





Izdajatelj:

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9e, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani** in **Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**
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 Kristjan Juteršek

Lektor:

Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:

Darja Okorn

Tajnica:

Eva Okorn

Oblikovalska zasnova:

Mateja Goršič

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

Kočeviski 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 22,95 EUR; za študente in upokojence 9,18 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 169,79 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je vstet DDV.

Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana:
SI56 0201 7001 5398 955

Navodila avtorjem za pripravo člankov in drugih prispevkov

1. Uredništvo sprejema v objavo znanstvene in strokovne članke s področja gradbeništva in druge prispevke, pomembne in zanimive za gradbeno stroko.
2. Znanstvene in strokovne članke pred objavo pregleda najmanj en anonimen recenzent, ki ga določi glavni in odgovorni urednik.
3. Besedilo prispevkov mora biti napisano v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledkom med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev ter besedilo.
6. Besedilo člankov mora obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; imena in priimke avtorjev; 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 ti označeni še z A, B, C itn.
7. Poglavlja in razdelki so lahko oštevilčeni. Poglavlja se oštevilčijo brez končnih pik. Denimo: 1 UVOD; 2 GRADNJA AVTOCESTNEGA ODSEKA; 2.1 Avtocestni odsek ... 3 ...; 3.1 ... itd.
8. 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.
9. Enačbe morajo biti na desnem robu označene z zaporedno številko v okroglem oklepaju.
10. Kot decimalno ločilo je treba uporabljati vejico.
11. Uporabljena in citirana dela morajo biti navedena med besedilom prispevka z oznako in obliki oglatih oklepajev: (priimek prvega avtorja, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA, ki se je ne oštevilčuje, 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.
13. Način objave je opisan s podatki: knjige: založba; revije: ime revije, založba, letnik, številka, strani od do; zborniki: naziv sestanka, organizator, kraj in datum sestanka, strani *od do*; raziskovalna poročila: vrsta poročila, naročnik, oznaka pogodbe; za druge vrste virov: kratek opis, npr. v zasebnem pogovoru.
14. Pod črto na prvi strani – pri prispevkih, krajših od ene strani, pa na koncu prispevka – morajo biti navedeni podrobnejši podatki o avtorjih: znanstveni naziv, ime in priimek, strokovni naziv, podjetje ali zavod, navadni in elektronski naslov.
15. Prispevke je treba poslati glavnemu in odgovornemu uredniku prof. dr. Janezu Duhovniku na naslov: FGG, Jamova 2, 1000 LJUBLJANA, oziroma po e-pošti: 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 elektronski obliki v formatu MS WORD in v 8. točki določenih grafičnih formatih.

Uredništvo

Vsebina • Contents

Voščila

stran **294**

Miro Vrbek, univ. dipl. inž. grad.
VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS

Novice

stran **295**

ZDGITS
ANKI HOLOBAR OB UPOKOJITVI

Natečaji

stran **296**

Viktor Markelj, univ. dipl. inž. grad.
NOV USPEH SLOVENSКИH PROJEKTANTOV V TUJINI

Članki • Papers

stran **297**

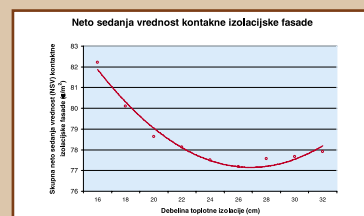
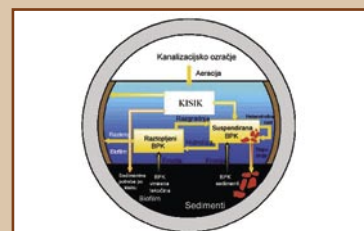
izr. prof. dr. Jože Panjan, univ. dipl. inž. grad.
doc. dr. Darko Drev, univ. dipl. inž. kem. teh.

ANALIZA BIOFILMA IN SAMOČISTILNI PROCESI V KANALIZACIJSKIH SISTEMIH
ANALYSIS OF BIOFILM AND SELF-PURIFICATION PROCESS IN THE SEWAGE SYSTEMS

stran **306**

dr. Roman Kunič, univ. dipl. inž. grad.
prof. dr. Aleš Krainer, univ. dipl. inž. arh.

**EKONOMIČNA DEBELINA SLOJEV TOPLOTNIH IZOLACIJ
V KONTAKTNO-IZOLACIJSKIH FASADAH OBODNIH STEN**
ECONOMICAL THICKNESS OF THERMAL INSULATION LAYERS
IN 'ETICS' FAÇADE SYSTEMS



Obvestila ZDGITS

stran **311**

Razpored pripravljanih seminarjev in strokovnih izpitov

Vsebina letnika 58/2009

stran **312**

Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: Priključek Celovške ceste na predor Šentvid, foto: Rok Duhovnik

VOŠČILO PREDSEDNIKA ZDGITS



Spoštovani inženirji in tehniki!

Preteklo leto je bilo zaznamovano z gospodarsko krizo. Gradbeništvo je v tem letu krizo občutilo v obliki težko dostopnih virov financiranja, kar je posledično zmanjšalo vse vrste investicij oziroma gradenj. Zaradi pomanjkanja del so cene gradbenih storitev padle za do 20 %, v nekaterih primerih tudi do 50 %, ponekod celo za več.

Zelo so se znižale tudi cene inženirskih in projektantskih storitev. Beležimo padec cen od 40 do 50 % in celo več, kar ni v nobenem razmerju s priporočenimi cenami storitev v sklopu Inženirske zbornice Slovenije. Kljub izjemno slabim posledicam nihče ničesar ne ukrene. Priča smo izdelavi izredno slabih in neusklajenih projektov. Investicijska dokumentacija je temu posledično zaradi slabih ali napačnih ocen ravno tako slabo pripravljena. Celo veliki investitorji, ki so v domeni države, načrtujejo in vodijo projekte v duhu najnižjih cen in pričakujejo zadovoljive ali celo najboljše izdelke.

Tudi gradbeništvo zapada v moderno dobo, kjer so izdelki tipično kratkega veka. Trajnost računalnikov danes dosega 3 do 5 let, kuhinjskih in gospodinjskih aparatov in video ter hi-fi tehnike 5 do 7 let. Trajnosti gradbenih objektov pa je ravno tako konec pri 10 do 15 letih za obrtniška in inštalacijska dela, fasade, gradbeno pohištvo, pode in tlake, električne instalacije, strehe. Dogaja se, da stavbe, stare 10 let, ne bodo dosegale normativov glede toplotnih izgub in s tem možnih davčnih bonitet.

Še bi lahko naštevali, kam nas vodi hiter razvoj potrošništva tudi v gradbeništvu.

V letu 2010 moramo zato gledati predvsem na življenje, ki je včasih nekoliko težje, drugič malce lažje, vendar je lahko vseeno lepo in veselo tudi z manj materialnih dobrin. Pomembno je, da se medsebojno spoštujemo, želimo drug drugemu srečo ... in veselje bo samo prišlo.

Delo v društvih bo zatoorej še pomembnejše, saj nam prav ta dajejo večjo samozavest, da pripadamo stroki, ki je pomembna in še vedno dobra, da se lažje zavedamo, da nismo sami.

Vam in vašim najdražjim želim veliko zdravja in sreče v novem letu 2010.

Miro Vrbek, predsednik ZDGITS

ANKI HOLOBAR OB UPOKOJITVI



V začetku decembra je prenehala z delom na Zvezi društev gradbenih inženirjev in tehnikov (ZDGITS) gospa Anka Holobar, ki je bila zadnja leta njena poslovna sekretarka.

Gospa Anka Holobar se je na ZDGITS zaposlila pred dobrimi 26 leti, 1. aprila 1983. Sprva je bila zaposlena kot tajnica, sčasoma pa je opravljala tudi številne druge zadolžitve. Skrbela je za blagajno, organizirala je ekskurzije in seminarje za strokovne izpite, nazadnje je opravljala vsa potrebna dela, ker je bila edina zaposlena na ZDGITS.

Posebej se je izkazala v času, ko je poleg ZDGITS, ki združuje krajevna in strokovna društva, v katera so včlanjeni gradbeni inženirji in tehniki, začela delovati tudi Inženirska zbornica Slovenije (IZS), v kateri so v Matični sekciji gradbenikov včlanjeni le pooblašчени inženirji. Takrat so številni mislili, da je ZDGITS postal nepotreben. ZDGITS je povrh vsega zašel še v finančne težave. Zamisel, da postanejo vsi pooblašчени inženirji naročniki Gradbenega vestnika in da naj ZDGITS ostane organizator pripravljanih seminarjev za strokovne izpite, ki je bila soglasno sprejeta v obeh organizacijah, bi brez njenega prizadevnega in vestnega dela ostala neuresničena.

Gospa Anka Holobar se je vseskozi dobro zavedala, da ZDGITS brez društev gradbenih inženirjev in tehnikov in strokovnih društev izgubi smisel obstoja. Če kdo, potem so vsaj predsedniki teh društev prav po njeni zaslugi pogosto vedeli, da Zveza še deluje. Če ni šlo drugače, se je namesto funkcionarjev udeležila zborov društev.

Svojo skrb za Gradbeni vestnik in veselje ob rednem izhajanju je vedno delila z uredništvom. Čutila se je osebno odgovorna, če je kdaj pri pregledu Gradbenega vestnika opazila kakšno napako, ki so jo odgovorni spregledali. Njena skrb za prav vsakega naročnika posebej, ne glede na to, ali je to bilo veliko gradbeno podjetje, pooblaščen inženir, upokojenec ali pa študent, ji je pomenila eno najvažnejših nalog. Če bi ne poskrbela za odlično organizacijo pripravljanih seminarjev, ki prinašajo ZDGITS dobri dve tretjini dohodkov in delno pokrivajo stroške Gradbenega vestnika, bi bilo njegovo izhajanje sedaj nemogoče.

Presenetljivo hitro se je prilagodila spremenjenemu načinu dela ob pojavu računalnikov. Ob pomoči svojega soproga se je naučila uporabe vseh potrebnih programov, kar ji je pomagalo, da je ob manjšanju števila zaposlenih na Zvezi opravljala na koncu prav vse naloge, za katere so bili včasih zaposleni trije.

Njena posebna sposobnost je ravnanje z ljudmi. Za vse, od predsednikov in drugih funkcionarjev ZDGITS do fistih, ki so se prijavljali na seminarje za strokovne izpite, je znala poskrbeti na svoj način. Prvim je največkrat naštevala, kaj vse morajo še postoriti, da bo Zveza vsaj za silo delovala, drugim je, če je bilo treba, večkrat razlagala, kaj naj naredijo, da bodo lahko prišli na seminar in nato uspešno opravili strokovni izpit. Njena potrpežljivost nima meja. Pravzaprav vztrajnost, saj na sejah odborov v zaostrenih razmerah ni »šparala« jezika, če se ji je zdelo, da je to zadnji možni ukrep. Ne glede na to so konec leta vsi funkcionarji poleg pozornih daril dobili znamenita lectova srca, ki so jih celo naslednje leto spominjali na to, kaj so se zavezali narediti za Zvezo.

Gospa Anka Holobar je bila izjemno zavzeta sodelavka, imela je izredno spoštljiv odnos do članov društev gradbenih inženirjev in tehnikov ter strokovnih društev, bila je predana vsakemu delu, ki ji je bilo naloženo, ali pa si ga je, če se ji je zdelo potrebno, naložila sama. Vse je opravila z veliko natančnostjo in pri tem skrbno ravnala z denarjem Zveze. Bila je odlična organizatorka seminarjev in vedno je poskrbela za arhiviranje dokumentov o posameznih dogodkih. Njeno pozornost do vsakogar so dokazovali kaligrafsko napisani naslovi na ovojnica, v katerih je razpošiljala sporočila in gradiva, izjemna skrb ob organizaciji dogodkov na Zvezi ter premišljeno pripravljani predlogi za priznanja članom društev. Seje organov Zveze so bile običajno kratke prav zaradi izjemno dobro pripravljenih gradiv, za katera je poskrbela. Velja tudi za odlično mentorico svojim sodelavcem. Naporno in pogosto celodnevno delo ji je načelo zdravje. Toda kljub včasih slabemu počutju ni opustila ničesar, kar je bilo treba narediti za Zvezo. Upamo in želimo, da ji bo glede tega sedaj bolje.

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije se ji za vse, kar je gospa Anka Holobar v 26 letih prispevala k njeni rasti in obstoju, iskreno zahvaljuje in ji želi, da bi čim več naslednjih let preživela zdrava in zadovoljna, z njeno Zvezo pa še naprej ohranjala prijateljske stike.

Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije

NOV USPEH SLOVENSКИH PROJEKTANTOV V TUJINI

Viktor Markelj, univ. dipl. inž. grad., Ponting Maribor

V Beogradu je bila 20. novembra 2009 razglasitev rezultatov mednarodnega natečaja za Idejno prometno, gradbenotehnično in urbanistično rešitev razcepa Radnička na lokaciji priključevanja notranje magistralne šestpasovnice iz smeri Novega Beograda preko mostu na Savi (v gradnji). Na mednarodni natečaj se je prijavilo 31 podjetij z vsega sveta, natečajno rešitev pa je oddalo 9 avtorskih skupin.

Natečaj je bil objavljen z namenom, da mesto Beograd najde najboljšo rešitev za navezavo novega mostu preko Save, ki se gradi na podlagi prvonagrajene rešitve mariborskega biroja Ponting na eni prometno najbolj izpostavljenih

točk v tem dvomilijonskem mestu. Mesto Beograd vse do danes ni našlo ustrezne rešitve, zato se je odločilo za mednarodni natečaj. Komisija priznanih strokovnjakov je za najboljši rešitvi razglasila rešitev podjetij Ponting, d. o. o., in Lineal, d. o. o., iz Maribora. Avtorji rešitve so Viktor Markelj, univ. dipl. inž. grad., Samo Peter Medved, univ. dipl. inž. grad., prof. mag. Peter Gabrijelčič, univ. dipl. inž. arh., Robert Lesničar, univ. dipl. inž. grad., in Dušan Rožič, univ. dipl. inž. grad., ter rešitev podjetja Hidropromet – saobračaj iz Beograda. Komisija je podelila dve povečani drugi nagradi in povečano tretjo nagrado, prve nagrade ni podelila. Sklep komisije se

nanaša na odločitev, da se projekt nadaljuje po cestnih rešitvah slovenskih avtorjev in rešitvijo priključevanja predvidenega tramvaja po rešitvah beograjskih avtorjev. Poudariti je treba, da rešitev slovenskih avtorjev ni obravnavala rešitve za tramvaj, ker ni bila prepoznana kot zahteva natečaja.

Po mostu čez Savo v Beogradu na Adi Ciganliji in mostu čez Donavo v Novem Sadu s predorom pod Petrovaradinsko trdnjavo je projektna rešitev približno 50 milijonov evrov vrednega cestnega razcepa Radnička že tretja velika zmaga slovenskih projektantov gradbene stroke na jugozahodnem Balkanu v zadnjih letih.



ANALIZA BIOFILMA IN SAMOČISTILNI PROCESI V KANALIZACIJSKIH SISTEMIH

ANALYSIS OF BIOFILM AND SELFPURIFICATION PROCESS IN THE SEWAGE SYSTEMS

izr. prof. dr. Jože Panjan, univ. dipl. inž. grad.

joze.panjan@ul-fgg.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Jamova 2, 1000 Ljubljana

doc. dr. Darko Drev, univ. dipl. inž. kem. teh.

darko.drev@izvrs.si

IZVRS

Hajdrihova 28 c, 1000 Ljubljana

Znanstveni članek

UDK 628.353

Povzetek | V kanalizacijskih sistemih se v omočenem delu cevi in delno nad njim razvije biofilm, ki ima svojo samočistilno sposobnost, podobno kot na čistilnih napravah ali v rekah. Na razvoj in stabilnost biofilma vplivajo številni faktorji. V kanalizacijskem sistemu se dogajajo neprestane spremembe pretokov in kakovosti vode, ki so odvisne od porabe vode, proizvodnje, padavin idr. Na biofilm tako vplivajo odpadna voda, ozračje v kanalu, podlaga, usedline, temperatura, biokemijska in kemijska potreba po kisiku itd. Biofilm je zato zelo heterogen po sestavi, strukturi, zunanjem videzu in odvisen od prevladujočih pogojev v cevi. Zato je tudi samočistilna sposobnost različna. V kanalizacijskih sistemih prevladujejo predvsem heterotrofni mikroorganizmi. Kanalizacijski sistem smo obravnavali kot cevni reaktor. Na dveh različnih sistemih smo opazovali biofilm s TV-kamero in ugotavljali njegovo stanje po določenem času obratovanja le-tega. Izračunali smo masno bilanco kisika na določenem odseku cevne sistema.

Summary | In a dry flow of sewage systems, in a wet part of the pipe and partially above it, there develops a biofilm with self purification ability, similar as in the waste water plants or in rivers. The development and the stability of the biofilm are influenced by numerous factors. The changes of the water flow and water quality appear continually depending on water consumption, production, rainfall, etc. The biofilm is also affected by waste water, the atmosphere in the channel, substrates, sediments, temperature, biochemical and chemical demand of oxygen, etc. Therefore, the biofilm is very heterogeneous due to composition, structure, external appearance and is influenced by the prevailing conditions in the pipe. Thus, self purification is much diversified. In the sewage systems heterotrophic microorganisms, which decompose and form new compounds, prevail. We considered a sewage system as a pipe reactor (plug flow). On two separate sewage systems we monitored a biofilm by TV camera and tried to define its state after a specified time of functioning. In such a way the mass balance of oxygen at a given section of pipe could be calculated.

1 • UVOD

Zaradi obremenjevanja okolja z odpadnimi vodami je pomembno, da spremljamo vsa dogajanja že pri vstopu odpadne vode v kanalizacijski sistem (KS) in jo opazujemo vse do čistilne naprave (ČN) ali izpusta v naravo. V kanalizacijski sistem vstopajo mikroorganizmi že z odpadno vodo, nato se njihovo število vzdolž kanalizacijskega sistema in na čistilni napravi lahko načrtno povečujejo. Mikroorganizmi so lahko v lebdečem stanju ali pritrjeni na podlago. Slednji predstavljajo biofilme, ki se razvijejo povsod, kjer je površina v stiku z vodo. Fizikalni, biološki in kemijski procesi nastopijo in potekajo že med samim transportom odpadne vode. Zato je nujno, da kanalizacijski sistem vključimo kot enakovreden, celosten čistilni proces, ki ima

pomembno funkcijo pri zaščiti voda. Proces razgradnje v KS so večinoma ugodni, ker zmanjšajo vsebnost organskih komponent in s tem obremenitev čistilnih naprav ali predvsem vodotokov. Samočiščenje v KS pa je lahko tudi delno problematično, saj lahko odstrani tudi tisti del biorazgradljivih snovi, ki je koristen na ČN, na primer, ko se delno odstranjujeta dušik in fosfor. Kadar pride do anaerobnih razmer v KS, pa se lahko pojavljajo tudi sulfid, metan in drugi plini, ki povzročajo korozijo na ceveh in druge negativne pojave.

Samočistilni procesi v KS se šele zadnjih nekaj let intenzivno raziskujejo. Kanalizacijske cevi dejansko predstavljajo potencialno velik dodaten volumen in površino za čiščenje odpadne vode. Obravnavali bomo predvsem

stacionarno stanje biofilma v mešanem KS in v kanalih z odpadno vodo pri ločenem sistemu. Čeprav so osnovni kemični in biološki procesi v KS delno že znani iz delovanja na ČN, pa je zaradi boljšega poznavanja medsebojnega delovanja in kvantifikacije potrebno dogajanje preučiti natančneje na mikroravni. Ker je v KS pri samočiščenju najpomembnejši biofilm, je pomembno poznati kinetiko biofilmov in odgovoriti na naslednja vprašanja: kakšna je sestava odpadne vode, katere vrste samočistilnih procesov se odvijajo v kanalizaciji, ali lahko kvantificiramo potek procesov razgradnje, področja kanalizacije in robni pogoji, ki omejujejo proces razgradnje, kakšno vlogo ima biofilmska plast na procese razgradnje, lastnosti biofilmske plasti in usedlin ter erozija biofilma, kisikova bilanca ter kvantificiranje procesov in/ali lahko kanalizacijske samočistilne procese opišemo z matematičnimi modeli idr.

2 • MATERIALI IN METODE

Vse fizikalne, kemijske, biokemijske in biološke procese čiščenja, ki vplivajo na količino, sestavo in lastnosti odpadnih snovi v vodnih sistemih in/ali vodnem okolju, spadajo k procesom samočiščenja (avtopurifikaciji) voda. Danes vemo, da so pri tem ključne energetske in snovne spremembe oziroma kroženje energije in snovi v biotopu. Biofilmsko plast so imeli najprej za sovražno tvorbo, saj je predstavljala stalno nevarnost za oskrbovalce sistemov in splošno higieno. Biofilm je skupina mikroorganizmov, obdanih s sluzjo, ki jo sami izločajo, in so pritrjeni na trdo ali živo podlago. Pri odpadni vodi njihovo možnost izkoriščamo za čiščenje in samočiščenje. V preteklosti so si mikroorganizme v biofilmu predstavljali kot neurejen skupek bakterij, ki niso razvrščene v določeni strukturi ali po določenem vzorcu. Novi mikroskopski postopki povečave biofilmov brez predhodnega razkroja želatinaste strukture so omogočili odkritje kompleksne strukture biofilmov. Čeprav imajo mikroorganizmi – bakterije – v biofilmu popolnoma enako genetsko zasnovo kot njeni prosto plavajoči bratranci, se njihova biokemija zelo razlikuje zaradi prehoda na različno skupino genov, na primer, do 40 % beljakovin stene celic se razlikuje med bakterijami v biofilmu in prosto plavajočimi bakterijami. Biomasa nastaja na račun alohtonih in avtohtonih razgradljivih snovi. Nastajati začne, če je

v vodi dovolj anorganskih hranil, kisika in toplote.

Za mineralizacijo organske snovi ali pa za rast novih celic je treba prevzeti organsko snov v notranjost celice, kjer se odvijajo najpomembnejši biokemijski procesi. Poleg nove celične substance nastajajo produkti mineralizacije, kot je na primer amonijak. Če so bakterije sposobne delovanja samo v navzočnosti kisika, jih imenujemo aerobne bakterije. Nekatere oblike bakterij pa so sposobne življenja tako, da kisik odtegujejo spojinam, ki so bogate na kisikovih spojinah, na primer nitratih, in jih zato imenujemo nitrifikatorji. Druge vrste bakterij pa spremenijo svoj način delovanja pri pomanjkanju kisika v aerobni potek in organske snovi ne oksidirajo več popolnoma, ampak le delno, in tako izločajo kisline ali alkohole. Take bakterije imenujemo fakultativno anaerobne bakterije. Poznamo še obligatne anaerobne bakterije, za katere je raztopljen kisik toksičen, in ki razgradijo organsko snov le do še relativno energetsko bogatih kislin in alkoholov.

Bakterije so sestavljene v pretežni meri iz vode (ca. 80 %), ostanek je organska snov. Ta sestoji približno 50 % iz beljakovin, 10–20 % predstavljajo celične kisline, ostanek pa je razdeljen na maščobe ali maščobam podobne snovi ter polisaharide v membranah in steni celice. Stena celice same vsebuje do

20 % skupne organske snovi. Od elementov prevladuje ogljik, sledijo pa mu kisik, dušik, vodik in fosfor.

Biofilm izkazuje tudi visoko stopnjo organiziranosti, kjer mikroorganizmi tvorijo strukturirane, koordinirane in funkcionalne združbe. Funkcionirajo kot nekakšen rudimentarni večcelični organizmi (kolektivi). Biofilm je sestavljen še iz aerobnih vodnih kanalov in anaerobnega tkiva.

V kanalizacijskih sistemih prevladujejo predvsem heterotrofni mikroorganizmi, ki razgrajujejo in tvorijo nove spojine. Kanalizacijsko cev lahko shematsko razdelimo na 4 podpodročja: kanalizacijsko ozračje, odpadna voda, biofilm in usedline, ki medsebojno vplivajo drug na drugega – slika 1 ((Gardsal, 1994), (Wilderer, 2001)):

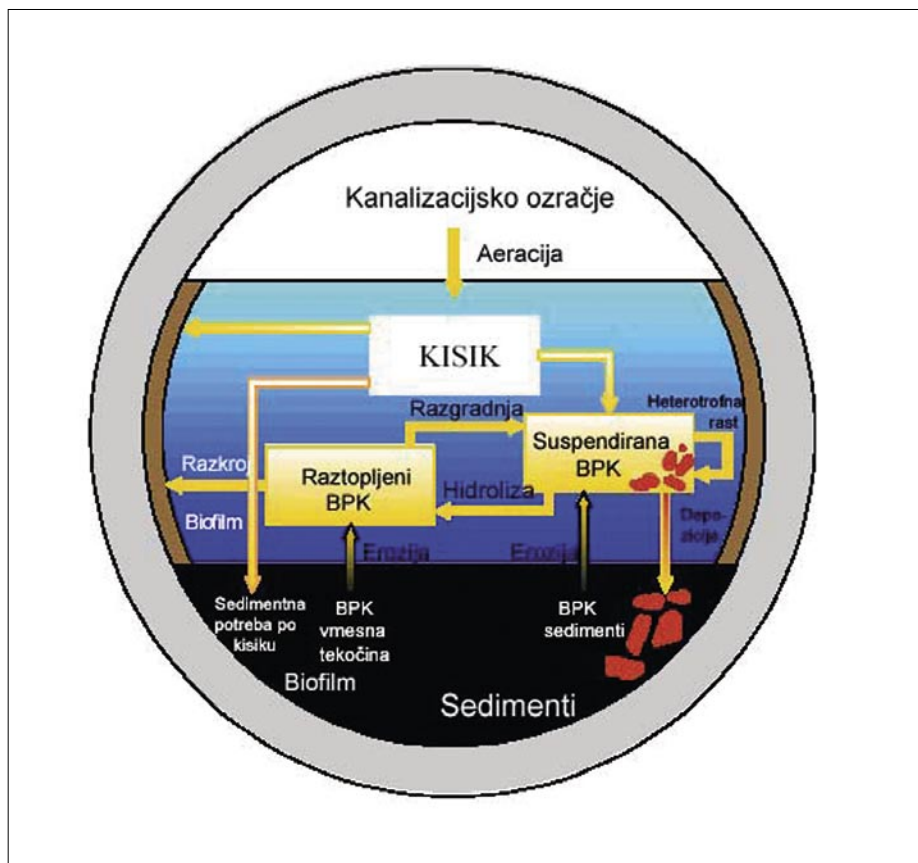
- **Kanalizacijsko ozračje.** Večino volumna ob sušnem vremenu v ceveh predstavlja zračni del. Vsebnost oziroma kakovost zraka je odvisna od kvalitete kanalizacije (učinek dimnika).
- **Odpadna voda.** Ta zavzame večji del leta pri mešanem sistemu približno 10 % celotnega volumna cevi. Seveda se ta odstotek spreminja v odvisnosti od vrste sistema, porabe vode, industrijske proizvodnje, vremenskih razmer itd., kar za biofilm, ki se razvije v omočenem območju odpadne vode in delno nad njim (zaradi zadostne vlažnosti), v ravnotežnem stanju ni več zelo pomembno.
- **Usedline.** Usedline se pojavijo predvsem v primeru premajhne odtočne hitrosti odpadne vode v slabo zgrajenih kanalih in v novih

soseskah, ki še niso »polno« naseljene. Usedline se morajo izpirati bodisi z izpiralnimi vozili ali na drug ustrezen način.

• **Biofilm.** Kanalizacijski biofilm ali biofilmska plast se razteza znotraj kanalizacijskih cevi. Biofilm preprečuje splakovanje bakterij, predstavlja tudi zaščito v primeru izjemnih razmer, kot so suša in bakteriofagi.

Na medsebojno obnašanje omenjenih štirih področij vplivajo tudi naslednji faktorji: dimenzije, padci, nagibi, stenska hrapavost, temperatura ter zračni tlak, dotok odpadnih vod, infiltracija vode in dotoka padavinske vode in dimenzije cevi, topnost kisika, pH, sulfati, metan idr. (Škrbec, 2005). Sestava sveže odpadne vode se razlikuje od odpadne vode, ki potuje po kanalizaciji že več ur. Tako je predvsem zaradi mikrobiološke rasti in dihanja v odpadni vodi in v biofilmski plasti, topljivosti, encimski hidrolizi makromolekul ter hidravličnih strižnih silah, ki nastopajo vzdolž KS. Tako ima gospodinjstva odpadna voda svetlosivo barvo, medtem ko je za razpadajočo vodo značilna temnosiva do črna barva. Popolnoma drugačen vonj in barva sta značilna za industrijsko vodo, pa tudi za odpadno kmetijsko vodo (Panjan, 1999). Na sestavo odpadne vode vplivajo številni faktorji, kot so priključena industrija in obrt, število priključenih prebivalcev ter njihov življenjski standard, priključene prometne površine, količina infiltracijske podzemne vode. Gospodinjstva odpadna voda ima zelo kompleksno sestavo, ki temelji na organskih in anorganskih snoveh. Tako lahko tudi anorganske snovi (pesek, zeoliti ipd.), maščobe in druge snovi (kovine) odločilno vplivajo na lastnosti in delovanje biofilma. Naše raziskave so pokazale, da je razvoj biofilma odvisen tudi od vrste materialov, iz katerih je zgrajen kanalizacijski sistem, ter same konstrukcije kanalizacije. Tako smo izvedli obsežne preskuse rasti biomase na različnih nosilcih. Pri tem smo na primer ugotovili, da se na anorganskih nosilcih, na primer betonskih cevih, razvije bistveno več biofilma kot na inertnih nosilcih (plastične cevi).

Razvoj biofilma je najbolj odvisen od površine podlage, hrapavosti, hitrosti vode in količine hranil (substrata) itd. Biofilm se zgradi tako, da se takoj po stiku z vodo na površino čiste podlage (cevi) zalepijo organske molekule. Planktonske (prosto plavajoče) bakterije se najprej zalepijo z elektrostatičnimi privlačnimi silami. Tako se najprej stena celice zalepi z elektrostatičnimi privlačnimi silami, nato pa se še nekatere celice trajno zalepijo na površino z ekstracelularnimi (zunajceličnimi)



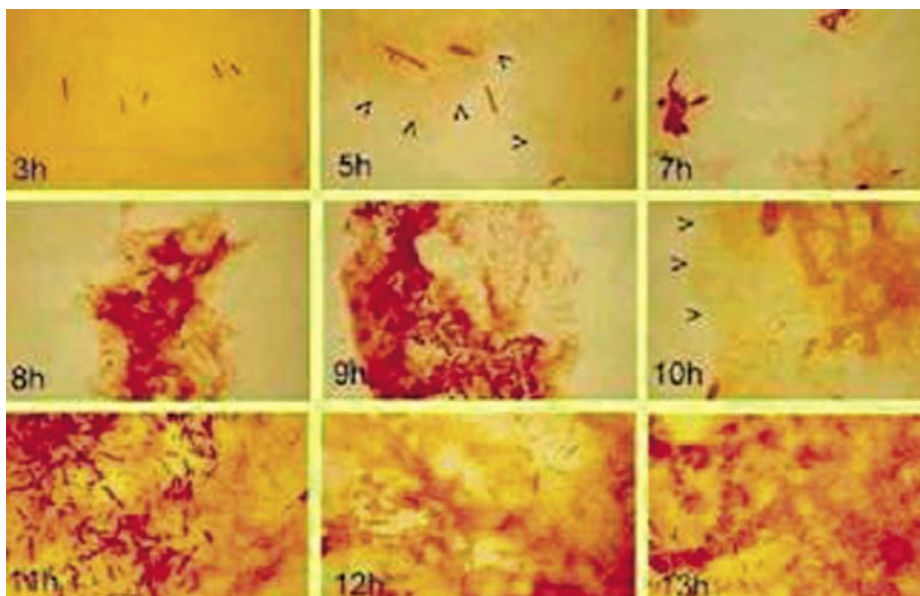
Slika 1 • Shematski prikaz področij v kanalizacijski cevi (Gardsal, 1994)

polimernimi snovmi ali pa z lepljivimi polimeri. Takemu načinu pritrjevanja pravimo lepljenje »pionirskih« bakterij. Sluz nato nastaja tako, da ekstracelularni polimeri, ki so sestavljeni iz naelektrenih in nevtralnih polisaharidnih skupin, celico cementirajo na steno podlage. Delujejo kot sistem ionske izmenjave za lovljenje in koncentriranje hranljivih snovi iz vode. Akumulacija hranljivih snovi omogoča razmnoževanje in razraščanje pionirskih celic. Hčerinske celice potem izdelajo svoj lastni eksopolimer, kar zelo poveča površino ionske izmenjave. S tem se ustvari precej hitro cvetoča kolonija bakterij. V zrelem biofilmu je večina volumna (75–95 %) zasedena z ohlapno organizirano polisaharidno matriko, ki je napolnjena z vodo. Ta vodena sluz je vzrok želatinaste spolzkosti površin, pokritih z biofilmom. To je kompleksna, metabolično kooperativna skupnost, sestavljena iz različnih vrst, ki živijo v lastni majhni, po svoji meri izdelani niši, ki je izredno prilagojena »neprijaznemu okolju«. Pod aerobnim biofilmom se lahko razvije anaerobna plast. Z naraščanjem debeline iz mirnega področja na stenah podlage (cevi) v področje bolj turbulentnega pretoka se nekatere celice odlučijo. Te proste

celice lahko potem kolonizirajo nižje ležeče podlage. Za razvoj povsem delujočega biofilma je – odvisno od sistema – potrebnih nekaj ur ali nekaj tednov (Huisman, 2001).

Mikroorganizmi potrebujejo za tvorbo biofilmske plasti energijo, hranilne sestavine in življenjski prostor, da jih ne bi povsem odplavilo. Tako se lahko razvijejo tudi počasneje rastoče anaerobne bakterije, kot so metan in žveplo reducirajoče bakterije, ki tvorijo v tem času večjo populacijo mikroorganizmov. Odplaknjena biofilmska plast pa poveča koncentracijo biomase v odpadni vodi dolvodno. Večina mikroorganizmov je pritrjena in raste na površini cevi. Tvorba biofilma, ki, časovno gledano, lahko nastane v nekaj urah kakor tudi v nekaj tednih, se odvija v treh fazah: začetno sprejemanje na podlago, tvorba prvih formacij in razraščanje – slika 2.

Premične bakterije plavajo v smeri višjih koncentracij hranilnih snovi, ki se nahajajo na stenah podlage. Številne od njih celo spreminjajo obliko celice, da bi povečale privlačnost površin. Ko celica bakterije doseže površino neke podlage, se zasidra nanjo. Po vezavi na podlago pride do produkcije ekstracelularnega materiala.



Slika 2 • Kronološki prikaz razvoja biofilma, opazovanega s pomočjo mikroskopa

Ekstracelularni biopolimeri so predvsem zgrajeni iz polisaharidov in vode (~90 %). Osnovna enota je običajno zgrajena iz dveh ali treh sladkorjev. Divalentni kation lahko tvori elektrostatske mostove med karboksilnimi in sulfatnimi skupinami polisaharidov, kar stabilizira biofilm. Med dozorevanjem se debelina biofilma vse bolj veča in prehaja v turbulentni pretok. To pa navadno povzroči, da se nekatere celice odlušči, postanejo proste

in lahko kolonizirajo na nižje ležeče podlage (Allison, 2000).

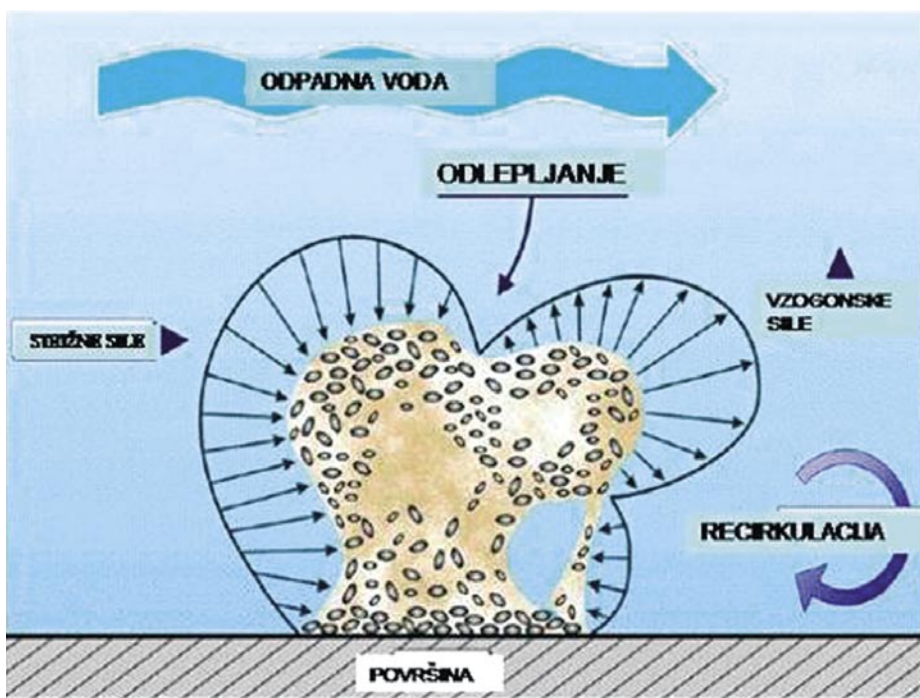
Omejevanje količine razpoložljivih hranljivih snovi zavira rast bakterij, vendar za življenje številnih bakterij zadoščajo majhne količine organske snovi. Teoretično samo 1 ppb organske snovi v vodi zadošča za nastajanje 9500 bakterij/ml. Prav tako za rast zadoščajo že nizke količine kisika. Biofilm doseže ravnotežno debelino, ki je odvisna od hitrosti

tekočine in koncentracije hranljivih snovi. Ob predpostavki, da je dovolj hranljivih snovi, bo debelina biofilma približno enaka globini laminarne plasti tekočine. S povečanim pretokom oziroma hitrostjo upada debelina biofilma. Pri hitrosti 2 m/s se debelina biofilma omeji na 50 μm . Biofilm lahko zraste do 100 plasti posameznih celic bakterij. Aerobne bakterije v bližini zunanjih površin biofilma porabljajo kisik. Če je biofilm debel, se bo kisik porabil in se bo na površini cevi ustvarilo anaerobno področje.

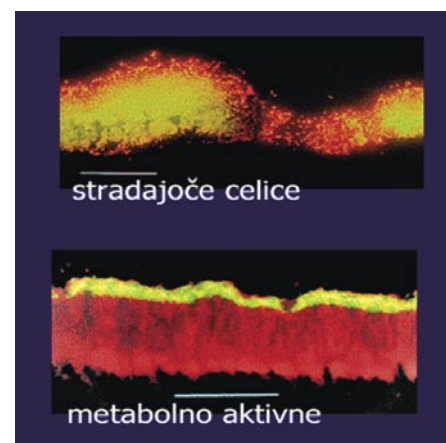
V primerjavi s prosto plavajočimi planktonskimi bakterijami so bakterije v biofilmu lahko od 150- do 3000-krat odpornejše na strupene snovi, kot so npr. prosti klor idr.

Hitrost vode omejuje debelino biofilma. Višja hitrost vode ne preprečuje lepljenja bakterij in tudi ne zadošča za popolno odstranitev obstoječega biofilma. Kljub hitrosti je pretok vode najnižji na površini podlage. Celo takrat, ko je pretok v središču cevi turbulenten, je na površini podlage hitrost vode teoretično enaka ničli. V laminarnem sloju – ob površini podlage – je zato debelina plasti biofilma enaka maksimalni debelini biofilma – slika 3.

V biofilmski plasti najdemo vse reakcije dušikovega cikla, razen fiksacije dušika. Nitrifikacijske bakterije so prisotne v biofilmski plasti, vendar je njihova koncentracija približno 1000-krat manjša od koncentracije heterotrofov. Nitrifikacija igra tako le manjšo vlogo pri biofilmskih procesih. Morfologija biofilma opisuje njegovi fizično obliko in notranjo zgradbo. Pomembna je za razumevanje interakcij z zunanjim okoljem (kot je zunanji masni transport) ter funkcijo biofilma.



Slika 3 • Vpliv hidrodinamičnih sil na biofilm; <http://www.sewer.dk/WATS.htm>

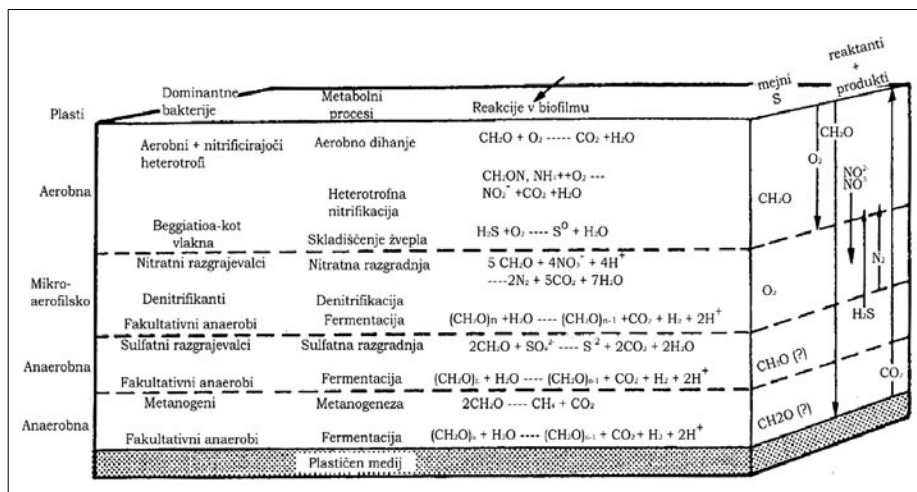


Slika 4 • Metabolna aktivnost celic v biofilmu

3 • ANALIZA DELOVANJA BIOFILMA IN MASNA BILANCA

Zrela biofilmska plast je zelo kompleksna, kar se tiče mikroorganizmov, mikrobiološke zgradbe in procesov. Sestavljena je iz relativno trdne in urejene bazne plasti in manj trdne plasti z nepravilno topografijo. Če pogledamo vertikalno zgradbo, se pojavijo procesi dihanja že nekaj milimetrov pod površino plasti. Z globino se spreminjajo tudi morfologija in dinamika ter vrsta procesov. Splošno je v veljavi naslednji opis topografije (Saldanha, 2002). Na površju biofilma so makropore, ki jih imenujemo tudi vodni kanali. Ti kanali pospešijo in olajšajo prehod snovi skozi biofilm. V gravitacijskih kanalih je biofilmska plast nekaj milimetrov debelejša, njena rast pa je edinstvena v primeru močnega organskega onesaženja in velikih odtočnih hitrosti. Absorpcija kisika ni skoraj nič odvisna od koncentracije le-tega v odpadni vodi, čeprav je prehod kisika velik. Omembe vredno je tudi to, da biofilmska plast ne raste le na steni cevi pod gladino odpadne vode, temveč tudi na stenah kanalizacijskega ozračja (Heydorn, 2000). Tu biofilm lahko obstane zaradi visoke stopnje nasičenja z vlago in aerosolnega dovajanja hranil. Tako je ta vrsta biofilmske plasti najizrazitejša pri kaskadah in drugih delih, ki tvorijo aerosole. Na sliki 5 so prikazani vertikalni sloji biofilmske plasti, dominantne bakterije, metabolni procesi in reakcije in reaktanti.

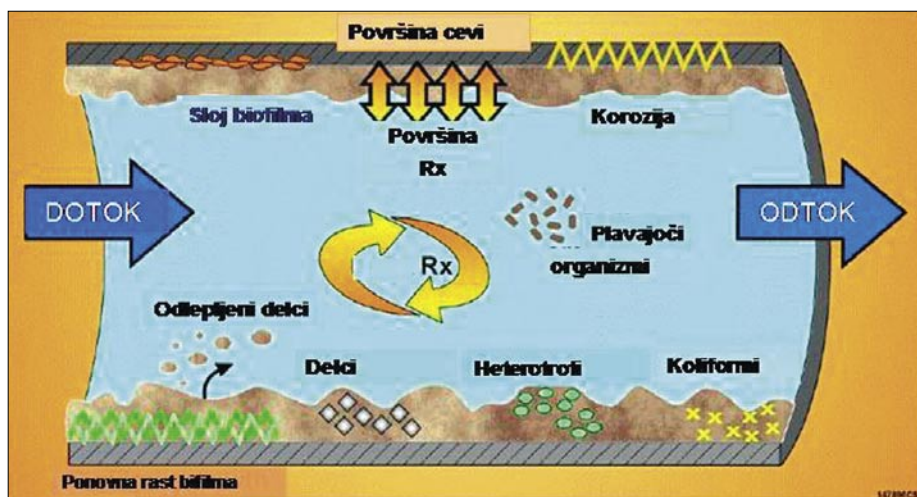
Prostorska razporeditev različnih fizioloških mikroorganizmov odločilno vpliva na lastnosti biofilma. V biofilmu so prisotni večinoma heterotrofni mikroorganizmi, njihova porazdelitev je dokaj konstantna. Število fakultativnih bakterij raste od površja proti globlji plastem. V površinskih slojih biofilma znaša število omenjenih bakterij 10^7 – 10^8 cm^{-3} , medtem ko jih je v globlji plasteh več, 10^9 – 10^{10} m^{-3} . Populacija nitrificirajočih bakterij znaša 10^4 – 10^6 organizmov/ cm^3 . Vse bakterije v zgornjih slojih so aktivne, medtem ko je v spodnjih slojih aktivnih le 15–25 % živih organizmov. Drugi so v fazi mirovanja. Specifična masa biofilma z globino narašča, in sicer od $14 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ v zgornjih slojih do $97 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ suhe mase snovi v globlji plasteh. Poročnost debelejših biofilmov ($> 500 \mu\text{m}$) z globino pada. V zgornjih plasteh biofilma znaša med 83–92 %, v spodnjih plasteh pa 57–64 %. Raziskave kažejo, da je najvišja celotna kanalizacijska poraba kisika $80 \text{ g} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{d}^{-1}$. S procesom dihanja v odpadni vodi in empiričnim računanjem difuzije kisika iz kanalskega ozračja so lahko določili povprečno biofilmsko stopnjo porabe. Ta



Slika 5 • Vertikalni sloji biofilmske plasti (Huisman, 2001)

znaša približno $8,4 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ kisika in je odvisna od temperature. V laboratorijskem biofilmskem reaktorju so s pravo odpadno vodo dobili drugačne rezultate. Ti so znašali od 29 do $43 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ kisika. Manandhar in Schroeder (Manandhar, 1995) sta testirala obnašanje umetne odpadne vode v pravokotnem kanalu dolžine 90 metrov. Rezultati so pokazali, da se je stopnja nitrifikacije zmanjšala z 1,5 na $0,5 \text{ g} (\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1})$ dušika, ko sta se KPK in skupna dušikova obremenitev povečala s 17 g KPK $\text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ in $1,8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{d}^{-1}$ dušika na 62 g KPK ($\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1}$) in $8 \text{ g} (\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1})$ dušika. Denitrifikacija pa se je povečala z $0,09 \text{ g} (\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1})$ dušika na $0,5 \text{ g} (\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1})$ dušika. Treba je omeniti, da je bila temperatura 30°C . Nekoliko drugačen kanalizacijski koncept sta opravila Tanaka in Vollertsen (Hvifved, 1999). Biofilm sta

gojila na polipropilenskih ploščah in ga naknadno vgradila v kanal dolžine 3 metrov. Ker sta za substrat uporabila glukozo, je biomasa za prilagoditev potrebovala nekaj časa. Kmalu nato sta sledili meritvi aktivnosti celotne in delne biomase. Aktivnost biomase biofilmske plasti je znašala od $18 \text{ g} (\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1})$ kisika pri 20°C in $25 \text{ g} (\text{m}^2 \cdot \text{d}^{-1})$ kisika pri 28°C . Naslednji korak v prepoznavanju naravnih samočistilnih procesov je dodajanje aktivnega blata na začetku kanala in vpihovanje zraka oziroma kisika na določenih točkah. Na ta način se glavni kanal spremeni v sistem cevne reaktorja (plug flow), glej sliko 10. Ker so bakterije izpostavljene višjim količinam substrata kot pri zvezno odtočnih reaktorjih, je hitrost porabe kisika praviloma večja.



Slika 6 • Prikaz sistema kot cevne reaktorja (plug flow)

Razpon aerobnih transformacij je precej odvisen od kvalitete odpadne vode, zunanjih procesov in pogojev v kanalizaciji. V obsežnih raziskavah so ugotovili porabo kisika 2–20 g (m³ · h⁻¹).

Masna bilanca snovi v kanalizacijskem sistemu

Pri masni bilanci nas zanimajo različne snovi, kot so na primer kisik, hranila dušik (N) in fosfor (P), kemijska potreba po kisiku (KPK), biokemijska potreba (BPK₅) itd. Najprej si zapišemo masno bilanco snovi v splošni obliki:

V prvem koraku si oglejmo dinamično in statično stanje kisika.

$$\text{AKUMULACIJA} = \text{VTOK} - \text{IZTOK} - \text{PRETVORBA}$$

$$\text{Akumulacija} = \text{vtok} + \left[\text{površinska reaeracija} \right] - \text{iztok} - \left[\text{pretvorba z biofilmom} \right] - \left[\text{pretvorba v raztopini} \right] \quad (1)$$

Dinamično stanje

Na določenem odseku kanalizacije je masna bilanca sestavljena iz naslednjih elementov (Hvitved, 1999):

kjer je:

$$\left(\frac{\partial C_o}{\partial t} \right) = \bar{u} \cdot \left(\frac{\partial C_o}{\partial x} \right) + k_t \cdot \frac{w}{A_{cr}} \cdot (C_o^* + C_o) - r_{o,f}^n \cdot \frac{P_w}{A_{cr}} - r_{o,w} \quad (2)$$

t – čas (s)

$\bar{u}$ – povprečna hitrost (m · s⁻¹)

x – dolžinska koordinata (m)

$r_{o,w}$ – stopnja pretvorbe pri suspendirani biomasi (g_{O2} · m⁻³ · s⁻¹)

$r_{o,f}^n$ – površinska stopnja biofilmske porabe kisika (g · m⁻² · s⁻¹)

A_{cr} – prerez področja (m²)

A_f – omočeno področje biofilma (m²)

P_w – omočeni obod (m)

k_t – hitrost prenosa mase v tekoči fazi (m · s⁻¹)

w – širina površja (m)

C_o – koncentracija kisika v tekočini (mg · l⁻¹)

C_o – koncentracija kisika v ravnotežju z atmosfero (kg · l⁻¹)

Statično ravnotežje

Statično ravnotežje mase je lahko dober približek, ko je akumulacija majhna v primerjavi s transportom in pretvorbo in ko so karakteristični časi meritev veliko krajši od sprememb toka.

Stalna bilanca kisikove mase v kanalizaciji z infiltracijo podtalne vode ali tuje vode (drenažna voda, podtalnice idr., ki lahko vplivajo na ravnotežje mase), a brez akumulacije, je lahko izražena kot sledi (Hvitved, 1999):

V ravnotežnem stanju pa je:

$$\text{VTOK} = \text{IZTOK} + \text{PRETVORBA}$$

$$\text{Vtok} + \left[\text{površinska reaeracija} \right] + \left[\text{infiltracija podtalnice} \right] = \text{iztok} + \left[\text{respiracija biofilma} \right] + \left[\text{respiracija suspenzije} \right] \quad (3)$$

$$Q_{out} \cdot C_{O,out} + r_{O,f} \cdot A_f + r_{O,w} \cdot \bar{Q} \cdot t = Q_{in} \cdot C_{O,in} + k_t a \cdot (C_o^* - \bar{C}_o) \cdot \bar{Q} \cdot t + Q_{gw,inf} \cdot C_{O,gw} \quad (4)$$

$$\phi_{O,out} + \phi_{O,f} + \phi_{O,w} = \phi_{O,in} + \phi_{O,surf} + \phi_{O,gw} \quad (5)$$

kjer je ϕ_o vnos kisika (kg · d⁻¹) oziroma:

$Q_{out} \cdot C_{O,out} = \phi_{O,out}$ – delež kisika na iztoku (kg · d⁻¹)

$r_{O,f} \cdot A_f = \phi_{O,f}$ – biofilmska respiracijska aktivnost (kg · d⁻¹)

$$\begin{aligned}
 r_{O,w} \cdot \bar{Q} \cdot t &= \Phi_{O,w} && \text{– respiracija suspendiranih snovi v odpadni vodi (kg \cdot d^{-1})} \\
 Q_{in} \cdot C_{O,in} &= \Phi_{O,in} && \text{– vnos kisika na vtoku (kg \cdot d^{-1})} \\
 k_{la} \cdot (C_{O}^* - \bar{C}_O) \cdot Q \cdot t &= \Phi_{O,surf} && \text{– navzemanje kisika (kg \cdot d^{-1})} \\
 Q_{gw,inf} \cdot C_{O,gw} &= \Phi_{O,gw} && \text{– infiltracija podtalne vode (kg \cdot d^{-1})}
 \end{aligned}$$

kjer so:

- $\bar{Q}$ – povprečen odtok ($m^3 \cdot s^{-1}$)
- Q_{in}, Q_{out} – dotok, odtok ($m^3 \cdot s^{-1}$)
- $Q_{gw,inf}$ – infiltracija podtalnice ($m^3 \cdot s^{-1}$)
- A_r – omočeno področje biofilma (m^2)
- t_r – čas (s)
- k_{la} – koeficient ponovne aeracije (s^{-1}), kjer je a področje površja s specifično izmenjavo ($m^2 \cdot m^{-3}$) = w/A_{cr}
- $C_{O,gw}$ – koncentracija kisika v podtalni vodi ($mg \cdot l^{-1}$)

Nihanja kisika v KS so merjena z različnimi metodami. Bilance kisika pod različnimi hidrodinamičnimi pogoji so pokazale, da lahko relativni prispevek biofilma, odpadne vode, ponovne aeracije in vtoka ter iztoka z vodo močno niha. KPK-pretvorba v kanalizaciji bi lahko bila določena iz aerobne aktivnosti. Aerobno aktivnost se da meriti z respirometrom kot stopnjo vsrkanja kisika (r_O).

Spremembe koncentracij posameznih sestavin odpadne vode (ogljikovi hidrati, dušikove

komponente, lipidi in maščobe) nakazujejo procese pretvorbe v kanalizaciji, čeprav nam ne dajejo odločilnih informacij o usodi produktov. Uravnoteženje suspendiranih ali raztopljenih komponent bi moralo vključevati tudi sedimentacijo in fiksacijo v obliki biomase (prirasli ali suspendirani). Ob zdajšnji količini znanja je najbolj informativna spremenljivka za zbiranje podatkov o pretvorbi v kanalizacijskem sistemu pretvorba kisika, ker ima osrednjo vlogo in se jo da z lahkoto izmeriti.

Suspendirana biomasa v odpadni vodi na začetku raste. Ko se količina razpoložljivega substrata zmanjša, se stopnja rasti zmanjša. Po enem dnevu je doseženo ravnotežje. Tako obnašanje se lahko preprosto modelira z modelom poživiljenega blata št. 3 (Gujer, 1991), s heterotrofi kot edino biomaso (rezultati niso prikazani).

Na respiracijo odpadne vode (r_O) lahko vplivajo tudi močne dnevne spremembe v sestavi odpadne vode.

4 • VIZUALNI MONITORING BIOFILMA IN RAČUN MASNE BILANCE KISIKA

4.1 Vizualni prikaz biofilma

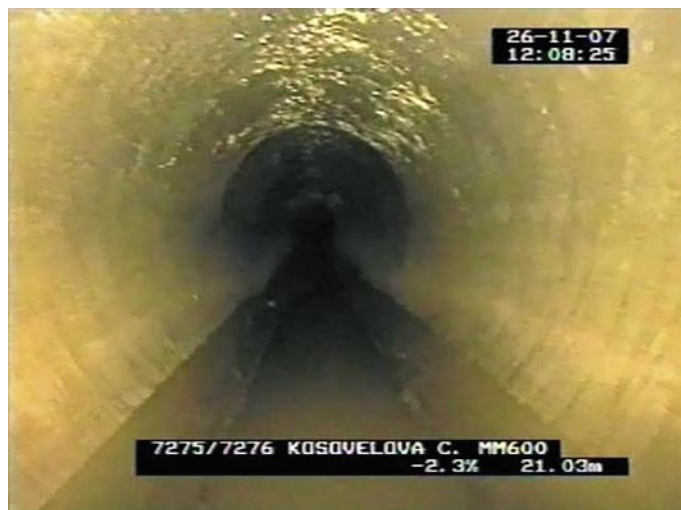
Pri pregledu kanalskih cevi sta sodelovali dve podjetji. S TV-kamero je bila pregledana betonska cev premera Φ 600 mm na odseku dolžine 52,76 m. Kanalizacija je bila vgrajena na tem odseku leta 2002 in posneta s

TV-kamero v t.i. »ničelnem« stanju, nato pa še leta 2006 in 27. 12. 2007 – slika 13. Snemana je bila še betonska cev premera Φ 300 mm v dolžini 30,84 m, vgrajena leta 2000 in tudi posneta s TV-kamero v t.i. »ničelnem« stanju, nato pa še 29. 11. 2007. Iz posnetkov se sicer

vidita obod oziroma višina razvoja biofilma po cevi, ne pa tudi struktura, z bližnjimi posnetki pa so vidne kolonije biofilma.

4.2 Primer izračuna bilance kisika

Za kanalski odsek dolžine 1800 m smo na osnovi enačbe 4 za tri različna datumska vzorčenja na štirih lokacijah, ki so podana v preglednici 1, izračunali bilanco kisika, ki je prikazana v preglednici 2.



Slika 8 • Pogled v notranjosti cevi Φ 300 mm in Φ 600 mm

Parameter	Enote	1. vzorčenje	2. vzorčenje	3. vzorčenje
Pretok	(l · s ⁻¹)	16	7	18
Globina vode	(mm)	83	64	89
Hitrost	(m · s ⁻¹)	0,026	0,023	0,027
Infiltr. podtal.	(l · s ⁻¹)	1	0,42	0
Čas toka	(s)	Mesto 1–2	1510	2040
Čas toka	(s)	Mesto 2–3	1600	2130
Čas toka	(s)	Mesto 3–4	1690	2160
Čas toka	(min)	Vsota	79,7	104,7
Temp.	(°C)	14,8	13,1	13,9
Satur. konc. kisika	(g · m ⁻³)	9,6	10,0	9,8
Konc. kisika	(g · m ⁻³)	Mesto 1	3,33	4,79
Konc. kisika	(g · m ⁻³)	Mesto 2	2,03	3,83
Konc. kisika	(g · m ⁻³)	Mesto 3	1,33	3,37
Konc. kisika	(g · m ⁻³)	Mesto 4	1	3,09
Povpr. konc. O ₂	(g · m ⁻³)	1,8	3,4	1,6
Koef. reaeracije	(d ⁻¹)	8,96	8,88	8,77

Preglednica 1 • Merjene koncentracije in pretoki na 4 krajih v kanalizaciji (Mourato, 2002)



Slika 9 • Prikaz kolonij biofilma na cevi s TV-kamere (Panjan, 2008)

Kisikova masna bilanca (kg · d ⁻¹)									
Vzorčenje	Vnos kisika (kg · d ⁻¹)				Poraba kisika (kg · d ⁻¹)				Razlika
	Vtok	Reaeracija	Podtalnica	Vsota	Odp. voda	Biofilm	Iztok	Vsota	
1.	4,6	5,3	0,13	10,03	-5,5	-3,6	-1,4	-10,5	0,47
2.	2,9	2,6	0,06	5,56	-0,4	-3,1	-1,9	-5,4	-0,16
3.	4,9	5,9	0	10,8	-5,9	-3,6	-1,1	-10,6	-0,2

Preglednica 2 • Rezultati izračunane masne bilance kisika na kanalskem odseku

Lahko vidimo, da so podnevi (vzorčenje 1 in 3) stopnje biofilmske respiracije in respiracije odpadne vode podobne. Ponoči (vzorčenje 2) se je vsrkavanje kisika v biofilm rahlo zmanjšalo, ko je področje zmočenega biofilma postalo manjše. Biofilmska aktivnost ostane visoka kljub pomanjkanju substrata v

odpadni vodi še nekaj ur, verjetno zaradi prisotnosti shranjenega materiala in delcev substrata. Stopnja respiracije odpadne vode pa se je močno zmanjšala. To je povzročil manjši odtok ponoči, posledično je bila zmanjšana erozija biofilma, pa tudi količina fekalij s pomanjkanjem substrata. Nastala razlika med

masnimi pritoki in odtoki, ki pa ne presega 4 % skupne bilance, je lahko posledica netočnih meritev, možnega puščanja kanalizacije, nezveznih meritev, približkov pri izračunih itd. Same napake pri bilanci kisika pa lahko izmerimo z različnimi metodami.

5 • SKLEP

Ena od pomembnih funkcij, ki se danes vse bolj raziskujejo v kanalizacijskih sistemih, so samočistilni procesi. Vsi kanalizacijski predeli, kanalizacijsko ozračje, odpadna voda in biofilm medsebojno vplivajo drug na drugega. Biološka aktivnost odpadne vode je v razmerju s količino prisotnih organskih delcev.

Aktivnost v odpadni vodi je ponoči manjša, ker jo manjša količina hranil omejuje. Odvisna je od veliko faktorjev (padavine, količina in sestava odpadne vode, lastnosti kanalizacijskega sistema). Tako je na primer zelo pomembna ponovna aeracija preko vodne gladine. Določene biofilmske lastnosti in ak-

tivnost se izmerijo samo direktno v KS, dodatne informacije pa še z laboratorijskimi eksperimenti odpadne vode, suspendiranega biofilma in nedotaknjenega biofilma. Eden najpomembnejših faktorjev, ki odločilno vpliva na biofilmsko rast, je koncentracija kisika v odpadni vodi. Aktivnost samega biofilma zajema ponoči približno dve tretjini vse aerobne aktivnosti. Ko pa se koncentracija kisika v odpadni vodi približa ničli, se ustavijo tudi aerobni biofilmski procesi.

Pri nas smo prvič poskušali spoznati biofilm v kanalizacijskih sistemih. S TV-kamero so bili pregledani trije različni odseki kanalov iz betonskih cevi, takoj po zgraditvi kanala in po več letih obratovanja. Ugotovili smo normalen razvoj biofilma. Izračunali smo tudi bilanco kisika na določenem kanalskem odseku pri treh različnih pogojih in vzorčenjih. Izračun kisikove bilance pokaže, da so ob različnih dneh podnevi stopnje biofilmske respiracije in respiracije v odpadni vodi podobne. Ponoči pa se vsrkavanje kisika v biofilm rahlo zmanjša,

ker je področje omočenega dela cevi manjše zaradi manjših pretokov.

Naše raziskave so tudi pokazale, da je razvoj biofilma odvisen od vrste materialov, iz katerih je zgrajen kanalizacijski sistem, ter same konstrukcije kanalizacije. Tako smo izvedli preskuse rasti biomase na različnih nosilcih. Ugotovili smo, da se na anorganskih nosilcih, na primer betonskih ceveh, razvije bistveno več biofilma kot na inertnih nosilcih (plastičnih ceveh).

Članek bazira tudi na rezultatih raziskav razvoja biomase z izboljšanjem procesov

biokemijske razgradnje z dodajanjem specialnih bakterijskih združb in fermentov. Z nekaterimi poskusi z dodajanjem različnih encimskih dodatkov v kanalskih priključkih pred čistilno napravo smo za odpadno vodo iz mlekarske industrije dokazali, da se lahko procesi samočiščenja in čiščenja bistveno povečajo tako v kanalskih sistemih kot na ČN. Zato bodo predmet naših novih raziskav še priključki KS in ČN pri drugih vrstah prehrambne in kmetijske predelovalne industrije.

6 • LITERATURA

- Allison, D. G., Gilbert, P., Lappin-Scott, H. M., Wilson M., Community structure and cooperation in biofilms, Cambridge University Press, 345 strani, 2000.
- Gardsal, H., Ole, M., Jesper, D., Svend, E. J., Mouse Trap, Modeling of water quality processes and interaction of sediments and pollutants in sewers, V: The Sewer as a Physical, Chemical and biological Reactor, Environmental Engineering Laboratory, Aalborg University, Denmark, str. 14, 1994.
- Gujer, W. and Henze M., Activated Sludge Modelling and Simulation, Water Science & Technology 25 (6), str. 257–264, 1991
- Heydorn, A., Nielsen, T. A., Hentzer, M., Sternberg, C., Givskov, M., Quantification of biofilm structures by the novel computer program COMSAT, V: Microbiology, 146, str. 2395–2407, 2000.
- Hvitved Jacobsen, T., Vollertsen, J., Tanaka, N., Wastewater quality changes during transport in sewer – An integrated aerobic and anaerobic modelconcept for carbon and sulfur microbial transformation, V: Water Science & Technology 38 (10), str. 257–264, 1999.
- <http://www.sewer.dk/WATS.htm>
- Huisman, J. L., Transport and transformation processes in combined sewers, Technical University of Munich, 282 str., 2001.
- Mourato, S., Almeida, M., Matos, J., Hvitved Jacobsen, T., Modelling in sewer pollutant degradation processes in the Costa do Estoril sewer system, V: Sewer processes and networks, Paris, France, str. 81–88, 2002.
- Panjan, J., Biofilm v betonskih ceveh in njegova samočistilna sposobnost, UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, IZH, 67 strani, 2008.
- Saldanha Matos, J., Interactions between sewers, Treatment plants and receiving waters in urban areas, V: Water Science & Technology, IWA publishing, 283 strani, 2002.
- Škrbec, M., *Samočistilni in nekateri vzporedni procesi v kanalizacijskih sistemih, diplomska naloga*, Ljubljana, 97 strani, 2005.
- Wilderer, P., Innovative technologies in urban drainage, Technical University of Munich, Editor in Chief Peter Wilderer, 143 strani, 2001.

EKONOMIČNA DEBELINA SLOJEV TOPLOTNIH IZOLACIJ V KONTAKTNO-IZOLACIJSKIH FASADAH OBODNIH STEN

ECONOMICAL THICKNESS OF THERMAL INSULATION LAYERS IN 'ETICS' FAÇADE SYSTEMS

dr. Roman Kunič, univ. dipl. inž. grad.,

FRAGMAT TIM, d. d., raziskave in razvoj

prof. dr. Aleš Krainer,

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo –
FGG, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente – KSKE

Znanstveni članek

UDK 692.2:699.86

Povzetek | Vpliv družbe na okolje je vse intenzivnejši, kar vzbuja povečanje ozaveščenosti in nakazuje potrebo po varčevanju z energijo in varovanju okolja. Ekonomija in svetovno gospodarstvo sta od začetka industrijske revolucije do sedaj slonela na relativno poceni energiji, surovinah in drugih virih. V 21. stoletju bo svetovna ekonomija odvisna od varčevanja z energijo, ekološkega načrtovanja, popravil, recikliranja, ponovne uporabe in izdelave.

Gradbeništvo v vseh državah, in tudi na globalnem svetovni ravni, predstavlja najmanj deset odstotkov v bruto nacionalnem dohodku. S še večjim deležem, vsaj štirikrat večjim, so gradbena dejavnost, uporaba stavb, vzdrževanje in rušenje objektov zastopani pri porabi energije, porabi razpoložljivih surovin in pridelanih odpadkih. Znatni deleži omenjenih porab nastopajo po izgradnji objektov in jih načeloma v analizah oblikovanja in projektiranja ne zajemamo, kar tudi ni v nasprotju s trenutno veljavnimi predpisi in zakonodajo.

Za vrednotenje ekonomske učinkovitosti je bila izdelana primerjalna analiza ekonomskega vrednotenja stroškov v življenjskem ciklusu sistemov kontaktno-izolacijskih fasad, kjer sta bili za cilj izbrani temeljita analiza vplivov debeline toplotne izolacije in priprava instrumentarija za ekonomsko vrednotenje stroškov v življenjskem ciklusu. Z vidika stroškov – po metodi neto sedanje vrednosti (NSV) – so v življenjskem ciklusu primerjani vplivi različnih debelin toplotnih izolacij.

Summary | Increasing impacts of society on the environment have become intensified and encourage the awareness and the need for energy savings and environmental protection. Since the beginning of the industrial revolution, global economy has been supported by relatively cheap energy, raw materials, and other resources. In the 21st century, global economy will be driven by energy savings, eco-design, remanufacturing, reuse, repair, and recycling.

Construction industry represents more than 10 % of the gross national income in all countries as well as on the global level. The building industry and activities, operation, maintenance and demolition of buildings is represented with an even larger part, at least four times larger, in energy use, the use of raw materials and the production of waste. A considerable part of these applications occur after the finalisation of construction and are usually not included in design and planning analysis, and that is not in contradiction with currently valid standards and regulations.

The primary objective of the analysis was to define the connection between the economical efficiency assessment of different ETICS (External Thermal Insulation Composite System) façades and economical investment into larger thicknesses of thermal insulation. The economical efficiency analysis will be modelled by the Net Present Value method (NPV), where a façade system with the impact on different thermal insulation thicknesses will be assessed.

1 • UVOD

Toplotna izolacija je še vedno najpomembnejši in predvsem stroškovno najučinkovitejši način varčevanja z energijo. Minimalna debelina toplotne izolacije, ki je predpisana s standardi, pravilniki ali zakoni, ni v nobenem obdobju bila osnova za najekonomičnejšo izbiro debeline toplotne zaščite. Vedno je bilo na srednji in daljši rok ekonomičneje graditi z debelejšimi sloji toplotne izolacije, kar še posebej velja za obdobja z visoko ceno energije, za stavbe z daljšo življenjsko dobo in za zahteve po višjem toplotnem ugodju. V ta namen je izdelana primerjalna teoretična analiza ekonomskega vrednotenja stroškov v življenjskem ciklusu različnih debelin toplotnih izolacij v fasadah konstrukcijskih sklopov obodnih sten.

Z namenom lažjega sklicevanja in razumevanja rezultatov sta uvedeni naslednji definiciji:

Ekonomična debelina toplotne izolacije določenega konstrukcijskega sklopa je tista debelina, pri kateri dosežemo minimalno neto sedanjo vrednost v celotni pričakovani življenjski dobi ob določeni ceni energije, ceni toplotnih izolacij, višini diskontne stopnje, trendu podražitev energije in ceni toplotnih izolacij.

Optimalna debelina toplotne izolacije s trajnostnega vidika določenega konstrukcijskega sklopa upošteva ekonomično debelino toplotne izolacije, sedanje in tudi prihodnje predvidene vplive zavestnega odločanja za večje varčevanje okolja in zniževanje porabe neobnovljivih virov energije. Torej poleg analize, ki jo zajema ekonomična debelina, pri optimalni debelini toplotne izolacije upoštevamo tudi predvidene trende gibanja cen energije,

toplotnih izolacij, diskontnih stopenj, predvidenih življenjskih dob in načinov ter stroškov recikliranja in deponiranja.

Stroški gradnje, stroški vzdrževanja, stroški porabe energije v življenjski dobi, kakovost bivanja in nivo splošne kakovosti kontaktno-isolacijskih fasad so odvisni od naslednjih spremenljivk:

- debeline toplotne izolacije,
- kakovosti zaključnih in zaščitnih slojev ter pritrdil,
- velikosti fasade, konstrukcije zasnove, kakovosti načrtovanja in projektiranja,
- natančnosti izvedbe detajlov in priključkov, kakovosti vgrajenih materialov ter kakovosti vgrajevanja,
- letnega časa in vremenskih razmer ob vgradnji,
- lokacije objekta, temperaturnega primanjkljaja za to lokacijo kot tudi mikroklima lokacije z vsemi možnimi zastiranjem, senčenjem in izpostavljenosti vetru,
- stroškov dela vgradnje in energije, potrebne za vgradnjo,
- stroškov periodičnih pregledov in rednega vzdrževanja.

Glede na izredno veliko število spremenljivk in s ciljem po čim verodostojnejših podatkih in posledično zanesljivih rezultatih so upoštevani naslednji robni pogoji in metodološke predpostavke:

- iz podatkov o lokaciji objekta (Ljubljana, temperaturni primanjkljaj 3300 K dan, projektna temperatura -13°C , notranja projektna temperatura $+20^{\circ}\text{C}$, ogrevalna sezona 265

dni), iz karakteristik konstrukcijskega sklopa smo v skladu s standardi ((SIST EN ISO 13790), (SIST EN ISO 13789), (SIST EN ISO 6946)) in s pomočjo računalniškega programskega orodja (Krainer, 2009) izračunali specifične izgube energije in posredno vrednosti teh specifičnih izgub na enoto površine (m^2). Stroški teh izgub v kurilni sezoni, brez stroškov ogrevanja sanitarne vode in stroškov ohlajevanja ali klimatizacije, so nam koristili pri ekonomskem vrednotenju različnih debelin slojev toplotnih izolacij;

- vrednost toplotne prevodnosti izolacijskih materialov je predpostavljena kot $0,038 \text{ W}/(\text{mK})$, kar je do 15 % slabša vrednost, kot jo navajajo mnogi proizvajalci. S tem smo želeli doseči stvarne razmere v naravi v primerjavi z razmerami v idealnih ali laboratorijskih pogojih;
- kot nosilni zid je upoštevana mrežasta votla opeka debeline 29 cm z obojestranskim ometom in toplotno prevodnostjo $0,61 \text{ W}/(\text{mK})$;
- sedanja predpostavljena cena energije je $0,11 \text{ EUR}/(\text{kWh})$, cena energije že vključuje izkoristek kurišča in izgube ob prenosu energije;
- privzeta diskontna mera je 5 %;
- konstrukcijski sklop je oblikovan tako, da doseže predvideno življenjsko dobo 60 let z dvakratnim vmesnim popravilom po 20. letu in po 40. letu uporabe.

Z zgoraj omenjenimi predpostavkami smo želeli doseči čim verodostojnejše podatke, zajeti vse možne vplive v čim realnejši intenziteti ne glede na to, kako bi ti kazatelji kasneje vplivali na rezultate in s tem na naša morebitna pričakovanja ali praktične izkušnje.

2 • TEORETIČNE OSNOVE

2.1 Diskontiranje in diskontna stopnja

Stroške in koristi, ki nastajajo v različnih obdobjih, je treba diskontirati. Diskontiranje je postopek določevanja sedanje vrednosti prihodnjih denarnih tokov. Prihodnje vrednosti stroškov ali koristi prevedemo na današnjo raven z uporabo diskontne stopnje. Diskontna stopnja je odstotna mera, s katero izračunamo sedanjo vrednost prihodnjih denarnih tokov (prilivov in odlivov), in pomeni, v kolikšni meri so posamezni bodoči zneski danes manj vredni, odvisno od tega, kako daleč

je realizacija posameznih zneskov časovno odmaknjena, ter od diskontne stopnje, ki jo uporabljamo. Čim dlje v prihodnost so odmaknjeni posamezni zneski in čim višja je diskontna stopnja, tem manjša je njihova sedanja vrednost (Lužnik, 1991).

2.2 Neto sedanja vrednost

Neto sedanja vrednost (NSV, angl. Net Present Value – NPV) je izredno učinkovita in razširjena metoda v vseh oblikah napovedovanj v ekonomiji. Zelo pomembna prednost

te metode je, da življenjsko, uporabno ali služno dobo izdelka ali sistema enostavno prevedemo v ekonomske kazalnike. Metoda omogoča primerjavo celotnih stroškov investicije, pridobivanja surovin, izdelave gradbenih materialov, transporta, izgradnje, uporabe, vzdrževanja, zamenjave, adaptacije, rekonstrukcije, obnove, rušenja, odstranitve, recikliranja in deponiranja v celotnem življenjskem obdobju. S tem orodjem lahko primerjamo različne sisteme oziroma različne konstrukcijske sklope in tudi stroške celotnih objektov. NSV odpravlja slabosti stacionarnega pristopa tako, da ocenjuje stroške in doprine v prihodnjih letih tako, da jih diskontira (prevede) na sedanjo vrednost. Metoda temelji

na spoznanju, da je evro, ki ga bomo prejeli (plačali) v prihodnosti, vreden manj kot evro, ki ga imamo v roki. Torej upoštevamo dejstvo, da je koristnost enega evra danes večja kakor enega evra jutri (Mansfield, 1993). Neto sedanjo vrednost (NSV) določimo po enačbi:

$$\begin{aligned} \text{NSV}_{\text{celotni stroški}} = & \text{NSV}_{\text{nakupa zemljišča}} + \text{NSV}_{\text{projektiranja}} + \\ & + \text{NSV}_{\text{investicij}} + \text{NSV}_{\text{najema kapitala}} + \text{NSV}_{\text{obratovanja}} + \\ & + \text{NSV}_{\text{energije}} + \text{NSV}_{\text{vzdrževanja}} + \text{NSV}_{\text{popravila}} + \\ & + \text{NSV}_{\text{rekonstrukcij}} + \text{NSV}_{\text{odstranitve}} - \text{NSV}_{\text{odprodaje}} \end{aligned} \quad (1)$$

S tem, da prihodnje stroške prevrednotimo na neto sedanjo vrednost po enačbi:

$$\text{NSV} = \sum_{t=1}^n \frac{\text{FT}_t}{(1+r)^t} \quad (2)$$

Kjer predstavlja:

FT_t, stroški obratovanja ali finančni tok (prihodnji strošek ali priliv) v času **t** (EUR)
n, število let (–)
r, letna diskontna stopnja (%)
(1/(1+r))^t, finančni diskontni faktor za diskontiranje finančnega toka v času **t** (–)

Metoda NSV ni uporabna v primeru medsebojne primerjave dveh ali več komponent ali sistemov z zelo različnimi življenjskimi dobami (Brealey, 1991). Življenjska doba vseh elemen-

tov ali sistemov naj bi bila v splošnem daljša od pričakovane življenjske dobe, za katero analizo NSV opravljamo. Pri premoženju, ki ima zelo dolgo življenjsko dobo, se na koncu izbranega ocenjevalnega obdobja upošteva preostanek vrednosti, ki odraža njegovo potencialno tedanje tržno vrednost.

Zelo pogosta napaka vrednotenja posameznih rešitev je odločitev in izbira materiala ali celotnega sistema (objekta) samo na podlagi začetnih stroškov investicije (material, gradnja in s tem povezani stroški). Velikokrat se izkaže, da najugodnejši sistem po nabavni ceni predstavlja izredno drago izbiro zaradi dragega vzdrževanja, kratke življenjske dobe, visokih stroškov energije, rušenja, deponiranja in recikliranja (Krainer, 1977).

3 • PRIMERI VREDNOTENJA STROŠKOV V ŽIVLJENJSKEM CIKLUSU FASAD

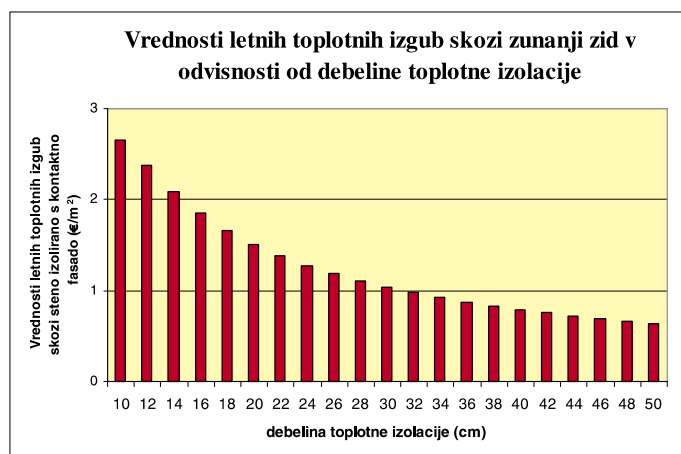
Letni stroški specifičnih toplotnih izgub v eni kurilni sezoni na enoto površine obodnega zidu (slika 1) so od 2,66 EUR/m² pri 10 cm debeli toplotni izolaciji in z debelino padajo na samo 0,64 EUR/m² pri 50 cm debelem sloju toplotne izolacije v fasadnem sistemu konstrukcijskega sklopa obodnega zidu.

Kumulativna neto sedanja vrednost (NSV) toplotnih izgub v 60-letni življenjski dobi (slika 2) znaša od 50,35 EUR/m² pri 10 cm izolaciji in samo 12,07 EUR/m² pri 50 cm debeli toplotni izolaciji obodnega zidu ob predpostavljani diskontni meri v višini petih odstotkov. Iz slik 1 in 2 opazimo, da se tako letni stroški kot tudi NSV toplotnih izgub znižujejo s povečevanjem

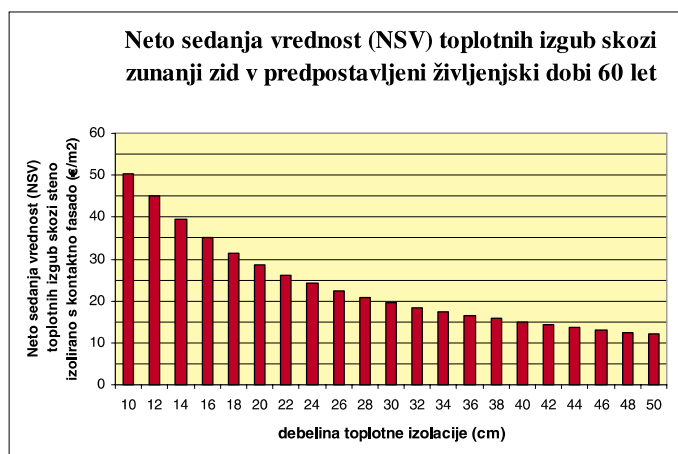
debeline toplotne izolacije, vendar je dodatno zniževanje ob hkratnem povečevanju debeline toplotne izolacije vse bolj zanemarljivo. Pojasniti moramo, da obravnavamo transmisijske izgube na enoto površine skozi obodne stene, brez upoštevavanja ventilacijskih izgub ali energetske bilance celotnega objekta. Iz slik je tudi jasno razvidno asimptotično zniževanje stroškov ob povečevanju debeline toplotne izolacije. Na podlagi obeh slik se tudi težko odločimo za najugodnejšo debelino toplotne izolacije. To bomo lažje naredili s pomočjo sedanje investicijske vrednosti in neto sedanjih vrednosti prihodnjih toplotnih izgub skozi zunanje stene za različne debeline toplotnih izolacij.

Celotna neto sedanja vrednost (NPV) vseh stroškov (investicije, toplotnih izgub in obnovitev) je predstavljena za različne debeline toplotnih izolacij na sliki 3, kjer je prikazana rast stroškov investicije ob povečevanju debeline toplotne izolacije v konstrukcijskem sklopu fasade, hkrati se NSV toplotnih izgub v življenjski dobi zmanjšuje. NSV obnovitev je po predpostavki konstanten in ni odvisen od debeline toplotne izolacije.

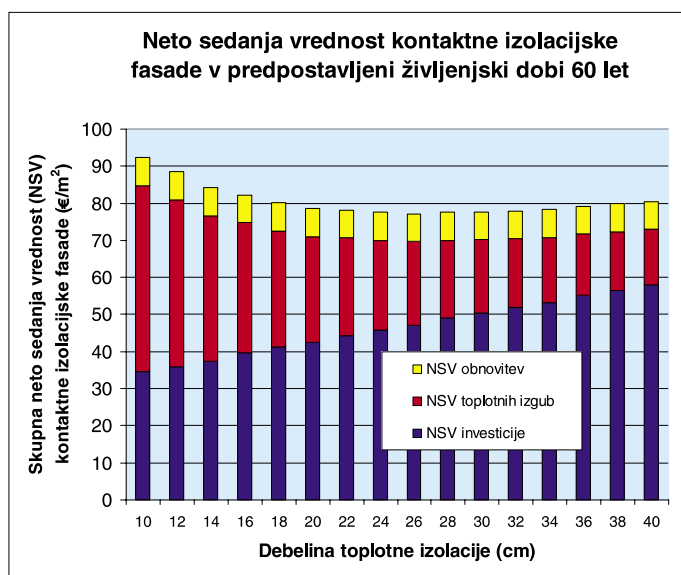
Iz slik 3 in 4 ugotovimo, da je minimalna neto sedanja vrednost za različne debeline slojev toplotnih izolacij v sklopu kontaktne fasade – pri sedanjih cenah energije in drugih omenjenih predpostavkah – dosežena pri debelini toplotne izolacije 26 cm. Vzrok temu, da se NSV stalno ne znižuje z debeljenjem toplotne izolacije, so stroški, povezni z dodatno debelino toplotne izolacije. Zaradi tega investicijska



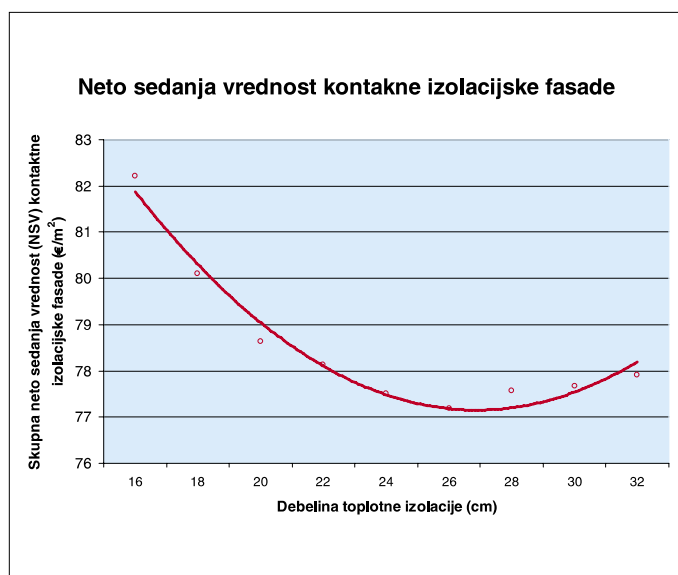
Slika 1 • Vrednosti letnih toplotnih izgub na enoto površine zunanjega zidu, izoliranega s pomočjo kontaktne fasade v odvisnosti od debeline toplotne izolacije



Slika 2 • Skupna kumulativna neto sedanja vrednost (NSV) toplotnih izgub na enoto površine zunanjega zidu, izoliranega s kontaktno izolacijsko fasado v odvisnosti od debeline toplotnih izolacij v predpostavljani življenjski dobi 60 let



Slika 3 • Skupna neto sedanja vrednost (NSV) kontaktno izolacijske fasade v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od debeline toplotne izolacije



Slika 4 • Prikaz minimuma v skupni neto sedanjosti vrednosti (NSV), ki se dogodi za kontaktno izolacijsko fasado ob najekonomičnejši debelini toplotne izolacije 26 cm

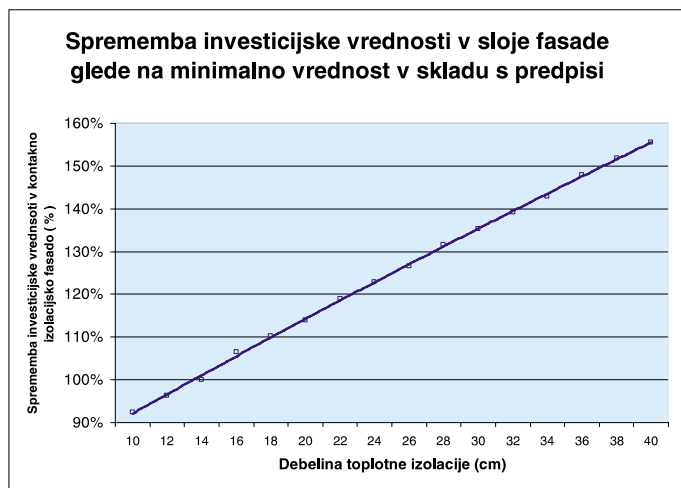
vrednost kontaktno-isolacijske fasade narašča strmeje, kot se znižuje NSV stroškov zaradi toplotnih izgub.

Večje debeline toplotnih izolacij so upravičene ob višjih cenah energije, ob nižji ceni toplotnih izolacijah, nižji diskontni stopnji, daljši pričakovani življenjski dobi in ob zavedanju, da želimo varčevati z energijo in ohraniti naravno okolje. V ta namen moramo povečati debelino toplotne izolacije na s trajnostnega vidika optimalno debelino in tako zavestno – zaradi ekološke ozaveščenosti – pristajati tudi na višji NSV konstrukcijskega sklopa. Na podlagi simulacij (Kunič, 2007) ob upoštevanju

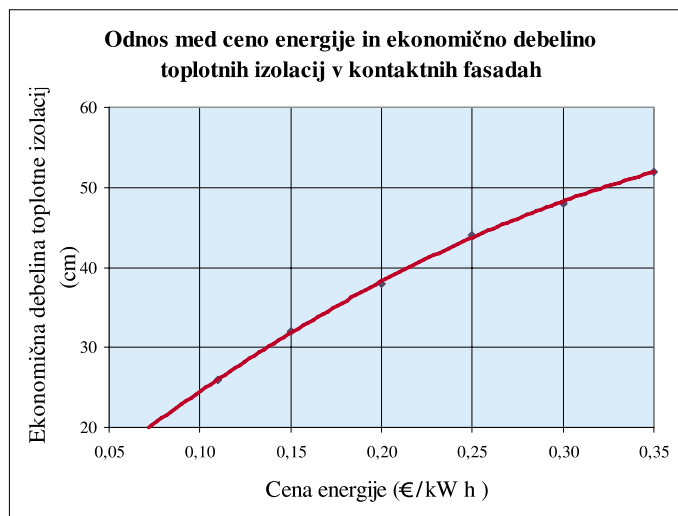
zgoraj naštetih vplivov smo prišli do zaključka, da je z ekonomskega vidika še smotno vgrajevati tudi 35 cm debele sloje toplotnih izolacij v sisteme ovoja stavb. Za te s trajnostnega vidika optimalne debeline toplotnih izolacij se zavestno odločamo zaradi zavedanja problematike varovanja okolja in zmanjševanja porabe neobnovljivih virov kot tudi nevarnosti dviga cen energije in drugih vplivov v življenjski dobi konstrukcijskih sklopov.

Iz slike 5 je razvidna sprememba investicijske vrednosti fasade glede na predpisane vrednosti v pravilniku (PURES, 2008) ($U < 0,28 \text{ W/(m}^2\text{K)}$), kar predstavlja 14 cm toplotno

izolacijskega sloja. V našem primeru smo uporabili mrežasto votličavo opeko. Četudi bi upoštevali še tako toplotno izoliran nosilni zid, se predpisana debelina toplotne izolacije bistveno ne spremeni (manj kot 10 %). Izračun in diagram pokažeta, da se za vsak dodatni centimeter toplotne izolacije (in s tem za 2,8 % nižji vrednosti U celotnega konstrukcijskega sklopa obodne stene) sistem fasade podraži za približno 2 %. Z drugimi besedami: v kontaktno-isolacijski fasadi predstavlja dodaten centimeter toplotne izolacije komaj 2 % dražji fasadni sistem (materiali, delo in najem gradbenega odra).



Slika 5 • Sprememba investicijske vrednosti v sloje kontaktnih izolacijskih fasad, izražena v odstotkih, glede na minimalno vrednost v skladu s predpisi, tj. 14 cm toplotne izolacije



Slika 6 • Odnos med ceno energije in ekonomično debelino toplotnih izolacij v kontaktno-isolacijski fasadi

Pred tem izpeljana ekonomična debelina toplotne izolacije, ki nastopi ob minimalnem NSV (slika 4), tako predstavlja za 26,5 % dražji fasadni sistem v primerjavi s fasadnim sistemom, ki zadovoljuje minimalne pogoje o toplotni izoliranosti v skladu s pravilnikom (PURES, 2008), ob tem pa se strošek toplotnih izgub v predpostavljani življenjski dobi skozi zunanje stene zmanjša za celo 43 %.

Tudi sprememba diskontne stopnje vpliva na NSV. S povišanjem diskontne stopnje postanejo prihodnji stroški nominalno nižje sedanje vrednosti in posledično so ekonomične debeline toplotne izolacije manjše. Vendar tudi celo pri diskontni stopnji 10 % ni v nobenem

analiziranem primeru dosežen minimum pri debelinah toplotne izolacije manj kot 20 cm. Z drugimi besedami: četudi so makro-ekonomski vplivi še tako neugodni (visoke obrestne mere in drago najemanje kreditov), ni nikoli ekonomična debelina toplotne izolacije manjša kot 20 cm. Zavedamo se, da moramo za diskontne stopnje nepremičnin jemati konservativnejše, to je manjše vrednosti. V navedenem primeru smo upoštevali in privzeli konstantno vrednost diskontne stopnje v višini 5 %.

Ekonomična debelina toplotnih izolacij se izredno poveča, v kolikor naraste cena energije (slika 6). Če se energija podraži dvakrat,

torej je za 100 % višja, se ekonomična debelina toplotne izolacije z najnižjim NSV poveča približno 1,55-krat.

Ob analizi vpliva višanja cen energije drastično naraščajo stroški toplotnih izgub skozi konstrukcijski sklop obodne stene v predvideni življenjski dobi in hkrati postajajo deleži začetnih investicijskih stroškov proti celotnim stroškom vse manjši. Pri ceni energije 0,30 EUR/(kWh) in 14 cm debeli toplotnoizolacijski plasti, ki v večini primerov zadovoljuje našim predpisom, so investicijski stroški kontaktno izolacijske fasade samo 29,6 %, vse drugo (70,4 %) so stroški ogrevanja, vzdrževanja in obnovitev v življenjski dobi fasade.

4 • SKLEP

Ob sedanjih cenah energije in ceni toplotnih izolacij je minimalna neto sedanja vrednost (NSV) v šestdesetletni življenjski dobi kontaktno-izolacijske fasade dosežena pri debelini toplotne izolacije 26 cm.

Ob vrednotenju vseh teh primerov se moramo zavedati, da izračuni ekonomičnih debelin toplotnih izolacij veljajo za trenutne razmere. Ker pa ne gradimo samo za bližnjo, ampak celo daljno prihodnost, moramo upoštevati predvidena gibanja cen energije, cen toplotnih izolacij, pričakovanih življenjskih dob, trajnosti materialov, zanesljivosti vgradnje in podobno. Na ta način dobimo s trajnostnega vidika optimalne debeline toplotnih izolacij. Že pri trenutnih cenah energije in trenutnih cenah toplotnoizolacijskih materialov so z vidika NSV ekonomične debeline precej večje,

približno dvakrat večje od predpisanih debelin toplotnih izolacij v skladu s trenutno veljavnim slovenskim predpisom (PURES, 2008). Pri tako velikih debelinah toplotnih izolacij je vpliv materiala nosilnega zidu na vrednosti celotnih toplotnih izgub zanemarljiv (manj kot 10 %). V izračunih smo upoštevali le zimsko, to je ogrevalno sezono. Ob večjih debelinah toplotnih izolacij so zaradi zmanjšanja porabe energije ohlajevanja in prezračevanja tudi zaznavni prihranki energije v poletnem času.

K zgoraj predstavljenim zaključkom pa moramo dodati še neprecenljivo in v monetarni enoti težko izmerljivo ceno varovanja okolja in zmanjševanja porabe neobnovljivih virov energije. Ker je te vplive težko ovrednotiti in finančno oceniti, jih nismo zajeli v okviru

svojih študij. Se pa kažejo vplivi v količinah emisij CO₂, ki predstavljajo v skladu z mednarodnimi obvezami in pogodbami zelo konkretne finančne obremenitve (Akcijski načrt EU, 2005).

Ker v večini primerov kontaktno-izolacijskih fasad pomeni dodatna toplotna zaščita le dodatni vložek večje debeline toplotne izolacije, so to zdaleč najpomembnejše in najučinkovitejše naložbe v varčevanje z energijo. Izračuni so pokazali, da v stroških celotne fasade z vsemi materiali, delom in najemom odra predstavlja vsak dodaten centimeter toplotne izolacije nad minimalnimi zahtevami le 2 % višjo naložbo. Ker je toplotno izolacijo v večini primerov ovoja stavb kasneje težko nagraditi, že v izhodišču priporočamo stroge zahteve v predpisih in energetsko učinkovitejše načrtovanje stavb. Vsi drugi ukrepi s ciljem po zmanjševanju porabe energije zahtevajo bistveno večji investicijski vložek in imajo v večini primerov znatno krajšo življenjsko dobo.

5 • LITERATURA

Akcijski načrt EU, 2005, Akcijski načrt EU, 20 % prihrankov do leta 2020: Evropska komisija razkriva akcijski načrt o energetski učinkovitosti, Action Plan for Energy Efficiency: Realising the Potential, Evropski parlament, www.europa.eu, www.europarl.europa.eu, 14. junij 2009.

Brealey, R. A., Meyers, S. C., Principles of Corporate Finance, Mc Graw – Hill, Inc., 924, 1991.

Krainer, A., Vpliv trajnosti konstrukcijskih sklopov in gradbenih materialov na produkcijsko-potrošniški cikel zgradb, FAGG, VTOZD GG, Ljubljana, 55, 1977.

Krainer, A., Računalniška programska orodja za izračun gradbene fizike in energetske bilance stavb, TEDI in TOST, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo – FGG, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente – KSKE, in FRAGMAT, 2009.

Kunič, R., Načrtovanje vrednotenja vpliva pospešenega staranja bitumenskih trav na konstrukcijske sklope, doktorska disertacija, Planning an assessment of the impact of accelerated ageing of bituminous sheets on constructional complexes : doctoral thesis. Ljubljana (COBISS.SHD 3774305), 2007.

Lužnik Pregl, R., Križaj Bonač, G., Priročnik za izdelavo investicijskega programa, Inštitut za ekonomiko investicij, Ljubljana, 208, 1991.

Mansfield, E., Managerial Economics, Theory, Applications and Cases, W. W. Norton & Comp. Inc. USA, 648, 1993.

SIST EN ISO 13789: 2000, Toplotne značilnosti delov stavb, Specifične toplotne izgube zaradi prehoda toplote, Računska metoda, Thermal performance of buildings, Transmission heat loss coefficient, Calculation method.

SIST EN ISO 13790: 2008, Toplotne značilnosti stavb, Računanje porabljene energije za segrevanje in hlajenje prostora, Thermal performance of buildings, Calculation of energy use for space heating and cooling.

SIST EN ISO 6946: 1997, Gradbene komponente in gradbeni elementi, Toplotna upornost in toplotna prehodnost, Računska metoda.

Pravilnik o toplotni zaščiti in rabi energije v stavbah, Uradni list Republike Slovenije, št. 42/2002.

PURES, Pravilnik o učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list Republike Slovenije, št. 93/2008.

PRIPRAVLJALNI SEMINARJI IN IZPITNI ROKI ZA STROKOVNE IZPITE ZA GRADBENO STROKO V LETU 2010

MESEC	SEMINAR	IZPIT	
		Osnovni, dopolnilni	Revidiranje
Februar	22. – 24. (3 dni)		
Marec		23. (po potrebi še 22. in 24.)	17.
April	12. – 14. (3 dni)		
Maj		25. (po potrebi še 24. in 26.)	
Oktober	4. – 6. (3 dni)		21.
November		9. (po potrebi še 8. in 10.)	

A. PRIPRAVLJALNI SEMINARJI:

Prilavljalne seminarje organizira **Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS), Leskoškova 9E, 1000 Ljubljana;**

Telefon: (01) 52-40-200; Fax: (01) 52-40-199; e-naslov: gradb.zveza@siol.net;

gradbeni.vestnik@siol.net. **Uradne ure pri ZDGITS: ponedeljek, torek, četrtek:**

od 10.00 do 14.00 ure; v sredo od 12.00 do 16.00 ure.

V petek NI URADNIH UR za stranke.

Seminar vključuje **izpitne programe** za:

1. Odgovorno projektiranje (osnovni in dopolnilni strok. izpit);
2. Odgovorno vodenje del (osnovni in dopolnilni strok. izpit);
3. Odgovorno vodenje posameznih del;
4. Investicijski procesi in vodenje projektov (za dopolnilni strokovni izpit), predavanje je v okviru rednih seminarjev;
5. Posamezna predavanja (v okviru rednih seminarjev)

(Vsi posamezni programi so dostopni na spletni strani IZS – MSG:

<http://www.izs.si>, v rubriki »Strokovni izpiti«).

Cena za udeležbo na seminarju (za predavanje in literaturo) po izpitnih programih 1., 2. in 3. točke znaša 613,00 EUR z DDV, pod 4. točko in 5. točko pa 87,63 EUR z DDV.

Kotizacijo za seminar je potrebno nakazati ob prijavi na poslovni račun ZDGITS:

SI56 0201 7001 5398 955, kopijo dokazila o plačilu pa priložiti k prijavi.

Udeleženca prijavi k seminarju plačnik (podjetje, družba, ustanova, sam udeleženec...). Prijavo je treba poslati organizatorju (ZDGITS) najkasneje 15 dni pred pričetkom seminarja (z obvezno priložo dokazila o plačani kotizaciji).

Prijavni obrazec je mogoče dobiti pri ZDGITS.

Seminar ni obvezen, zato je izvedba seminarja odvisna od števila prijav (najmanj 20).

B. STROKOVNI IZPITI

potekajo pri **Inženirski zbornici Slovenije (IZS), Jarška 10-B, 1000 Ljubljana**. Informacije je mogoče dobiti na spletni strani IZS <http://www.izs.si> (kjer se nahajajo vse informacije o strokovnih izpitih in izpitni programi) in po telefonu (01) 547-33-15 ob uradnih urah (ponedeljek, sredo, četrtek, petek: od 08.00 do 12.00 ure; v torek od 12.00 do 16.00 ure).

VSEBINA LETNIKA 58/2009

Članki – Papers

Bratina, S., Planinc, I., POENOSTAVLJENE METODE PROJEKTIRANJA POŽARNOVARNIH NOSILCEV, SIMPLIFIED CALCULATION METHODS FOR FIRE RESISTANCE DESIGN OF BEAMS, april, stran 101.

Drev, D., Kovač, M., Panjan, J., OCENA MASNIH OBREMENITEV CERKNIŠKEGA JEZERA S HRANILI, ASSESMENT MASS LOAD WITH NUTRIENTS IN LAKE CERKNICA, maj, stran 114.

Drev, D., Panjan, J., RAZISKAVA SKLADNOSTI REZULTATOV OBRATOVALNIH MONITORINGOV ODPADNIH VODA IZ INDUSTRIJE Z INŽENIRSKIMI NORMATIVI, A SURVEY COMPLIANCE OF INDUSTRIAL WASTE WATER MONITORING RESULTS WITH ENGINEERING STANDARDS, september, stran 229.

Gspan, M., Brilly, M., Grilc, V., ORODJA ZA OCENJEVANJE UČINKOVITOSTI UPRAVLJANJA S KOMUNALNO INFRASTRUKTURO (Program COST Action C18, 2004-2008), TOOLS FOR PERFORMANCE ASSESSMENT OF URBAN INFRASTRUCTURE SERVICES (COST Action C18, 2004-2008), januar, stran 8.

Ilc, A., Trtnik, G., Planinc, I., Turk, G., TEMPERATURNANALIZA POSTOPNE GRADNJE MASIVNIH BETONSKIH KONSTRUKCIJ, THERMAL ANALYSIS OF SUCCESSIVE CONSTRUCTION OF MASS CONCRETE STRUCTURES, marec, stran 54.

Ivanič, A., Lubej, S., IZBOLJŠANJE STIKA MED CEMENTNO MALTO IN KONTINUIRANIMI OGLJIKOVIMI VLAKNI, BOND IMPROVEMENT IN CEMENTITIOUS MORTARS REINFORCED WITH CONTINUOUS CARBON FILAMENTS, januar, stran 16.

Korjenič, A., Dreyer, J., MOŽNOSTI ZA ZMANJŠANJE POTREBE PO OGREVALNI ENERGIJI S POVEČANJEM TOPLOTNE KAPACITETE STAVBE, POSSIBILITIES FOR REDUCTION OF DEMAND FOR HEATING ENERGY WITH ENLARGEMENT OF THERMAL CAPACITY OF BUILDING, avgust, stran 213.

Krofilč, A., Planinc, I., Čas, B., ANALIZA DVO-SLOJNIH LESENIH NOSILCEV Z UPOŠTEVANJEM ZDRSA IN RAZMIKA, ANALYSIS OF TWO-LAYERED TIMBER BEAMS CONSIDERING INTER-LAYER SLIP AND UPLIFT, avgust, stran 204.

Kunič, R., Krainer, A., EKONOMIČNA DEBELINA SLOJEV TOPLOTNIH IZOLACIJ V KONTAKTNO-

IZOLACIJSKIH FASADAH OBODNIH STEN, ECONOMICAL THICKNESS OF THERMAL INSULATION LAYERS IN 'ETICS' FAÇADE SYSTEMS, december, stran 306.

Lubej, S., Ivanič, A., MOŽNOST UTRDITVE BETONA Z ZAKASNELO TVORBO ETRINGITA, POSSIBILITY FOR CONCRETE STRENGTHENING WITH DELAYED ETRINGITE FORMATION, junij, stran 160.

Maleiner, F., SAMONADZOR DELOVANJA ČISTILNIH NAPRAV V NEMŠKI DEŽELI RHEINLAND-PFALZ, SELF MONITORING OF WASTE WATER TREATMENT PLANTS IN RHINELAND-PALATINATE, GERMANY, februar, stran 43.

Maleiner, F., PODTLAČNA KANALIZACIJSKA OMREŽJA V SLOVENIJI, VACUUM SEWERAGE SYSTEMS IN SLOVENIJA, april, stran 92.

Maleiner, F., PROBLEMATIKA TUJIH VODA, EXTRANEOUS WATER PROBLEMS, julij, stran 170.

Maleiner, F., HIŠNI PRIKLJUČKI NA JAVNO KANALIZACIJSKO OMREŽJE, CONNECTIONS TO THE PUBLIC SEWERAGE SYSTEM, oktober, stran 250.

Malnar, D., Jarm, M., IZGRADNJA PILOTNE STENE PZ-1 IN PS-1 NA CESTI G1-5 CELJE-SEVNICA-KRŠKO, CONSTRUCTION OF PILE WALLS PZ-1 AND PS-1 ON THE ROAD G1-5 CELJE-SEVNICA-KRŠKO, januar, stran 3.

van Mook, F., PREZRAČEVANJE SREDNJE VELIKIH GARAŽ, VENTILATION OF MIDDLE LARGE CLOSED CAR PARKS, februar, stran 36.

Panjan, J., Drev, D., ANALIZA BIOFILMA IN SAMOČISTILNI PROCESI V KANALIZACIJSKIH SISTEMIH, ANALYSIS OF BIOFILM AND SELF-PURIFICATION PROCESS IN THE SEWAGE SYSTEMS, december, stran 297.

Petrovčič, S., Guggenberger, W., Brank, B., JEKLENI SILOSI ZA SIPKE MATERIALE: 1. DEL – VPLIVI PRI POLNJENJU IN PRAZNJENJU, STEEL SILOS FOR PARTICULATE SOLID MATERIALS: PART 1 – ACTIONS AT FILLING AND DISCHARGE, marec, stran 70.

Petrovčič, S., Guggenberger, W., Brank, B., JEKLENI SILOSI ZA SIPKE MATERIALE: 2. DEL – MEMBRANSKE SILE PRI POLNJENJU IN PRAZNJENJU, STEEL SILOS FOR PARTICULATE SOLID MATERIALS: PART 2 – MEMBRANE FORCES AT FILLING AND DISCHARGE, april, stran 83.

Pinter, U., PROCESIRANJE ZAHTEVNEJŠIH DOKUMENTOV ZA POTREBE UPRAVNIH POSTOPKOV, MANAGING MORE COMPLICATED DOCUMENTS FOR PRETENTIOUS ADMINISTRATION PROCESSES, februar, stran 31.

Rismal, M., EKOLOŠKO SPREJEMLJIVI NAJMANJŠI PRETOKI, ECOLOGICALLY ACCEPTABLE MINIMAL WATER DISCHARGE, marec, stran 62.

Rismal, M., REŠITEV PRESKRBE S PITNO VODO OBALE IN ZALEDNA KRASA Z AKUMULACIJO MOLE IN KLIVNIKA SO POTRDILI MEDNARODNI IZVEDENCI, SOLUTION OF WATER SUPPLY FOR COASTAL AND KARST REGION WITH RESERVOIRS MOLA AND KLIVNIK WAS CONFIRMED BY INTERNATIONAL EXPERTS, maj, stran 132.

Schwarzbartl, T. E., Rakar, A., Panjan, J., DOLOČANJE PRIORITET OBNOVE KANALIZACIJSKEGA OMREŽJA PO METODI MINIMALNEGA TVEGANJA, DETERMINING REHABILITATION PRIORITIES OF SEWER SYSTEMS USING MINIMUM RISK METHOD, maj, stran 123.

Skuber, P., Beg, D., EKSPERIMENTALNA ANALIZA DUŠILCA ZA DISIPACIJO POTRESNE ENERGIJE, EXPERIMENTAL ANALYSIS OF EARTHQUAKE ENERGY ABSORBER DEVICE, junij, stran 147.

Šantl, S., Steinman, F., POSTOPEK MAKROKALIBRACIJE HIDRAVLICNEGA MODELA VODOOSKRBNIH SISTEMOV, MACROCALIBRATION IN THE PROCESS OF HYDRAULIC MODELING OF WATER SUPPLY SYSTEMS, avgust, stran 194.

Tomažević, M., STAVBE KULTURNE DEDIŠČINE IN POTRESNA ODPORNOST: KAJ SMO SE NAUČILI?, HERITAGE MASONRY BUILDINGS AND SEISMIC RESISTANCE: WHAT DID WE LEARN?, september, stran 219.

Tomažević, M., STAVBE KULTURNE DEDIŠČINE IN POTRESNA ODPORNOST: KAJ SMO SE NAUČILI? NADALJEVANJE IZ SEPTEMBRSKE ŠTEVILKE, HERITAGE MASONRY BUILDINGS AND SEISMIC RESISTANCE: WHAT DID WE LEARN? CONTINUATION OF PAPER PUBLISHED IN THE SEPTEMBER ISSUE, oktober, stran 242.

Tomažević, M., Gams, M., STRIŽNA ODPORNOST NEARMIRANIH ZIDOV: PREISKAVE IN RAČUN, SHEAR RESISTANCE OF UNREINFORCED MASONRY WALLS: TESTS AND CALCULATIONS, november, stran 267.

Trtnik, G., UPORABA ULTRAZVOČNE METODE ZA OCENO VEZANJA MATERIALOV S CEMENTNIM VEZIVOM, THE USE OF ULTRASONIC METHOD TO ESTIMATE THE SETTING TIME OF CEMENT BASED MATERIALS, julij, stran 180.

Navodila avtorjem za pripravo prispevkov

V vsaki številki, stran 2 ovitka.

In memoriam

DGIT Maribor, Ivan Ambrož (1919-2009), junij, stran 146.

Zadnik, B., Miha Remec, univ.dipl.inž.grad., 1934-2009, april, stran 82.

Odmevi

Brilly, M., Kryžanowski, A., Pripombe na prispevka prof. Rismala »Ekološko sprejemljivi najmanjši pretoki« (Gradbeni vestnik, marec 2009) in »Rešitev preskrbe z vodo Obale in zalednega Krasa z akumulacijama Mola in Klivnik so potrdili mednarodni izvedenci« (Gradbeni vestnik, maj 2009), oktober, stran 261.

Magajne, D., Sirov most, september, stran 238.

Maleiner, F., Pripombe k članku E. Schwarzbartla, A. Rakarja in J. Panjana: Določanje prioritete obnove kanalizacijskega omrežja po metodi minimalnega tveganja, september, stran 236.

Maleiner, F., Pripombe na odgovor avtorjev članka, november, stran 284.

Maleiner, F., Pripombe na pojasnilo MOP-a, november, stran 285.

Maleiner, F., Pripombe k članku D. Dreva in J. Panjana Raziskava skladnosti rezultatov obratovalnih monitoringov odpadnih voda iz industrije z inženirskimi normativi, GV, september 2009, november, stran 292.

Rismal, M., Odgovor na pripombe M. Brillyja in A. Kryžanowskega v GV, oktober 2009, november, stran 286.

Rojc, T., Pripombe k članku Bočna zvrnitev lesenega krožnega loka, januar, stran 23.

Rojc, T., Pripomba na odgovor prof. M. Sajeta na komentarje k članku Bočna zvrnitev lesenega krožnega loka, april, stran 112.

Saje, M., Odgovor na komentarje k članku Bočna zvrnitev lesenega krožnega loka, april, stran 111.

Schwarzbartl, T. E., Rakar, A., Panjan, J., Odgovor na pripombe F. Maleinerja, GV, september 2009 na članek Določanje prioritete obnove kanalizacijskega omrežja po metodi minimalnega tveganja, GV, maj 2009, november, stran 282.

Schwarzbartl, T. E., Odgovor na Pripombe na odgovor avtorjev članka, november, stran 284.

Vuga, A., Pojasnilo MOP-a na pripombe F. Maleinerja, GV, september 2009, k članku E. Schwarzbartla, A. Rakarja in J. Panjana: Določanje prioritete obnove kanalizacijskega omrežja po metodi minimalnega tveganja, GV, maj 2009, november, stran 285.

Nagrajeni gradbeniki

Četina, M., Prof. dr. Rudolf Rajar - Zaslužni profesor Univerze v Ljubljani, februar, stran 30.

Nagrade Inženirske zbornice Slovenije 2008, januar, stran 2.

Nagrada IZS za inženirski dosežek Angelu Žigonu, univ. dipl. inž. grad., november, stran 266.

Osebnosti

Fajfar, P., Akademik prof. dr. Miha Tomažević- Novi redni član SAZU, september, stran 218.

Natečaji

Markelj, V., Nov uspeh slovenskih projektantov v tujini, december, stran 296.

Novi diplomanti

Juteršek, J. K., januar, stran 3 ovitka; februar, stran 3 ovitka; marec, stran 3 ovitka; april, stran 3 ovitka; maj, stran 3 ovitka; junij, stran 3 ovitka; julij, stran 192 in stran 3 ovitka; avgust, stran 3 ovitka; oktober, stran 3 ovitka; november, stran 3 ovitka.

Koledar prireditev

Juteršek, J. K., vse številke, stran 4 ovitka.

Novice iz ZDGITS

Reflak, J., Sporazum med Zvezo gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije in Hrvatskim savezom građevinskih inženjera, januar, stran 28.

ZDGITS, Anki Holobar ob upokojitvi, december, stran 295.

Razpis ZDGITS

Razpis za delovno mesto poslovnega sekretarja ZDGITS, maj, stran 144.

Razpis IZS

Nagrade za inovativnost, september, stran 3 ovitka.

Obvestila ZDGITS

Holobar, A., Razpored strokovnih izpitov in pripravljanih seminarjev, marec, stran 80.

Holobar, A., Razpored strokovnih izpitov in pripravljanih seminarjev, julij, stran 191.

Holobar, A., Razpored pripravljanih seminarjev in strokovnih izpitov, december, stran 311. Vabilo ZDGITS na redno skupščino, april, stran 110.

Zahvala ZDGITS, julij, stran 189.

Obvestila IZS

Vabilo na okroglo mizo na Megri, marec, stran 79.

Napovednik ZAG Ljubljana

Zaključni seminar projektov SPENS in ARCHES, junij, stran 168, julij, stran 190.

Novice iz društev

Obvestilo DGKS, september, stran 240.

Vabilo na 31. zborovanje DGKS, september, stran 239.

Novice s FGG UL

Panjan, J., Obnovljen kemijski laboratorij Inštituta za zdravstveno hidrotehniko Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, julij, stran 188.

Vsebina letnika 58/2009

december, stran 312.

Naslovnice

Arhiv DDC, Viadukt 10-3, 6-10 Rondo na AC Slivnica- Pesnica, februar.

Duhovnik, J., Most čez Ljubljano v Vevčah, maj.

Duhovnik, J., Center Merkur v Šentvidu nad Ljubljano, junij.

Duhovnik, J., Sirov most čez Idrijco, avgust.

Duhovnik, R., Priključek Celovške ceste na predor Šentvid, december.

Filipič, Ž., Športna dvorana v Stožicah, september.

Hlača, J., Opaž in armatura sekundarnega betona v strojničnem jašku ČHE Avče, januar.

Korpar, L., Oporni zid OZ-07 na AC Slivnica- Pesnica, april.

Magajne, D., Viseči most čez Sočo v Spodnji Trenti, november.

Perunović, R., Montažno krožišče na Titovi cesti v Mariboru, oktober.

Rajšter, D., Jenko, R., Poslovno stanovanjski objekt R5 v Ljubljani, marec.

Repanšek, G., Usklajevanje višine stanovanjske stavbe z gradbenim dovoljenjem, julij.

KOLEDAR PRIREDITEV

4.-5.2.2010

Bridges Asia 2010

Hong Kong, Hong Kong
www.bridges-asia.com

9.-11.2.2010

54th BetonTage

Ulm, Nemčija
www.betontage.com

16.-20.2.2010

Bautec

Berlin, Nemčija
www1.messe-berlin.de/vip8_1/website/Internet/Internet/www.bautec/deutsch/index.html

18.-19.3.2010

Eurocode 2 für Deutschland

Berlin, Nemčija
www.betonverein.de/upload/pdf/Veranstaltungen/EC2_fuer_Deutschland_18_19_03_2010.pdf

23.-26.3.2010

Intertraffic Amsterdam 2010

Amsterdam, Nizozemska
www.intertraffic.com

6.-9.4.2010

CCCT 2010

The 8th International Conference on Computing, Communications and Control Technologies
Orlando, Florida, ZDA
www.iis2010.org/imcic/website/default.asp?vc=3

14.-17.4.2010

Infrastructure Asia 2010 Exhibition & Conference

Džakarta, Indonezija
www.infrastructureasia.com

22.-23.4.2010

Betontag 2010

Dunaj, Avstrija
www.betontag.info/

3.-5.5.2010

**IABSE Conference
International Structural Codes**

Dubrovnik, Hrvaška
www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

14.-20.5.2010

**ITA-AITES World Tunnel Congress 2010 and
the 36th ITA-AITES General Assembly**

Vancouver, Kanada
www.wtc2010.org

23.-27.5.2010

5th International Symposium on Computational Wind Engineering (CWE 2010)

Chapel Hill, Severna Karolina, ZDA
www.cwe2010.org

29.5.-2.6.2010

**The Third International fib Congress and Exhibition
"Think Globally, Build Locally"**

Washington D.C., ZDA
www.fib2010washington.com

20.-23.6.2010

8th fib International PhD Symposium in Civil Engineering

Kopenhagen, Danska
<http://conferences.dtu.dk/conferenceDisplay.py?confId=21>

21.-23.7.2010

ICSA 2010

International Conference on Structures and Architecture
Guimares, Portugalska
www.arquitectura.uminho.pt

22.-24.9.2010

**34th IABSE Annual Meetings and
IABSE Symposium**

Benetke, Italija
www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

8.-10.6.2011

**fib Symposium: "Concrete engineering for excellence
and efficiency"**

Praga, Češka
www.fib2011prague.com

10.-15.7.2011

13th International Conference on Wind Engineering

Amsterdam, Nizozemska
www.icwe13.org

7.-11.8.2011

**9th Symposium on High Performance Concrete
Design, Verification and Utilization**

Christchurch, Nova Zelandija
www.hpc-2011.com

20.-23.9.2011

**IABSE Annual Meetings and
IABSE Symposium**

London, Anglija
www.iabse.ethz.ch/conferences/calendarofevents

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