konstrukcijskih detajlov

13:30 Odmor

14:00 Dejansko načrtovanje glede na požarni scenarij (uspešna zgodba 2) - praktična uporaba globalnega koncepta požarne varnosti

15:30 Odmor

16:00 Razpoložljivi računalniški programi za požarno inženirstvo

Četrtek 26. 10. 2006

Okrogla miza Globalni koncept požarne varnosti konstrukcij

Predavalnica IZS, Jarška cesta 10b, Ljubljana

od 12:00 do 15:00 ure

Razpravljalci

- prof. dr. Darko Beg - FGG (moderator)
- mag. Bojan Grm - IZS (uvodničar)
- dr. Mirosław Pregl - MOP
- g. Miloš Ebner, MBA - OJK
- mag. Aleš Jug - FKKT
- g. Milan Hajduković - ZAG
- g. Ivo Gostiša - Izolirka Pl

Udeleženci

- strokovnjaki za požarno varnost
- predstavniki upravnih enot,
- inšpekcijskih služb in resornih ministrstev
- predstavniki zavarovalnic in javnih investitorjev
- predstavniki izobraževalnih ustanov
- predstavniki medijev

Petek 27. 10. 2006

Mednarodni seminar o požarni varnosti jeklenih konstrukcij

Predavalnica GZS, Dimičeva 13, Ljubljana

od 9:00 do 15:00 ure

9:00 Otvoritev - predsednik OJK g. Miloš Ebner, MBA

9:15 Prof. dr. Darko Beg, FGG UL: Slovenski predpisi in standardi za projektiranje požarno odpornih konstrukcij (Pregled pri nas veljavnih tehničnih predpisov in standardov za požarno odporne konstrukcije in uspešni primeri uporabe)

10:00 Prof. dr. Frantisek Wald, Češka tehnična univerza v Pragi: Požarna odpornost stikov v jeklenih konstrukcijah (Prikaz izboljšane načrtovanja požarne odpornosti konstrukcij na osnovi požarnih testov celotnih konstrukcij v Cardingtonu)

10:45 Odmor

11:00 Milan Hajduković, ZAG: Požarne lastnosti izolacijskih sendvič plošč (Obravnava požarnih lastnosti izolacijskih plošč in predstavitev načina preizkušanja in klasificiranja požarne odpornosti po veljavnih standardih)

11:45 Prof. Ing. J.B. Schleich: Znamenite nove jeklene stavbe z integralno požarno odpornostjo (Predstavitev globalnega koncepta požarne varnosti na uspešnih primerih stavb)

12:30 Kosilo

13:30 Primeri iz prakse: mag. Danijel Zupančič, Trimo d.d.: Alternativni način varovanja pred požarom v visoko regalnih skladiščih - primer Trimo d.d.

Milivoj Kodrič, IBE d.o.o.: Prikaz koncepta požarne zaščite več etažnega jeklenege industrijskega objekta na primeru Krka Sinteza 4

Vladimir Koželj, univ.dipl.inž.arh., EKO-ART d.o.o.: Požarna zaščita kovinske konstrukcije hangarja splošnega letalstva na letališču Ljubljana Brnik

14:30 Razprava in zaključek

Informacije

Pogovorni jezik:

- 3 dnevni izobraževalni tečaj: angleščina
- okrogla miza: slovenščina
- mednarodni seminar: slovenščina in angleščina

Kotizacija:

1. Izobraževalni tečaj: 3 dni

75.000 SIT + DDV
(312,97 EUR + DDV)

2. Mednarodni seminar

35.000 SIT + DDV
(146,05 EUR + DDV)

3. Izobraževalni tečaj: 3 dni in mednarodni seminar

95.000 SIT + DDV
(396,43 EUR + DDV)

* Opomba:

Za člane IZS in OJK velja 20% popust za vsa plačila do 15.10.2006.

Okrogla miza je za vse udeležence brezplačna.

V ceno je vključeno:

Gradivo, potrdilo o udeležbi, osvežilni napitki in prigrizki ter pri mednarodnem seminarju tudi kosilo.

Potrdilo o udeležbi:

Potrdilo o opravljenem izobraževanju bo izdano s strani IZS za 3 dnevno udeležbo na izobraževalnem tečaju, potrdilo o udeležbi pa za prisotnost na mednarodnem seminarju.

Naslov za pošiljanje prijavnice:

IZS, Jarška cesta 10b, 1000 Ljubljana

Fax: 01-547-33-20

Prijavnico lahko izpolnite tudi na spletu www.izs.si

Rok za oddajo prijav je 20.10.2006

Kotizacije morajo biti plačane na poslovni račun IZS št. 03100-1000014228 pri SKB banki pred začetkom posameznih izobraževanj.

Število mest je omejeno, zato bomo upoštevali vrstni red prijav.

Morebitne odpovedi udeležbe z vračilom celotnega plačila so možne pisno do 20.10.2006, sicer je prijavljeni kandidat dolžan poravnati celotno kotizacijo, ki pa se lahko prenese na drugo osebo.

Predstavitev podjetij:

Predstavitev podjetij je možna na Mednarodnem seminarju o požarni varnosti jeklenih konstrukcij, ki bo 27. oktobra v prostorih GZS. Glede načina predstavitve se morajo podjetja dogovoriti s kontaktno osebo OJK, mag. Janjo Petkovšek (tel. 01-5898-307, janja.petkovsek@gzs.si), do 20.10.2006.

Kontaktne osebe:

- IZS, Polona Okretič, 01-547-33-17, polona.okretic@izs.si

Programsko organizacijski odbor:

- mag. Črtomir Remec - predsednik
- Miloš Ebner, MBA
- mag. Bojan Grm
- dr. Mirosław Pregl
- mag. Janja Petkovšek
- mag. Barbara Škraba

KOLEDAR PRIREDITEV

25.9 - 30.9.2006

**7th International Symposium
on Environmental Geochemistry**

Peking, Kitajska
www.iseg2006.com/welcome.htm
iseg2006@vip.skleg.cn

19.10 in 20.10.2006

28. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije

Bled, Slovenija
j.lopatic@fgg.uni-lj.si

25.10 - 27.10.2006

8. slovenski kongres o cestah in prometu

Portorož, Slovenija
www.drc.si
drc@drc.si

15.11 - 17.11.2006

**8th International Symposium
on Tunnel Construction and
Underground Structures
(8. mednarodno posvetovanje o
gradnji predorov in podzemnih prostorov)**

Ljubljana, Slovenija
www.drustvo-dpgk.si
leon.kostiov@tirnet.net

11.6 - 13.6.2007

**International Conference: Sustainable
Construction Materials and
Technologies**

Coventry, Anglija
www.uwm.edu/dept/cbu/coventry.html

3.9 - 8.9.2006

**1th European Conference on
Earthquake Engineering and Seismology**

Ženeva, Švica
www.icivilengineer.com/Conferences

4.9 - 6.9.2007

**7th International Congress:
Construction's Sustainable Option**

Dundee, Škotska
www.cfucongress.co.uk

18.9 - 20.9.2006

**5th National Seismic Conference on
Bridges & Highways**

San Francisco, Kalifornija, ZDA
<http://mceer.buffalo.edu/meetings/5nsc/default.asp>

4.10 - 6.10.2006

**31st Annual Conference on
Deep Foundations**

Washington, DC, ZDA
www.dfi.org/conferencedetail.asp?id=66

1.3 - 7.3.2007

**5th International Conference on Construction
Project Management (ICCPM 2007)**

Singapur, Singapur
www.nfu.edu.sg/cee/iccpm_iccem

4.9 - 6.9.2007

**7th International Congress Concrete:
Construction's Sustainable Option**

Dundee, Škotska
www.cfucongress.co.uk

19.9 - 21.9.2007

**IABSE Symposium
International Association for Bridge
and Structural Engineering**

Weimar, Nemčija
www.iabse2007.de

24.9 - 27.9.2007

**14th European Conference on Soil Mechanics
and Geotechnical Engineering: Geotechnical
Engineering in Urban Environments**

Madrid, Španija
www.ecsmge2007.org

30.6 - 4.7.2008

**10th International Symposium on
Landslides and Engineered Slopes**

Xi'an, Kitajska
www.landslide.iwhr.com

5.10 - 9.10.2009

**17th International Conference for Soil
Mechanics and Geotechnical Engineering**

Alexandria, Egipt
www.2009icsmge-egypt.org

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