





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 Tomažević**

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 števk. 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 všteti 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

Uvodnik

stran 2

prof. dr. Janez Duhovnik, univ. dipl. inž. grad.
PO DESETIH LETIH

Jubilej

stran 3

Boris Stergar, univ. dipl. inž. grad.
mag. Smiljan Juvan, univ. dipl. inž. grad.
FRANCI AVŠIČ – SEDEMDSESTLETNIK

Nagrajeni graditelji

stran 4

doc. dr. Janez Reflak, univ. dipl. inž. grad.
NAGRAĐA IN PRIZNANJE INŽENIRSKÉ ZBORNICÉ SLOVENIJE DECEMBRA 2009

stran 5

doc. dr. Janez Reflak, univ. dipl. inž. grad.
NAGRAĐA DIPLOMANTU IKPIR-A ZA LETO 2009

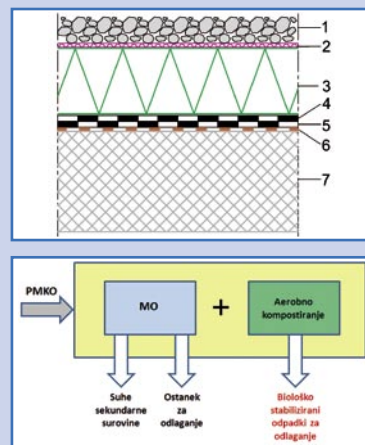
Članki • Papers

stran 6

dr. Roman Kunič, univ. dipl. inž. grad.
prof. dr. Aleš Krainer, univ. dipl. inž. arh.
EKONOMIČNA DEBELINA SLOJEV TOPLOTNIH IZOLACIJ V RAVNIH STREHAH
ECONOMICAL THICKNESS OF THERMAL INSULATION LAYERS IN FLAT ROOFS

stran 13

mag. Marta Malus, univ. dipl. inž. grad.
prof. dr. Viktor Grilc, univ. dipl. inž. kem.
PRIMERJALNA ANALIZA IN PREDLOG OBDELAVE PREOSTALIH MEŠANIH KOMUNALNIH ODPADKOV NA PRIMERU LJUBLJANSKE REGIJE
THE COMPARATIVE ANALYSIS AND RESIDUAL MIXED MUNICIPAL WASTE TREATMENT PROPOSITION IN REGARD TO THE LJUBLJANA REGION CASE



Zanimivosti z gradbišč

stran 19

dr. Andrej Širca, univ. dipl. inž. grad.
HIDROELEKTRARNE NA SPODNJI SAVI–BAZEN BLANCA

Novi diplomanti

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

Koledar prireditev

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

Slika na naslovnici: Sovprežna konstrukcija viadukta Lešnica, foto Viktor Markelj

UVODNIK

PO DESETIH LETIH

V zadnjih desetih letih se je pri Gradbenem vestniku vsebinsko in glede videza marsikaj spremenilo. V vsaki številki sta običajno objavljena najmanj dva in največ trije članki s pretežno znanstveno ali pretežno strokovno vsebino. Vsi znanstveni in strokovni članki so recenzirani s strani najmanj enega anonimnega recenzenta. Članki zajemajo vsa področja gradbeništva: gradiva, konstrukcije, hidrotehniko, promet, gradbeno fiziko, organizacijo in tehnologijo, gradbeno informatiko, zgodovino gradbeništva, gradbene predpise, nekaj jih je tudi z drugih mejnih področij. V reviji so objavljeni tudi prispevki o dejavnosti društev gradbenih inženirjev in tehnikov, strokovnih društev in Matične sekcije gradbenih inženirjev IZS, zapisi o pomembnih vprašanjih v gradbeništvo, zapisi ob jubilejih in smrtih pomembnih osebnosti v slovenskem gradbeništvo ter zapisi v rubriki Odmevi in mnenja. V večini števk so objavljeni tudi podatki o novih diplomantih gradbeništva na obeh fakultetah, v vseh pa koledar prireditve doma in po svetu.

Najpomembnejša tehnična sprememba je, da je Gradbeni vestnik ves ta čas skoraj brez izjeme izhajal redno vsak konec meseca. Le nekajkrat je na začetku preteklega desetletja zaradi tehničnih težav prispel do naročnikov v prvem tednu naslednjega meseca. Revija je v tem času dobila novo oblikovno zasnovo. Zanj je poskrbela oblikovalka Mateja Goršič iz Ribnice na Dolenjskem. Gradbeni vestnik ima tudi spletne podstrani na straneh ZDGITS. Te se sedaj prenavljajo in bodo v kratkem zaživele z novo vsebino in obliko.

Tehnični postopki za pripravo posameznih števk so se v zadnjih letih močno spremenili. Z vsemi, ki sodelujejo pri reviji, si izmenjujemo dokumente izključno v elektronski obliki. To je izjemno skrajšalo čas izmenjave, ki je pri običajnem poštnem pošiljanju dokumentov na papirju trajal za vsako številko več dni, izmenjava pa je tudi bistveno cenejša. Na papir se Gradbeni vestnik natisne šele na koncu.

Gradbeni vestnik še vedno izhaja izključno v slovenskem jeziku, le povzetki so objavljeni tudi v angleščini. Tako opravlja tudi pomembno vlogo pri razvoju slovenskega izrazja na področju gradbeništva. Ocenjujem, da bo tako ostalo, saj je namen revije predvsem seznanjanje slovenskih gradbenikov s strokovnimi in znanstvenimi novostmi.

Revije, kot je Gradbeni vestnik, ni brez avtorjev, recenzentov, naročnikov, uredništva in založnika.

Moja največja skrb je ves čas predvsem ta, ali bom prejel dovolj člankov in drugih prispevkov, da bo lahko Gradbeni vestnik redno izhajal in da bo njegova vsebina čim bolj pisana in zanimiva za čim širši krog gradbenikov. Zato sem vesel vsakega avtorja. K ugledu revije vsekakor največ prispevajo že uveljavljeni avtorji, še bolj pa sem vesel novih, zlasti mladih, ki mi pošljejo svoje prve članke. Računam, da jim bodo sledili še drugi in da se ne bodo oglasili le enkrat. Sicer redko, a vendar dobim tudi članke tujih avtorjev, ki jih objavljamo v slovenščini. Čeprav za najpomembnejšo vlogo revije štejem prenos znanja med uporabnike, imam za pomembno tudi obveščanje o tem, kdo, kje in kaj je nekdo že zgradil, gradi ali bo šele gradil. Marsikateri podatek o tem se hitro izgubi, zapisan v Gradbenem vestniku pa je trajen. To velja tudi za dejavnost društev, članov ZDGITS.

Nehvaležno nalogo anonimnih recenzentov so voljni opravljati številni priznani gradbeniki. Izbiram jih tako, da so čim manj povezani z avtorji. To v majhni Sloveniji ni lahko. Večina recenzentov je z obeh fakultet in inštitutov s področja gradbeništva, nekateri pa so uveljavljeni strokovnjaki iz prakse. Vsi recenzije opravijo zavzeto in v zaprosenem roku. Čeprav javnosti skrit, je njihov delež h kakovosti objav v Gradbenem vestniku pogosto neprecenljiv. Ceni ga tudi večina avtorjev.

Gradbeni vestnik je imel oktobra 2009 3111 naročnikov. Med njimi je bilo 2675 ali 86 % članov MSG IZS. Drugih zaposlenih naročnikov je bilo 78, upokojencev 58, študentov 16, diplomantov 147, častnih članov ZDGITS 12, drugih naročnikov, ki GV prejema brezplačno, 20, podjetij iz Slovenije 59, iz tujine 6, 13 izvodov zamenjujemo z domačimi revijami in 27 izvodov s tujimi.

Gradbeni vestnik ima izdajateljski svet namesto nekdanjega uredniškega odbora. Že ves čas ga vodi mag. Andrej Kerin iz SCT, d. d., Ljubljana, nekateri člani sveta pa so tudi med najprizadevnejšimi avtorji.

Do nedavnega je bila lektorica Alenka Raič Blažič iz Ljubljane, sedaj je lektor Jan Grabnar iz Maribora, angleške povzetke pa ves čas lektorira Darja Okorn. Vse tajniške posle pri reviji je do pred kratkim opravljal poslovna

sekretarka ZDGITS Anka Holobar, sedaj je to delo prevzela njena naslednica Eva Okorn. Za stalni rubriki o novih diplomantih in koledarju v uredništvu skrbi Jan Kristijan Juteršek.

Gradbeni vestnik izdaja založnik Zveza gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije. Ta stanovska zveza je bila skupaj z revijo ustanovljena leta 1951. Vsi predsedniki, pod katerimi sem bil urednik, doc. dr. Janez Reflak, Marjan Vengust in Miro Vrhek, in celotni izvršni odbori so podpirali in še podpirajo izdajanje Gradbenega vestnika.

Za tisk že več let zgledno poskrbi tiskarna Kočevski tisk iz Kočevja, kjer za Gradbeni vestnik skrbita komercialist Jože Plot in tehnični urednik Stane Ožbolt.

Vse naštetu tudi nekaj stane in neveselo dejstvo je, da Gradbeni vestnik znotraj ZDGITS posluje z izgubo in da mora ZDGITS to izgubo pokrivati s sredstvi, ki jih pridobi z drugo dejavnostjo. V prvih devetih mesecih leta 2009 je bilo prihodkov zaokroženo 39.000 EUR, stroškov pa 46.000 EUR. Izguba je torej znašala okoli 7.000 EUR. Zato so izjemno pomembni vsi dohodki, ki jih na račun revije prejme ZDGITS. Najpomembnejši delež je celotna naročnina, ki znaša 94 %, znotraj te pa je naročnina članov MSG IZS, ki znaša 69 %. Člani MSG prejema Gradbeni vestnik za naročnino s popustom, tako da MSG za cel letnik plačuje že več let po 15,36 EUR na izvod. Preostalih 6 % prispevata FGG UL in ZAG Ljubljana, vsak polovico. Diplomanti FGG UL kot zameno za njen prispevek prejema Gradbeni vestnik eno leto po diplomu brezplačno. V tem obdobju ni bilo nobenega plačanega oglasa. Glavni del stroškov zahteva priprava, tehnično urejanje in tisk (45 %). Sledi delež režijskih stroškov (25 %), poštnina (19 %) ter honorarji urednika in lektorjev (11 %).

Kakšna bo prihodnost Gradbenega vestnika, lahko le ugibamo. Ali bo naslednje leto izšel že šestdeseti letnik še na papirju ali le v elektronski obliki? Ali bodo avtorji še pisali v slovenščini? Ali bodo na Gradbeni vestnik še naročeni vsi pooblaščenih gradbenih inženirji, člani MSG IZS? Na ta in podobna vprašanja ne vem odgovorov, prepričan pa sem, da bodo slovenski gradbeniki tudi v prihodnje potrebovali svojo slovensko znanstveno in strokovno revijo, kot je Gradbeni vestnik.

Vsem, ki ste v dosedanjem času mojega dela pri Gradbenem vestniku sodelovali z mano, se iskreno zahvaljujem in se za Vaše sodelovanje še naprej priporočam.

prof. dr. Janez Duhovnik, glavni in odgovorni urednik Gradbenega vestnika

JUBILEJ

FRANCI AVŠIČ – SEDEMDESETLETNIK



14. oktober 2009 je bil za Francija Avšiča, univerzitetnega diplomiranega inženirja gradbeništva, prav poseben dan – praznoval je namreč svoj sedemdeseti rojstni dan, hkrati pa se je v Mariboru dogodil 9. dan inženirjev, pri organizaciji katerega je Franci Avšič aktivno sodeloval.

Sicer pa se je Franci, gradbenik po stroki in hkrati velik ljubitelj narave, na začetku svoje poklicne poti odločil za tisto vejo gradbeništva, ki je najbolj povezana z naravo, to je vodarstvo.

Franciju sta bila vodarstvo in voda kot interesni področji položena praktično že v zibelko. Kot sin rečnega nadzornika na Čatežu ob Savi je že v mladih letih imel priložnost spoznavati vodo, ki ljudem ob reki veliko daje, ob ujmah pa tudi jemlje.

Strokovno pot je po zaključeni diplomski iz gradbeništva na hidrotehnični smeri Univerze

v Ljubljani, za katero je prejel nagrado Jaroslava Černija (nagrajena so bila najboljša diplomska dela študija hidrotehnike v Jugoslaviji v posameznem študijskem letu), začel leta 1970 v projektivnem oddelku Splošne vodne skupnosti Drava-Mura Maribor.

Sodeloval je pri načrtovanju in gradnji hidrosistema Pesnica pod vodstvom takratnih eminentnih strokovnjakov s področja vodnega gospodarstva. V okviru Projektivnega biroja pri Vodnogospodarskem podjetju Maribor je bil v sedemdesetih in osemdesetih letih vodilni projektant in glavni oblikovalec izgradnje hidromelioracijskega sistema Polskava z Dravinjo, v okviru katerega je bilo melioriranih preko 6000 ha kmetijskih zemljišč in urejenih 140 km strug vodotokov. Bil je tudi glavni projektant večnamenskih vodnih zadrževalnikov Požeg in Medvedce ter snovalec mnogih konceptualnih vodnogospodarskih rešitev.

Ob izgradnji avtocest v Sloveniji je bil kot projektant vodnogospodarskih ureditev vključen v večino projektov avtocest v severovzhodnem delu Slovenije.

Ob svojem načrtovalskem delu je vzgojil mnogo mladih inženirjev, ki so njegove ideje realizirali v projektih in njihovi izvedbi. Krajše obdobje je sodeloval tudi z Univerzo v Mariboru, Fakulteto za gradbeništvo, kot predavatelj vodnih zgradb. Delo z mladimi ga je vedno privlačilo in veselilo.

Po letu 1989 je svoje delo nadaljeval v VGP Drava Ptuj, kjer je bil kot vodja vodnogospodarske službe angažiran predvsem na področju upravljanja voda, sodeloval je pri pripravi Zakona o vodah ter pri drugih strokovnih aktih s področja vodarstva.

Franci Avšič je aktivno vključen v delovanje Inženirske zbornice Slovenije. Bil je ustanovni član Inženirske zbornice v Mariboru, po združitvi mariborske in ljubljanske zbornice v Inženirsko zbornico Slovenije pa postal tudi podpredsednik Upravnega odbora Matične sekcije gradbenih inženirjev v njenem prvem mandatu.

Bil je tudi pobudnik ustanovitve regijske pisarne Inženirske zbornice v Mariboru, kjer je še danes predsednik njenega odbora.

Po upokojitvi leta 2003 je strokovno aktiven pri pripravi recenzij in revizij projektov s področja vodarstva, je član Društva vodarjev Slovenije in Slovenskega društva za namakanje in odvodnjo, je eden od pobudnikov in član organizacijskega odbora strokovnega posveta slovenskih vodarjev – Mišičevega vodarskega dne.

Z veliko vnemo in veseljem se angažira pri vsakoletni organizaciji Zimskih športnih iger vodarjev Slovenije, katerih pomen vidi predvsem v prijateljskem in športnem druženju stanovskih kolegov, s katerimi ohranja pristne prijateljske stike.

Slovenski gradbeniki in inženirji vseh strok želimo Franciju še naprej vse najboljše.

**Boris Stergar, univ. dipl. inž. grad
mag. Smiljan Juvan, univ. dipl. inž. grad.**

NAGRADA IN PRIZNANJE INŽENIRSKÉ ZBORNICE SLOVENIJE DECEMBRA 2009

NAGRADA INŽENIRSKÉ ZBORNICE SLOVENIJE ZA INOVATIVNOST



Nagrado Inženirske zbornice Slovenije za inovativnost je za sistem Qbiss by trimo prejela razvojna skupina podjetja TRIMO, inženiring in proizvodnja montažnih objektov iz Trebnjega.

Na čelu številnega in dobro uigranega tima za razvoj izdelka, sistema in robotizirane proizvodne linije Qbiss je bil mag. Daniel Zupančič, univ. dipl. inž. str.

Sistem Qbiss by trimo zajema modularne fasadne elemente, elemente za tesnjenje in pritrdjevanje, obrobe, vogalne zaključke in okna. Sistem je bil narejen kot odgovor na zahteve projektantov in je trenutno edini na trgu, ki nudi estetsko in funkcionalno izvedbo zaobljenega vogala elementa. Rešitev je izvirna in je zaradi svoje inovativnosti tudi patentirana, njeno izvedbo pa omogoča robotizirana tehnologija. Qbiss by trimo je Trimova nova izdelčna blagov-

na znamka. Z novo blagovno znamko Qbiss by trimo želi Trimo postati vodilna znamka v višjem segmentu ovoj zgradb. V omenjenem segmentu so ključnega pomena estetika, kakovost izvedbe, blagovna znamka in ugled.

Modularni fasadni sistem Qbiss by trimo zagotavlja ugodje bivanja v prostoru in je skladen z zahtevami gradbeno-fizikalnih pogojev v objektih. Po smernicah in priporočilih standardov (EN 14509: 2006; SIST EN ISO 10211) zagotavlja vse zahteve glede prehoda toplote in toplotnih mostov.

Posamezni fasadni element je samonosen, zato fasadni sistem ne potrebuje dodatne podporne stene, s čimer se skrajša čas gradnje in znižuje stroške investicije. Jedro iz mineralne volne zagotavlja toplotno stabilnost, s čimer se znižajo stroški ogrevanja in hlajenja. Sestava fasadnih elementov zagotavlja odlično požarno odpornost, kar omogoča višjo pasivno varnost zgradbe in znižanje zavarovalniške premije. Zaradi inovativnih rešitev sistema tesnjenja fasadni sistem dosega visoke standarde vodotesnosti in s

tem ustreza strogim zahtevam in normativom za zgradbe.

Rešitev, ki izpolnjuje vse tehnične zahteve (vrhunsko estetiko, toplotno izolativnost, požarno odpornost, samonosilnost, vodo- in zrakotesnost), je plod inovativnega postopka obdelave ter preoblikovanja in sestave posameznega elementa. Krivljeni element obdrži estetsko in funkcijsko enovitost in zadovoljuje visoke estetske zahteve fasade zgradb. Qbiss by trimo je visokotehnoški inovativni produkt, ki je primeren za vgradnjo v najprestižnejših objektih, kar dokazuje tudi njegov izjemen uspeh na mednarodnem trgu. Uporaba v enem izmed najprestižnejših Porschejevih centrov je dokaz, da z inovativnimi produkti slovenska podjetja lahko nastopajo na najzahtevnejših trgih. S prispodobno lahko rečemo, da je Qbiss by trimo »Porsche na področju fasadnih sistemov«, ki ga slovensko podjetje Trimo prodaja podjetju Porsche.

Tehnični dosežek razvojne skupine podjetja Trimo pod vodstvom g. mag. Daniela Zupančiča, univ. dipl. inž. str., vključuje robotizacijo tehnologije, inovativno, estetsko, funkcionalno in poceni rešitev obdelave, preoblikovanja in sestave elementov modularne fasade visoke kakovosti.

PRIZNANJE ZA RAZVOJ INŽENIRSTVA



Za izjemen doprinos pri uveljavljanju slovenske inženirske ustvarjalnosti v mednarodnem prostoru in razvoju evrokodov na področju analize konstrukcij pri potresni obtežbi je Inženirska zbornica Slovenije po-

delila posebno priznanje za razvoj inženirstva akademiku prof. dr. Petru Fajfarju, univ. dipl. inž. grad.

Akademik prof. dr. Peter Fajfar, ustanovni član IZS, je vrhunski strokovnjak na področju potresnega inženirstva. Njegova strokovna, razvojna in znanstvena dela imajo po podat-

kih v Web of Science več kot 770 citatov, in je eden najbolj citiranih avtorjev na področju potresnega inženirstva v Evropi. Od leta 2003 je urednik najuglednejše mednarodne revije na področju potresnega inženirstva Earthquake Engineering and Structural Dynamics in je ali je bil član 10 uredniških odborov 10 mednarodnih revij. Sodeloval je pri pripravi Evrokoda 8 v Evropi in vodil vsa dela v zvezi z uvajanjem standarda v Sloveniji. V okviru *Inštituta za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo* na UL FGG je skupaj s sodelavci izdelal številne študije in projekte s področja projektiranja zahtevnih potresnoodpornih konstrukcij in določanja potresne nevarnosti na lokacijah objektov. Za svoje strokovno, raziskovalno in znanstveno delo je prejel eminentne nagrade in priznanja doma in po svetu: leta 1981 je

prejel nagrado časopisa Tehnika (Beograd), leta 1987 je postal častni profesor Inštituta za potresno inženirstvo in inženirsko seizmologijo Univerze v Skopju, leta 1988 je postal častni profesor Inštituta za arhitekturo in inženirstvo v Chongqingu – LR Kitajska, leta 1988 je prejel nagrado Sklada Borisa Kidriča, istega leta je postal izredni član SAZU-ja, leta 1993 pa redni član SAZU-ja, leta 1994 je prejel nagrado Republike Slovenije za vrhunske dosežke na področju gradbeništva, leta 1995 je postal redni član Inženirske akademije Slovenije, leta 1997 je postal znanstveni svetnik Mednarodne inženirske akademije – Moskva. V Sloveniji je vzgojil več generacij slovenskih strokovnjakov za potresno inženirstvo, bil je mentor 76 diplomantom, 15 magistrantom in 12 doktorandom.

Postopki uporabe standardov Evrokod so analitično in numerično marsikje izjemno zahtevni ter včasih zelo zapleteni za vsakodnevno uporabo. S stališča dnevnega pro-

jektiranja je zelo pomemben uporabniško prijaznejši način dela, ki mora istočasno zagotavljati tudi uporabne rezultate. Sestavni del originalnega standarda Evrokod 8 z naslovom »Projektiranje potresnoodpornih konstrukcij« je tudi zelo uporabna poenostavljena nelinearna metoda za analizo konstrukcij pri potresni obtežbi, znana tudi pod imenom metoda N2, ki je bila razvita na *Inštitutu za konstrukcije, potresno inženirstvo in računalništvo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani* med letoma 1987 in 2002 pod vodstvom akademika

prof. dr. Petra Fajfarja, člana matične sekcije gradbenih inženirjev IZS.

Akademik prof. dr. Peter Fajfar je bil ves čas nastajanja standarda Evrokod 8 aktiven član evropske delovne skupine. Metoda je uporabna za analizo novoprotjektiranih in obstoječih objektov ob nastopu močnega potresa ter omogoča pridobitev številnih podatkov, ki so pomembni za oceno obnašanja konstrukcij, kot so na primer dejanska nosilnost konstrukcije, plastični mehanizem obnašanja, skupne in plastične deformacije na globalnem in lokalnem nivoju konstrukcije, napetosti v

krhkih elementih, pospeški merske opreme itd. Metoda N2 je bila doslej predstavljena na evropskih, mednarodnih in svetovnih kongresih ter publicirana v najpomembnejših znanstveno-strokovnih svetovnih publikacijah. Zaradi svoje uporabnosti v visokogradnji kot pri gradnji mostov je bila že leta 2002 vključena v predstandard Evrokoda 8, sedaj pa je nepogrešljivi del veljavnega standarda. To pomeni priznanje delu akademika prof. dr. Fajfarja s strani evropske znanosti in stroke.

doc. dr. Janez Reflak, univ. dipl. inž. grad.

NAGRADA DIPLOMANTU IKPIR-A ZA LETO 2009



Nagrado IKPIR-a za diplomsko delo z naslovom *Ocena potresne odpornosti zidanih stavb s programom 3Muri* je prejel Jure Snoj, univ. dipl. inž. grad. Diplomsko delo je izdelal pod men-

torstvom doc. dr. Matjaža Dolška.

Izkušnje, pridobljene v močnih potresih (npr. L'Aquila, 2009), so pokazale, da so starejše zidane stavbe najranljivejše. Bivanje v takšnih stavbah je nevarno, poleg tega pa so velike tudi materialne izgube, ki jih povzroči močan potres. Za splošno zmanjšanje potresnega tveganja je torej smiselno posebno skrb nameniti starejšim zidanim stavbam, ki jih je v svoji nalogi preučeval tudi Jure Snoj.

V prvem, teoretičnem delu naloge je opisal tri možne porušne mehanizme, ki določajo odpornost nearmiranega zidu: upogibni mehanizem, strižni mehanizem z zdrsom ter strižni mehanizem z nastankom diagonalnih razpok. Povzel je poenostavljeno nelinearno

metodo za določanje obnašanja konstrukcij med potresi (metoda N2), ki je bila razvita na IKPIR-u in je vključena v evropski standard za projektiranje potresnoodpornih konstrukcij (Evrokod 8).

V drugem delu je obravnaval trietažno zidano stavbo, ki se nahaja v centru Ljubljane, in jo analiziral s pomočjo sodobnega in zmogljivega računalniškega programa 3Muri. Program je specializiran za analizo zidanih stavb in omogoča statično analizo zaradi vertikalne obtežbe, modalno analizo in določitev poškodovanosti konstrukcije pri potresni obtežbi v skladu z metodo N2. Velika prednost programa pred drugimi programi je v tem, da se v nelinearni analizi obravnavana celotna konstrukcija, in ne le ena etaža, kar je običaj pri oceni potresne odpornosti zidanih stavb.

V nalogi je Jure Snoj obravnaval devet modelov trietažne zidane stavbe, ki so bili izdelani za tri namene raziskav. V prvem sklopu je bila raziskana odvisnost potresne odpornosti od mehanskih lastnosti materiala, ki jih pri starejših zidanih stavbah zelo težko zanesljivo določimo. Z drugim sklopom modelov je raziskoval težave pri modeliranju realnih

podajnih stropov, s tretjim sklopom modelov pa se je osredotočil na vpliv ukrepov za utrditev stropne konstrukcije.

Na osnovi rezultatov analiz je Jure Snoj ugotovil, da obravnavana konstrukcija ni sposobna prenesti predpisanega projektnega pospešakata, vendar je možno njeno obnašanje med potresi bistveno izboljšati z ustrezno utrditvijo stropne konstrukcije. Pokazal je, da se konstrukcija s togim stropom obnaša povsem drugače od konstrukcije s podajnim stropom. Ker ima večina starih zidanih konstrukcij podajne lesene stropove, predpostavka o togih ploščah ni primerna. Poleg tega se pri konstrukcijah s podajnimi stropi pojavi problem izbire kontrolnega pomika v metodi N2. To je problem, ki ni zadostno raziskan niti v svetovnem merilu.

Naloga Jureta Snoja je vsebinsko obsežna in presega redne študijske zahteve. Podani rezultati in sklepi so jasni, v prihodnosti pa imajo lahko pomen tudi v praksi. Pri izdelavi naloge je pokazal popolno samostojnost in veliko mero usvarjalnosti.

doc. dr. Janez Reflak, univ. dipl. inž. grad.

EKONOMIČNA DEBELINA TOPLOTNOIZOLACIJSKIH SLOJEV V RAVNIH STREHAH

ECONOMICAL THICKNESS OF THERMAL INSULATION LAYERS IN FLAT ROOFS

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

FRAGMAT TIM, d. d., Raziskave in razvoj

Znanstveni članek

UDK: 692.4:699.86

prof. dr. Aleš Krainer

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo – FGG

Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente – KSKE

Povzetek | Gradbeništvo je v bruto nacionalnem dohodku udeleženo v praktično vseh državah z vsaj desetimi odstotki, hkrati pa sta poraba materialov, surovin in energije ter količina odpadkov v celotni življenjski dobi objektov celo 40 % svetovnih količin. Zato moramo večji poudarek posvečati varčevanju z neobnovljivimi viri energije, zmanjševanju porabe surovin in drugih resursov, varovanju okolja, planiranju recikliranja in skrbi ter upravljanju z odpadki, ki nastopajo kot rezultat zaključka življenjske dobe ali odstranitve objektov. Z namenom po povezavi med življenjsko dobo in vrednotenjem ekonomske učinkovitosti je bila izdelana primerjalna ekonomska analiza vrednotenja stroškov v življenjskem ciklusu sistemov ravnih streh, kjer sta bili za cilj izbrani temeljita analiza vplivov različnih debelin 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 v dveh različnih, vendar tipičnih konstrukcijskih sklopih ravnih streh.

Summary | The building industry represents at least 10 % of the gross domestic product in practically all the countries and, at the same time, the raw material and energy use and the quantity of waste material in the entire life cycle of a building represent as much as 40 % of all global quantities. More emphasis should therefore be given to energy savings, renewable energy sources, minimizing the use of raw materials and other resources, environmental protection, the planning of recycling and the management of waste material. Increasing intensive impacts of society on the environment encourage awareness and indicate requirements of energy savings and environmental protection. The primary objective of the analysis is to define the connection with the economical efficiency, called Net Present Value method (NPV), where different, but typical flat roof constructional complexes will be examined, and also the impacts of different thermal insulation thicknesses will be assessed.

1 • UVOD

1.1 Diskontiranje, diskontna stopnja in neto sedanja vrednost (NSV)

Stroške in koristi, ki nastajajo v različnih obdobjih, je treba diskontirati. Diskontiranje

je postopek določevanja sedanje vrednosti prihodnjih denarnih tokov, kjer prilagodimo prihodnje vrednosti stroškov ali koristi na današnjo raven z uporabo diskontne stop-

nje. Diskontna stopnja pomeni, v kolikšni meri so posamezni prihodnji 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 vred-

nost (Mansfield, 1993). Diskontni faktorji so v običajnih razmerah manjši od 1,0.

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 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. Da bi dobili normalna prioriteta razmerja, je treba cene, odlive in prilive, prevrednotiti – transponirati

na raven sedanjih cen. NSV odpravlja slabosti stacionarnega pristopa tako, da ocenjuje stroške in doprinose v prihodnjih letih tako, da jih diskontira (prevede) na sedanjo vrednost. Metoda upošteva dejstvo, da je koristnost enega evra danes večja, kakor enega evra jutri (Mansfield, 1993).

Neto sedanjo vrednost (NSV) določimo po enačbi:

$$NSV = NSV_0 + \sum_{t=1}^n \frac{FT_t}{(1+r)^t} \quad (1)$$

Kjer predstavlja:

NSV₀ začetni ali nabavni stroški (€)
FT_t stroški obratovanja ali finančni tok (strošek ali priliv) v času t (€)

n število let (–)
r letna diskontna stopnja (%)
(1/(1+r)^t) finančni diskontni faktor za diskontiranje finančnega toka v času t (–)

Zelo pogosta napaka ekonomskega vrednotenja posameznih poslovnih odločitev je izbira materiala ali celotnega sistema 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 in visokih stroškov energije (Krainer, 1977).

2 • PRIMERI VREDNOTENJA STROŠKOV V ŽIVLJENJSKEM CIKLUSU

Izvedli smo kritično presojo sistemov ravnih streh z analizo primerjave ekonomskega vrednotenja stroškov v življenjskem ciklusu.

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 in trendu podražitev energije.

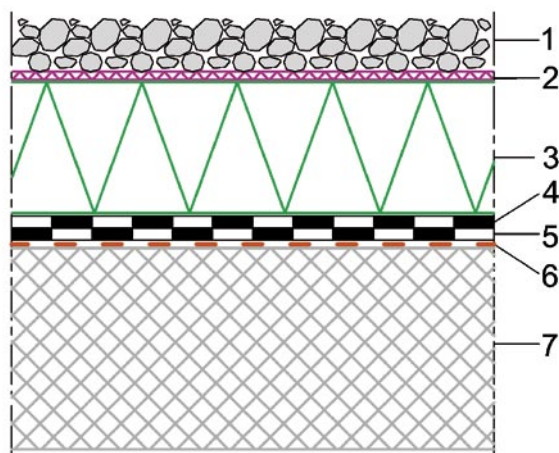
2.1 Opis obeh analiziranih konstrukcijskih sklopov ravnih streh

Ker se debeline toplotnoizolacijskih plasti ravne strehe povečujejo – v skladu z novo zahtevo v pravilniku (Pravilnik, 2008) –, znaša

toplotna prehodnost največ 0,20 W/(m²K), kar predstavlja v primeru tipičnih konstrukcijskih sklopov najpogostejšo minimalno debelino toplotnih izolacij 18 cm, so izvedbe obrnjenih ravnih streh s toplotnoizolacijsko plastjo, izpostavljeno vremenskim vplivom, vse manj ekonomične, tehnično težko izvedljive in zaradi višje cene izolacij ekonomsko neupravičene.

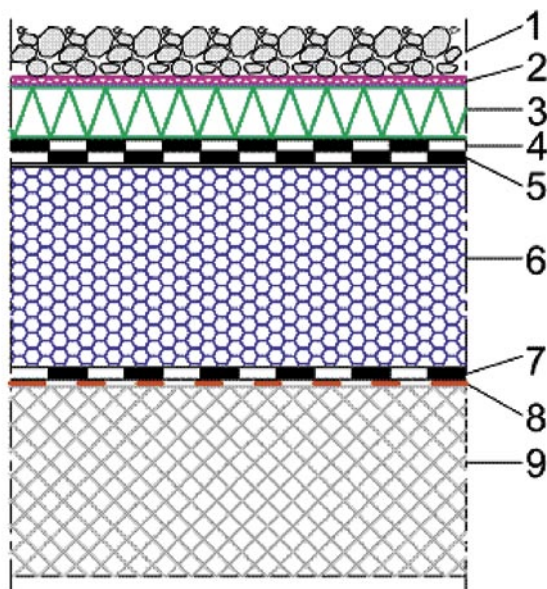
2.1.1 Obrnjena ravna streha

Pri obrnjeni ravni strehi je hidroizolacijska plast pod plastjo toplotne izolacije, ki je



1. Prodec frakcije 16 do 32 mm, minimalne debeline 5 cm, tudi preprečitev vzgona
2. Drenajni, filtrski in ločilni sloj (poliestrski filc 200 g/m²)
3. Toplotna izolacija iz ekstrudiranega polistirena XPS, v skladu s SIST EN 13164
4. Bitumenski varilni trak popolno privarjen na predhodni sloj, v skladu s SIST EN 13707 tip T in SIST 1031
5. Bitumenski varilni trak popolno privarjen na podlago, v skladu s SIST EN 13707 tip T in SIST 1031
6. Hladen bitumenski premaz
7. Nosilna konstrukcija v naklonu

Slika 1 • Primer tipične sestave obrnjene ravne strehe



1. Prodec frakcije 16 do 32 mm, minimalne debeline 5 cm, tudi preprečitev vzgona
2. Drenažni, filterni in ločilni sloj (poliestrski filc 200 g/m²)
3. Toplotna izolacija iz ekstrudiranega polistirena XPS, v skladu s SIST EN 13164
4. Bitumenski varilni trak popolno privarjen na predhodni sloj, v skladu s SIST EN 13707 tip T in SIST 1031
5. Samolepilni bitumenski trak hladno prilepljen na toplotno izolacijo, v skladu s SIST EN 13707 top T in SIST 1031
6. Toplotna izolacija iz ekspandiranega polistirena EPS, v skladu s SIST EN 13163
7. Parna zapora, samolepilni bitumenski trak hladno prilepljen na podlago, v skladu s SIST EN 13970 in SIST 1031
8. Hladen bitumenski premaz
9. Nosilna konstrukcija v naklonu

Slika 2 • Primer tipične sestave kombinirane ravne strehe

tako izpostavljena vremenskim vplivom, med katerimi so predvsem problematične vlaga, voda in zmrzal. Prednosti takšne rešitve so predvsem v tem, da ni potreben dodaten sloj parne zapore (to funkcijo opravlja kar sloj hidroizolacije) in da so plasti hidroizolacije dobro zaščitene pred vremenskimi vplivi; v prvi vrsti pred temperaturnimi spremembami (ne samo sezonske, ampak tudi dnevne ali celo hitrejšie spremembe – npr. po nalivu) in pred sončnim sevanjem. Slabosti so predvsem v zmanjševanju toplotnoizolacijskih sposobnosti plošč in slojev, ki so izpostavljeni stalni prisotnosti vlage in vode (nekateri predpisi zato zahtevajo povečano debelino toplotne izolacije), težavam z izvedbo, visoki ceni izredno velikih debelin toplotnoizolacijskih plošč (večje debeline plošč XPS so zaradi specifičnosti proizvodnega procesa na enoto prostornine precej dražje od tanjših plošč), težavam stikovanja in pojavom rež med ploščami, posebej v primeru neravnih površin, ki pa prepogosto nastopajo v gradbeni praksi.

Poleg tega obrnjene lahke strehe ni moč izvesti nad lahko konstrukcijo, ne smemo izvesti toplotne izolacije v več plasteh (v tem primeru bi sloj vlage med ploščami ustvaril paronepropusten sloj, ki bi preprečeval prehod pare in s tem onemogočal izsuševanje spodnjih plasti) in predvsem zaradi težav ob nujni dodatni obtežbi, ki je potrebna za preprečevanje vzgona in s tem plavanja izolacijskih plošč (pri 15 cm debeli plasti toplotne izolacije potrebujemo vsaj 165 kg/m² in pri 25 cm debeli plasti vsaj 275 kg/m² obtežbe zaščitne plasti, kar predstavlja v primeru najpogostejših zaščit kar 12 oziroma 20 cm debele plasti prane prodca).

2.1.2 Kombinirana ravna streha

Sestavljena je kot kombinacija običajne neprezračevane strehe (ali tople strehe) in nad njo nameščene pred tem opisane obrnjene ravne strehe (Busse, 1992). Torej gre za običajno toplo in neprezračevano streho, nad katero je nadgrajena – bodisi v primerih novogradenj in še pogosteje v primerih raznih

sanacij ali adaptacij – obrnjena ravna streha. Velika prednost takšne rešitve je v tem, da zajema prednosti obeh ravnih streh: tako klasične neprezračevane kot tudi obrnjene ravne strehe. Z gradbeno-fizikalnega stališča je ta način izvedbe gotovo najboljša rešitev. To potrjujejo tudi izkušnje, žal pa velja takšna rešitev zaradi velikega števila slojev za drago izbiro. V študiji želimo ugotoviti, ali je takšna, torej boljša ravna streha, tudi dražja – tako v pogledu takojšnje investicije kot tudi med uporabo v življenjski dobi, predvsem za večje debeline toplotnih izolacij, ki v zadnjem času nastopajo.

2.2 Robni pogoji in predpostavke

Stroški gradnje, stroški vzdrževanja, stroški porabe energije v življenjski dobi, kakovost bivanja in nivo splošne kakovosti ravnih streh so odvisni od naslednjih spremenljivk:

- debeline toplotne izolacije,
- kakovosti zaključnih in zaščitnih slojev,
- velikosti ravne strehe in sestave konstrukcijskega sklopa,

- kakovosti oblikovanja, načrtovanja in projektiranja,
- kakovosti vgrajevanja, natančnosti izvedbe detajlov in priključkov ter kakovosti vgrajenih materialov,
- letnega časa in vremenskih razmer ob vgradnji,
- lokacije objekta, temperaturnih primanjkljajev za to lokacijo kot tudi mikroklima lokacije z vsemi možnimi zastiranjem, senčenji in izpostavljenosti vetru,
- stroškov dela vgradnje in energije, potrebne za vgradnjo,
- stroškov periodičnih pregledov in rednega vzdrževanja.

Glede na izredno število spremenljivk in s ciljem po čim verodostojnejših podatkih in posledično zanesljivih rezultatih smo upoštevali naslednje metodološke predpostavke in robne pogoje:

- 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)) ter s pomočjo računalniškega programskega orodja (Krainer, 2009) izračunali specifične izgube toplotne energije in posredno vrednosti teh specifičnih toplotnih izgub na enoto površine (m^2). Stroški teh izgub v ogrevalni sezoni – brez stroškov ogrevanja sanitarne vode in stroškov ohlajevanja ali klimatizacij – so nam koristili pri ekonomskem vrednotenju različnih debelin slojev toplotnih izolacij v obeh primerih konstrukcijskih sklopov ravne strehe;

- 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 realne razmere v naravi v primerjavi z razmerami v idealnih ali laboratorijskih pogojih;
- kot nosilni zid je upoštevana armiranobetonska plošča debeline 20 cm;
- sedanja predpostavljena cena energije je $0,11 \text{ €/kWh}$, cena energije že vključuje

izkoristek kurišča in izgube ob prenosu energije;

- privzeta je diskontna mera 5 %;
- oba konstrukcijska sklopa sta oblikovana tako, da dosežeta predvideno življenjsko dobo 60 let z dvakratno vmesno obnovitvijo (preplastitvijo) po 20. letu in po 40. letu uporabe;
- kombinirana ravna streha je sestavljena iz 80 % debeline toplotne izolacije v klasični, to je topli strehi (uporabljen je EPS – ekspanzirani polistiren), in 20 % debeline toplotne izolacije v slojih obrnjene strehe (vremenskim vplivom je izpostavljen ekstrudirani polistiren – XPS).

Z zgoraj omenjenimi predpostavkami smo želeli doseči čim verodostojnejše podatke, zajeti vse možne vplive v čim realnejši intenziteti in izmed mnogih analiziranih različic sestav konstrukcijskih sklopov ravni streh izbrati najbolj tipične primere ne glede na to, kako bi ti kazalniki kasneje vplivali na rezultate in s tem na naša pričakovanja ali praktične izkušnje.

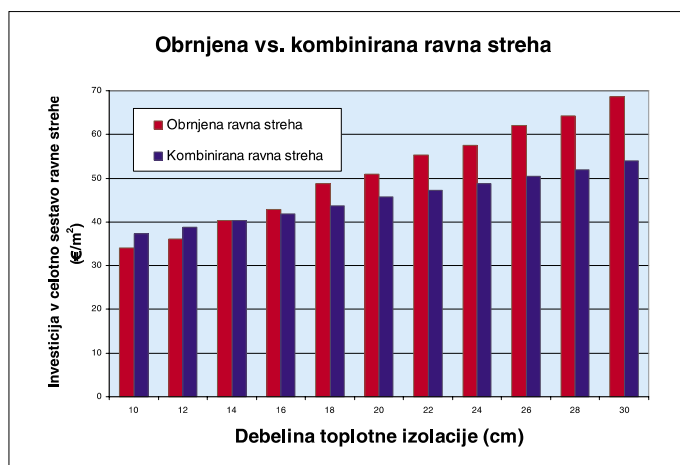
3 • REZULTATI IN NJIHOVO VREDNOTENJE

Izvajali smo analize primerov različnih sestav omenjenih ravni streh. Izmed vseh smo izbrali najbolj tipične in njihove rezultate predstavili po specifični enoti površine (m^2 ravne strehe). Slika 3 prikazuje investicijsko vrednost obrnjene in kombinirane ravne strehe. Investicija v kombinirano ravno streho je pri

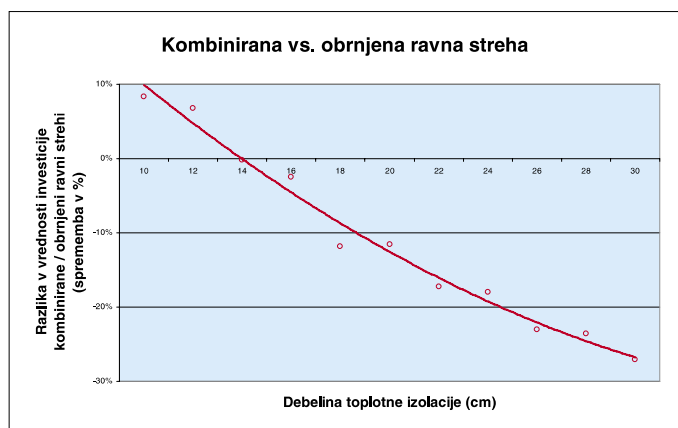
manjših debelinah toplotne izolacije višja, vendar postane z gradbeno-fizikalnega vidika kombinirana ravna streha boljše rešitev, in kar je še posebej pomembno – pri večjih skupnih debelinah toplotne izolacije celo cenejša. Ta prelom se zgodi pri debelini približno 14 cm.

Razliko v ceni investicije med obema sistemoma ravni streh ponazarja slika 4. Nad debelino 14 cm je kombinirana ravna streha cenejša od obrnjene, in sicer pri skupni debelini toplotne izolacije 20 cm za 11,6 % in pri debelini toplotne izolacije 30 cm je investicijska vrednost v kombinirano ravno streho celo za 27 % nižja.

V skladu s prikazanima slikama so stroški izvedbe (vsi materiali, delo in transporti) pri skupni debelini toplotne izolacije 14 cm v

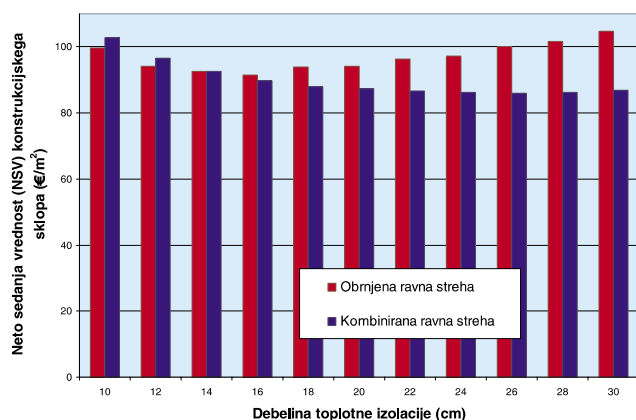


Slika 3 • Vrednost investicije (NSV₀) v obrnjeno in kombinirano ravno streho v odvisnosti od skupne debeline toplotne izolacije



Slika 4 • Razlika v vrednosti investicije (NSV₀) v kombinirano proti investiciji v obrnjeno ravno streho, izražena v odstotkih. V primeru skupne debeline toplotne izolacije več kot 14 cm je investicijska vrednost v kombinirano ravno streho nižja od investicije v obrnjeno ravno streho

Obrnjena vs. kombinirana ravna streha



Slika 5 • Neto sedanja vrednost (NSV) celotnega konstrukcijskega sklopa dveh različnih rešitev ravnih streh v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od skupne debeline toplotne izolacije

primeru obrnjene in kombinirane ravne strehe enaki. Nad to skupno debelino (v kombinirani ravni strehi je privzeto 80 % debeline EPS pod hidroizolacijsko plastjo in 20 % skupne debeline z XPS nad hidroizolacijo) pa izkazuje kombinirana ravna streha veliko večjo ekonomičnost že za samo vrednost investicije (NSV₀). Hkrati pa takšna streha združuje vse prednosti klasične (neprezračevane) tople in obrnjene ravne strehe in je tako že s tehnološkega in tudi gradbeno-fizikalnega pogleda boljša rešitev.

Neto sedanja vrednost (NSV) obeh konstrukcijskih sklopov ravnih streh v življenjski

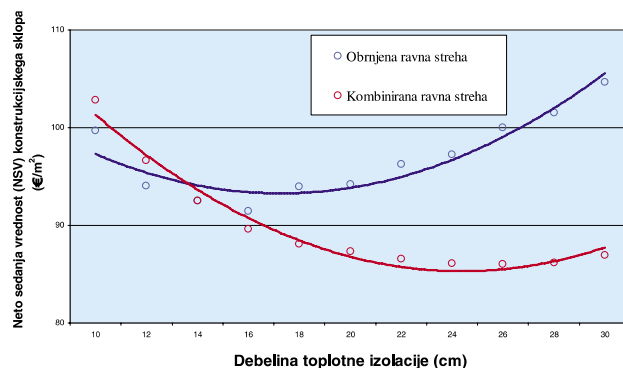
dobi je prikazana na slikah 5 in 6 ter prikaz razdeljene NSV na investicijsko vrednost, vrednost toplotnih izgub in stroškov vzdrževanja v predpostavljeno šestdesetletni življenjski dobi na slikah 7 in 8. Podobno kot pri stroških investicije se tudi v teh primerih neto sedanji vrednosti (NSV) obeh ravnih streh izenačita pri skupni debelini toplotne izolacije 14 cm, vendar se minimumi v NSV dogodijo pri različnih vrednostih: pri obrnjeni ravni strehi že pri 16 cm in pri kombinirani ravni strehi pri 26 cm debeli plasti toplotne izolacije. NSV kombinirane ravne strehe je pri 26 cm debeli plasti toplotne izolacije

za kar 16,2 % nižji od NSV obrnjene ravne strehe.

Na investicijsko vrednost, vrednost toplotnih izgub v ogrevalni sezoni in stroške vzdrževanja (dvakratna obnovitev v življenjski dobi) razdeljeno neto sedanjo vrednost v šestdesetletni življenjski dobi prikazujeta sliki 7 za obrnjeno in 8 za kombinirano ravno streho.

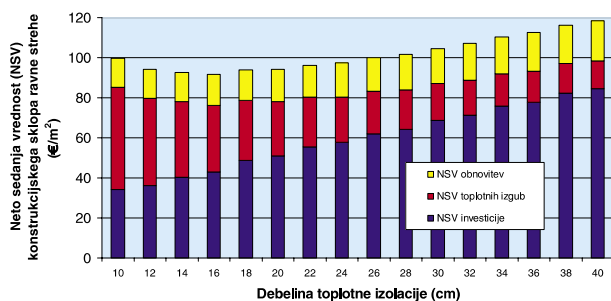
Sprememba investicijske vrednosti (NSV₀) v kombinirano ravno streho glede na minimalne zahteve po pravilniku (Pravilnik, 2008) ($U < 0,20 \text{ W/(m}^2 \text{ K)}$), kar predstavlja v praksi najpogostejše približno 18 cm toplotne izo-

Obrnjena vs. kombinirana ravna streha



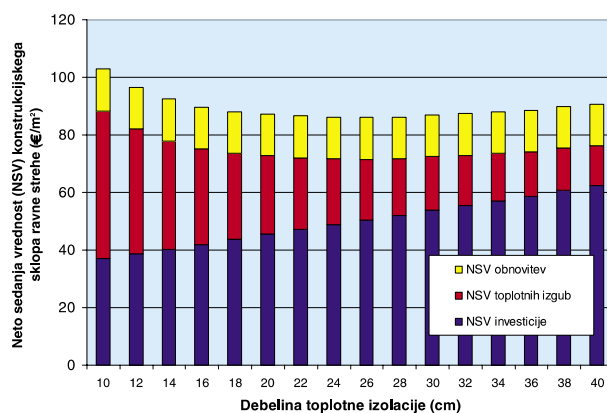
Slika 6 • Neto sedanja vrednost (NSV) celotnih konstrukcijskih sklopov dveh različnih rešitev ravnih streh v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od skupne debeline toplotne izolacije

Neto sedanja vrednost obrnjene ravne strehe v predpostavljeno življenjski dobi 60 let

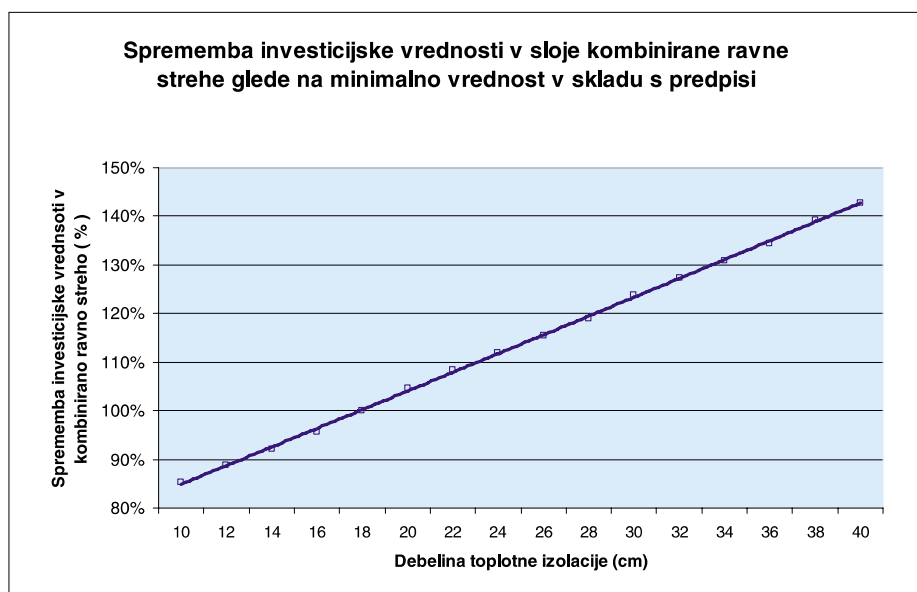


Slika 7 • Neto sedanja vrednost (NSV) obrnjene ravne strehe, razdeljene na investicijsko vrednost (NSV₀), vrednost toplotnih izgub in stroškov vzdrževanja v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od debeline toplotne izolacije

Neto sedanja vrednost kombinirane ravne strehe v predpostavljeno življenjski dobi 60 let



Slika 8 • Neto sedanja vrednost (NSV) kombinirane ravne strehe, razdeljene na investicijsko vrednost (NSV₀), vrednost toplotnih izgub in stroškov vzdrževanja v šestdesetletni življenjski dobi v odvisnosti od skupne debeline toplotne izolacije



Slika 9 • Sprememba investicijske vrednosti (NSV₀) v sloje kombinirane ravne strehe glede na tipično minimalno vrednost v skladu s predpisi, tj. 18 cm skupne debeline toplotne izolacije

lacije, je prikazana na sliki 9. V našem primeru smo uporabili za nosilno konstrukcijo armirani beton debeline 20 cm. Četudi bi upoštevali druge nosilne konstrukcije, se predpisana debelina toplotne izolacije bistveno ne spremeni. Vsak dodaten centimeter v skupni debelini toplotne izolacije kombinirane ravne strehe predstavlja za približno 2,0 % višji investicijski vložek. Ali

drugače: dodati 5 cm debelo toplotnoizolacijsko plast pomeni 10 % večji vložek v sloje ravne strehe (vsi materiali skupaj z montažo). Pri tem se pa vrednost toplotne prehodnosti (U) celotnega konstrukcijskega sklopa kombinirane ravne strehe izboljša za celo 20,4 %. V primeru obrnjene ravne strehe pa vsak dodatni centimeter toplotne izolacije pomeni kar 3,3 % dražjo investicijo.

3.1 Vpliv debeline toplotne izolacije ali vpliv dodatnega finančnega vložka v toplotno izolacijo

Iz slik ugotovimo, da je minimalna neto sedanja vrednost (NSV) za kombinirano ravno streho pri sedanjih cenah energije dosežena pri debelini toplotne izolacije 26 cm. Vzrok temu, da se NSV znižuje le do določene debeline toplotne izolacije, so v investicijskih stroških dodatne debeline toplotne izolacije. Posledično zaradi tega investicijska vrednost kombinirane ravne strehe narašča strmeje, kot se znižujejo NSV stroškov zaradi ogrevanja. Če želimo varčevati z energijo in posledično varovati okolje, moramo za te namene povečati debelino toplotne izolacije na s trajnostnega vidika optimalno debelino (Kunič, 2007) in tako zavestno, zaradi ekološke ozaveščenosti, pristajati tudi na višjo investicijsko vrednost in tudi NSV.

Analize vpliva višanja cen energije kažejo na drastično naraščanje stroškov toplotnih izgub skozi konstrukcijski sklop ravne strehe v predvideni življenjski dobi. Ob tem hkrati postajajo deleži začetnih investicijskih stroškov proti celotnim stroškom vse manjši. Pri ceni energije 0,30 €/kWh in 18 cm debeli toplotnoizolirni plasti, ki v večini primerov zadovoljuje našim predpisom, so začetni investicijski stroški 42 %, vse ostalo (58 %) so stroški ogrevanja, vzdrževanja in obnovitev v življenjski dobi stavbe.

4 • SKLEP

Presenetljivo je izračun pokazal, da sta tipična konstrukcijska sklopa obrnjene in kombinirane ravne strehe izenačena po stroških investicije in tudi po NSV v šestdesetletni življenjski dobi že pri debelini toplotne izolacije 14 cm. Nad to debelino je kombinirana ravna streha po investicijskih stroških in tudi v celotni življenjski dobi cenejša (torej je dosežen nižji NSV). Poleg tega pa je takšna rešitev hkrati tudi v tehničnem in gradbeno-fizikalnem pogledu veliko boljša, saj združuje vse prednosti tako klasične neprezračevane (ali tople) kot tudi obrnjene ravne strehe. Toplotna izolacija je še vedno najpomembnejši in predvsem stroškovno najučinkovitejši način varčevanja z energijo. Ob sedanjih cenah energije in ceni toplotnih izola-

cij je minimalna neto sedanja vrednost v šestdesetletni življenjski dobi ravne strehe za izbrane tipične primere kombiniranih ravnih streh dosežena pri debelini toplotne izolacije 26 cm. S trajnostnega vidika je optimalna debelina toplotne izolacije večja in zajema tudi predvidena gibanja cen energije, materialov, stroškov dela, upravljanja z odpadki in tudi vpliv zavestnega odločanja za varčevanje z energijo in varovanje okolja. Tako je ob sedanjih cenah energije smiselno v konstrukcijske sloje ravnih streh vgrajevati tudi 35 cm debele sloje toplotnih izolacij (Kunič, 2007). Že pri trenutnih cenah energije in trenutnih cenah toplotnoizolacijskih materialov so s poglobljenejši ekonomične precej večje, približno dvakrat večje od predpisanih de-

belin toplotnih izolacij v skladu s trenutno veljavnimi predpisi v Sloveniji. Minimalna debelina toplotne izolacije, ki je predpisana s standardi, pravilniki ali zakoni, ni v nobenem obdobju bila osnova za najbolj ekonomično izbiro toplotne zaščite. Vedno je bilo na srednji in daljši rok bolj ekonomično graditi z debelejšimi sloji toplotne izolacije, kar še posebej velja za obdobja z visoko ceno energije, dolge življenjske dobe stavb in za zahteve po višjem toplotnem udobju.

Ob vrednotenju vseh teh primerov se moramo zavedati, da izračuni ekonomičnih debelin toplotnih izolacij veljajo za trenutne razmere. Ker pa ne gradimo za samo bližnjo, ampak celo daljno prihodnost, moramo upoštevati predvidena gibanja cen energije, cen toplotnih izolacij, pričakovanih življenjskih dob, trajnosti materialov, zanesljivosti vgradnje in podobno.

5 • LITERATURA

- Busse, H. B., Waubke, N. V., Grimme, R., Mertins, J., Atlas Flache Dächer, Nutzbare Flächen, Rudolf Müller Verlag, Köln, 1992.
- Krainer, A., Vpliv trajnosti konstrukcijskih sklopov in gradbenih materialov na produkcijsko – potrošniški cikel zgradb, FAGG, VTOZD GG, Ljubljana, 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, Katedra za stavbe in konstrukcijske elemente in FRAGMAT, 2009.
- Kunič, R., Načrtovanje vrednotenja vpliva pospešenega staranja bitumenskih trakov na konstrukcijske sklope, doktorska disertacija, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, 2007.
- Mansfield, E., Managerial Economics, Theory, Applications and Cases, W.W. Norton & Comp. Inc. USA, 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 učinkoviti rabi energije v stavbah, Uradni list Republike Slovenije, št. 93/2008.

PRIMERJALNA ANALIZA IN PREDLOG OBDELAVE PREOSTALIH MEŠANIH KOMUNALNIH ODPADKOV NA PRIMERU LJUBLJANSKE REGIJE

THE COMPARATIVE ANALYSIS AND RESIDUAL MIXED MUNICIPAL WASTE TREATMENT PROPOSITION IN REGARD TO THE LJUBLJANA REGION CASE

mag. Marta Malus, univ. dipl. inž. grad.

SNAGA Javno podjetje, d. o. o., Povšetova 6, Ljubljana
marta.malus@snaga.si

Strokovni članek

UDK: 628.47

prof. dr. Viktor Grilc, univ. dipl. inž. kem.

Kemijski inštitut Ljubljana, Hajdrihova ulica 19, 1000 Ljubljana
viktor.grilc@ki.si

Povzetek | Zaradi zahtev zakonodaje po trajnostnem ravnanju z odpadki in vedno težjega in dražjega zagotavljanja površin za odlaganje odpadkov je v ljubljanski regiji predvidena MBO (mehansko-biološka obdelava) preostalih mešanih komunalnih odpadkov. Prikazani so pglavitni možni postopki za obdelavo preostalih mešanih komunalnih odpadkov in analiza izbranih postopkov na osnovi načel trajnostnega ravnanja ter predlagan prednostni postopek, izbran na osnovi primerjalne analize. Izbrani postopki so analizirani in med sabo primerjani z okoljskega, ekonomskega in sociološkega vidika, v primerjavo pa je vključen tudi postopek, ki ga predlaga Snaga (Snaga Javno podjetje, d. o. o., Ljubljana), saj so bile v tem delu prikazane analize izdelane povsem ločeno od analiz Snage. Predlagani prednostni postopek je sestavljen iz izločanja sekundarnih surovin in mehanske separacije lahke, energetsko bogate frakcije kot surovine za pripravo trdnega goriva, separacije težje frakcije, ki vsebuje koncentrirane organske biorazgradljive snovi in njene priprave za anaerobno fermentacijo, anaerobne fermentacije s proizvodnjo in energetsko izrabo bioplina ter dehidracije pregnitega blata pred končno oskrbo.

Summary | Because of the legislation demands and increasingly difficult and expensive way to provide the landfill space, MBT (mechanical-biological treatment) of the residual mixed municipal waste is foreseen for the Ljubljana region. The analysis of possible treatments for residual mixed municipal waste and analysis of chosen treatments are presented. The chosen treatments are analysed from the principles of sustainable development. On the basis of comparative analysis, a proposition of preferential procedure is suggested. The chosen treatments are analysed and compared from the environmental point of view and also from economic and sociological point of view. The treatment process recently suggested by Snaga is also taken into consideration. The analyses, which are presented in this paper, were made completely separately from those made by Snaga. The proposition of preferential treatment consists of sorting-out the recyclables, mechanical separation of the lighter, caloric fraction to be used as a solid recovered fuel, whereas the residual heavy fraction (which contains the concentrated biodegradable components) is prepared and utilised in an anaerobic digestion with the production of biogas and the dehydration of the sludge before disposal.

1 • UVOD

PMKO (preostali mešani komunalni odpadki) sestavlja mešanica papirja, stekla, embalaže in biološko razgradljivih odpadkov, ki niso bili ločeno zbrani, in odpadki, ki ne sodijo med naštetih štiri frakcije, ki se zbirajo ločeno. Sestavljeni so iz PMGO (preostali mešani gospodinjski odpadki) in POSD (mešani komunalni odpadki iz proizvodnih, obrtnih in storitvenih dejavnosti).

V Ljubljani potekajo intenzivne priprave na posodobitev sedanjega sistema ravnanja z odpadki, ki temelji predvsem na odlaganju PMKO na odlagališče nenevarnih odpadkov Barje. Koncept ravnanja z odpadki Ljubljane

predvideva izgradnjo RCERO (Regijski center za ravnanje z odpadki) Ljubljana, lociranem na območju odlagališča nenevarnih odpadkov Barje v Ljubljani, v katerem je predvidena mehansko-biološka obdelava PMKO.

V idejni študiji iz leta 2005, ki jo je naročila Snaga, je bilo pregledanih in analiziranih več postopkov obdelave PMKO, prednostni postopki so bili obdelani v predinvesticijski zasnovi, najugodnejši postopek pa še v idejnem projektu in tudi investicijskem programu leta 2006.

V naši raziskavi, ki je potekala neodvisno od selekcije postopka v Snagi, smo najprej

opredelili najsodobnejše postopke obdelave PMKO ter za nadaljnjo analizo izbrali postopka, ki nista bila analizirana niti obdelana v nobeni študiji ali dokumentaciji za obdelavo odpadkov ljubljanske regije. Izbrane postopke smo med sabo primerjali, v primerjavo in oceno pa smo vključili še postopek, ki je bil obdelan v idejnem projektu leta 2006, in različico tega postopka iz vloge za pomoč EU pri nadgradnji RCERO Ljubljana iz leta 2007, z upoštevanjem zadnjih sprememb vloge leta 2008 in 2009.

Po primerjalni analizi prednostnih postopkov obdelave odpadkov in značilnosti ljubljanske regije v nadaljevanju predlagamo s tehnookonomskega in ekološkega stališča najugodnejši postopek obdelave PMKO ljubljanske regije.

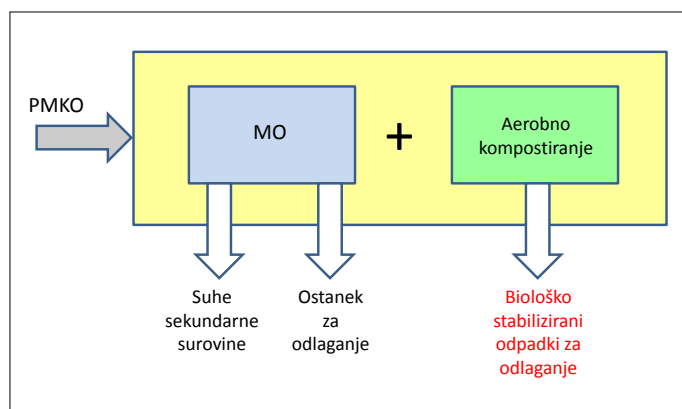
2 • MOŽNI POSTOPKI OBDELAVE PMKO

Pri obdelavi PMKO se vedno bolj uveljavlja MBO z različnimi postopki MO (mehanska obdelava) in BO (biološka obdelava). Za obdelavo odpadkov se lahko uporabi tudi MFO (mehansko-fizikalna obdelava). Kot fizikalno obdelavo štejemo sušenje odpadkov s toploto, dodano iz zunanjega vira, in se uporablja predvsem za proizvodnjo TG (trdno gorivo iz odpadkov) dobre kakovosti (JCS, 2005).

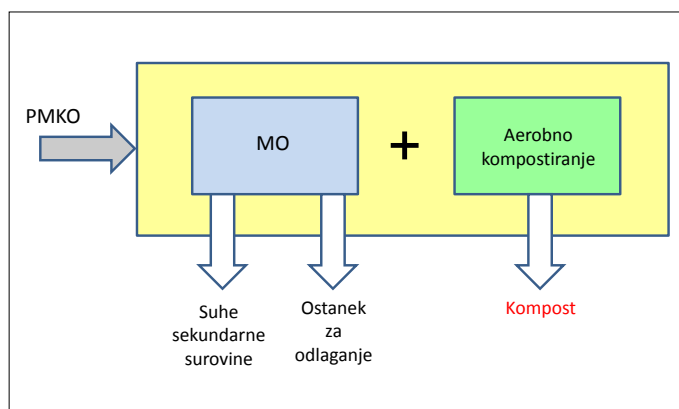
Cilji MO odpadkov so maksimalni zajem reciklabilnih komponent, priprava odpadkov za biološko obdelavo in rafinacija produktov. Izbira postopka BO je povezana z želenim produktom procesa MBO: proizvodnjo biostabiliziranih odpadkov za odlaganje na odlagališču, proizvodnjo komposta, proizvodnjo bioplina in proizvodnjo TG dobre kakovosti.

Po navadi želimo proizvajati več kot en proizvod, zato ima večina naprav za MBO kombinacijo več postopkov biološke obdelave (JCS, 2005). Glede na ugotovitve smo določili sedem potencialnih postopkov znotraj MBO, ki bi jih bilo (same ali v kombinaciji) možno uporabiti za obdelavo PMKO ljubljanske regije. Prikazani so na slikah od 1 do 7. V praksi se uporabljajo naprave za MBO, pri katerih se kombinira več osnovnih bioloških postopkov, na primer AF (anaerobna fermentacija), z ali brez predhodnega precejanja, in kompostiranje v zaprtem prostoru ali biosušenje (JCS, 2005).

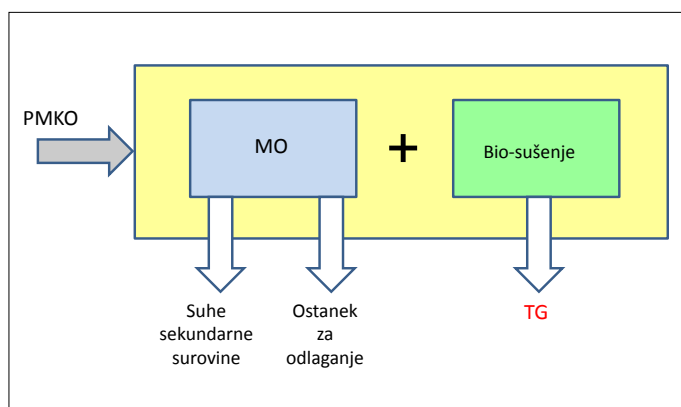
Sedem postopkov, ki smo jih določili kot potencialno možne postopke, smo ocenili glede na zmanjšanje vsebnosti biorazgradljivih snovi,



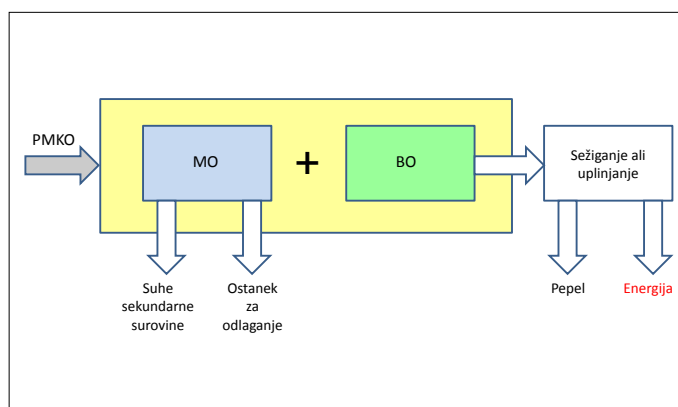
Slika 1 • Postopek s stabilizacijo odpadkov za odlaganje na odlagališče



Slika 2 • Postopek s proizvodnjo uporabnega komposta



Slika 3 • Postopek s proizvodnjo trdnega goriva z uporabo biosušenja

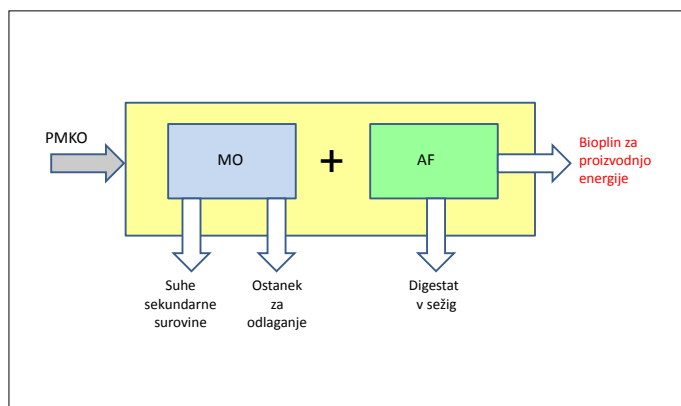


Slika 4 • Postopek s ciljem zmanjšanja količine PMKO za sežig

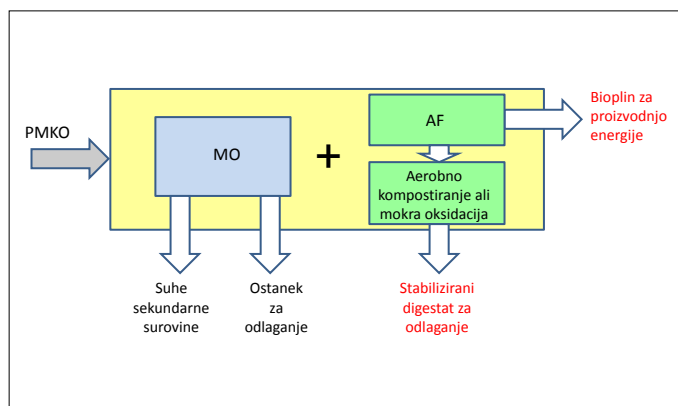
proizvodnjo goriva in vpliv na okolje in zdravje ljudi. Vseh sedem postopkov zmanjšuje vsebnost biorazgradljivih snovi v odpadkih, obseg zmanjšanja pa je odvisen od vrste postopkov in vhodnih snovi. Pri petih postopkih se

proizvaja gorivo. Vsi postopki in naprave za obdelavo odpadkov, tudi sedem postopkov, ki smo jih določili kot možne za obdelavo PMKO iz Ljubljanske regije, imajo vpliv na okolje z emisijami v zrak, z emisijami v vodo in z odla-

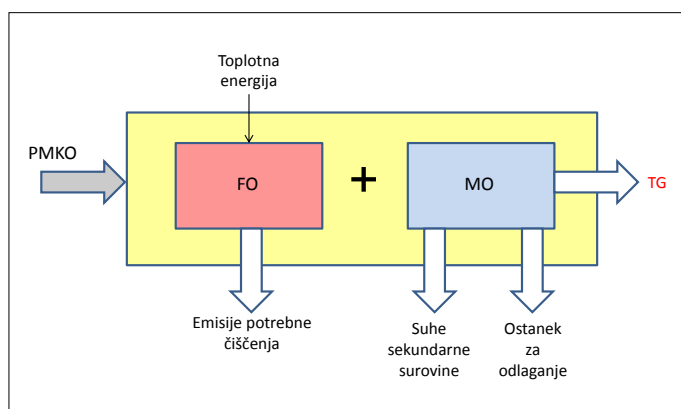
ganjem ostankov obdelave na odlagališče, imajo pa tudi potencialni vpliv na zdravje ljudi. Pri MBO moramo z ustreznimi ukrepi zagotoviti, da je vpliv na okolje in zdravje ljudi znotraj določenih zakonskih meja.



Slika 5 • Postopek s proizvodnjo bioplina in sežig dehidriranega digestata



Slika 6 • Postopek s proizvodnjo bioplina in stabiliziranega digestata za odlaganje



Slika 7 • Postopek s proizvodnjo trdnega goriva z MFO

3 • PREDNOSTNI POSTOPKI OBDELAVE PMKO

Izmed možnih postopkov obdelave PMKO smo za nadaljnjo analizo izbrali dva postopka, ki sta prikaza na slikah 5 in 6 ter ju podrobneje analizirali. Za izbrana postopka smo se odločili, ker se pri njiju proizvaja in zajema bioplin, ki ga uporabimo znotraj same naprave in je možnost za energijsko neodvisnost naprave od zunanjih virov energije. Prav tako sta v letih 2005 in 2006 začela v Nemčiji obratovati dva referenčna objekta s podobnima postopkoma MBO in rezultati obratovanja so ugodni ter znotraj zakonskih meja.

Za analizo smo določili postopka:

- MBO PMKO z uporabo mehanske obdelave, kjer se izloči groba (lahka) frakcija in predela v TG, precejanja (*percolation*) vode skozi srednjo in fino frakcijo odpadkov v precejalniki (*percolator*), mezofilne AF precejene vode s proizvodnjo in energetsko izrabo bioplina, biosušenja precejenih in dehidriranih odpadkov v tunelih ter mehanskega ločevanja po biosušenju na lahko frakcijo za TG in na ostanke za sežig v namenski sežigalnici ter na mineralne ostanke za odlaganje, ki smo ga na kratko poimenovali MBO s precejanjem. Predvideno je čiščenje odpadne vode na ČN (čistilna naprava) in čiščenje 2/3 odpadnega zraka z biofiltri ter 1/3 z RTO (regenerativna toplotna oksidacija).

- MBO PMKO, kjer se z uporabo mehanske obdelave izloči groba in srednja lahka frakcija in pripravi za TG, mokre mezofilne AF težke biološke frakcije PMKO s proizvodnjo in energetsko izrabo bioplina, stabilizacije tekočega digestata z aeracijo (*wet oxidation*) in dehidracije stabiliziranega digestata ter njegovo odlaganje na odlagališče, ki smo ga na kratko poimenovali MBO z aeracijo ter ločili še podvarianti s sušenjem TG in brez sušenja TG. Tudi tu je predvideno čiščenje odpadne vode na ČN in čiščenje 2/3 odpadnega zraka z biofiltri ter 1/3 z napravo RTO.

Za izbrana postopka smo za razpoložljivo količino odpadkov določili blok sheme, procesne sheme, potrebne površine za umešitev v prostor, masne bilance z določitvijo lastnosti produktov, energetske bilance in vplive na okolje in ljudi. Določili smo tudi investicijske in obratovalne stroške MBO. Izbrani postopki so analizirani in med sabo primerjani z okoljskega, ekonomskega in sociološkega vidika, v primerjavo pa je vključen tudi postopek, ki ga predlaga Snaga, saj so bile analize v naši raziskavi izdelane povsem ločeno od analiz Snage. Izbrana postopka sta izpolnjevala zahteve in mejne vrednosti posameznih parametrov po slovenskih predpisih, delno tudi nemških,

ki jim morajo zadoščati produkti po MBO in zahtevane mejne vrednosti emisij iz naprav za MBO.

Postopek MBO PMKO, obdelan v idejnem projektu Snage iz leta 2006, je sestavljen iz:

- Mehanske separacije lahke, energetske bogatejšje frakcije kot surovine za pripravo trdnega goriva, mehanskega čiščenja lahke frakcije, sušenja trdnega goriva in konfencioniranja po zahtevah odjemalca ter priprave za transport, separacije težje frakcije, ki vsebuje koncentrirane organske biorazgradljive snovi, in priprave za anaerobno fermentacijo, suhe termofilne anaerobne fermentacije težje frakcije s proizvodnjo in energetsko izrabo bioplina, mokre separacije ostankov AF in dehidracije ter termičnega sušenja digestata iz AF in odvoza na sežig. Predvideno je čiščenje odpadne vode na ČN in čiščenje odpadnega zraka na A/D-T (adsorpcijsko/desorpcijski) napravi (Idejni projekt, 2006).

V letih 2008 in 2009 je Snaga obnovila vlogo za pomoč EU pri nadgradnji RCERO Ljubljana iz leta 2007 ter v njej nekoliko spremenila postopek MBO PMKO glede na idejni projekt.

- V mehansko obdelavo je dodana sortirnica za izločanje čim večjih količin sekundarnih surovin, opuščena je mokra separacija ostankov AF in sušenje digestata iz AF ter sušenje TG iz srednje težke frakcije (Upgrading, 2009).

Čiščenje zraka iz industrijskih objektov so še v razvojni fazi, prav tako zanje še ni na voljo podatkov o emisijah po termičnem sežigu, zato smo tudi za Snagina postopka MBO iz idejnega projekta in za MBO iz vloge za pomoč EU pripravili varianti čiščenja manj obremenjenega odpadnega zraka s prašnimi filtri, pralniki in z biofiltri oziroma ene tretjine bolj obremenjenega zraka z napravo RTO, in to upoštevali v primerjavi energetskih bilanc na sliki 10. Energetska bilanca pri MBO iz idejnega projekta in pri MBO iz vloge za pomoč EU se s tem bistveno poslabša. MBO iz vloge za pomoč EU je bila prej energetsko neodvisna, sedaj pa je treba zagotavljati del električne energije (okoli 1,2 mio. kWh/leto) iz javnega omrežja.

Iz slike 11 so razvidni specifični investicijski stroški in specifični bruto in neto letni obratovalni stroški ter specifični letni prihodki za vseh pet postopkov MBO, dodali pa smo še MBO iz vloge za pomoč EU ob predpostavki

4 • REZULTATI

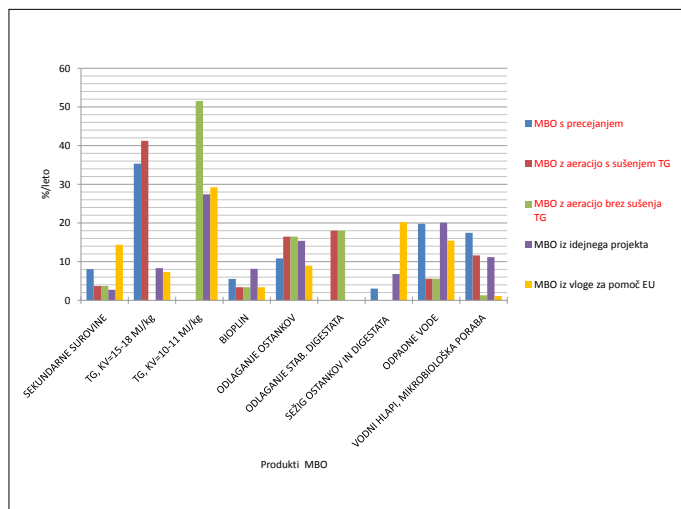
V nadaljevanju podajamo rezultate analiz in primerjav postopkov na slikah 8 do 11. Iz slike 8 je razvidna primerjava letne količine produktov pri posameznih postopkih.

Pri MBO iz vloge za pomoč EU dobimo največjo količino sekundarnih surovin, hkrati pa je potreben sežig večje količine dehidriranega digestata v namenski sežigalnici. Ugotovili smo, da je pri MBO iz idejnega projekta precej manjša količina proizvedenega bioplina, kar posledično pomeni tudi precej manjšo proizvodnjo električne in toplotne energije. Do enakega zaključka je prišla tudi Snaga, zato je pri MBO iz vloge za pomoč EU količina bioplina zmanjšala za dobro polovico.

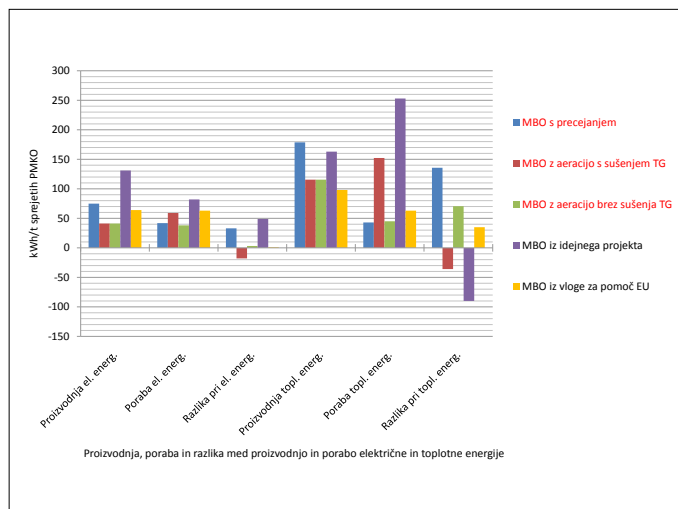
Iz slike 9 lahko ugotovimo, da je pri postopku MBO iz idejnega projekta zelo velika poraba toplotne energije, kar je prav gotovo posledica

porabljenih toplotnih energij za sušenje digestata in za sušenje celotnega TG. Zaradi sušenja TG je velika poraba toplotne energije tudi pri postopku MBO z aeracijo s sušenjem TG. Po opustitvi sušenja digestata in opustitvi sušenja TG iz srednje težke frakcije, se poraba toplote pri MBO iz vloge za pomoč EU bistveno zmanjša. Najugodnejšo energetsko bilanco izkazuje MBO s precejanjem.

Pri izbranih dveh postopkih smo upoštevali čiščenje dveh tretjin manj onesnaženega zraka s prašnimi filtri, pralniki in biofiltri ter ene tretjine zelo onesnaženega zraka (precejalniki, tuneli za biosušenje, zaprti bazeni za aeracijo) z napravo RTO. Pri MBO iz idejnega projekta in pri MBO iz vloge za pomoč EU je predvideno čiščenje odpadnega zraka na napravi A/D-T. Naprave A/D-T za



Slika 8 • Primerjava letne količine produktov

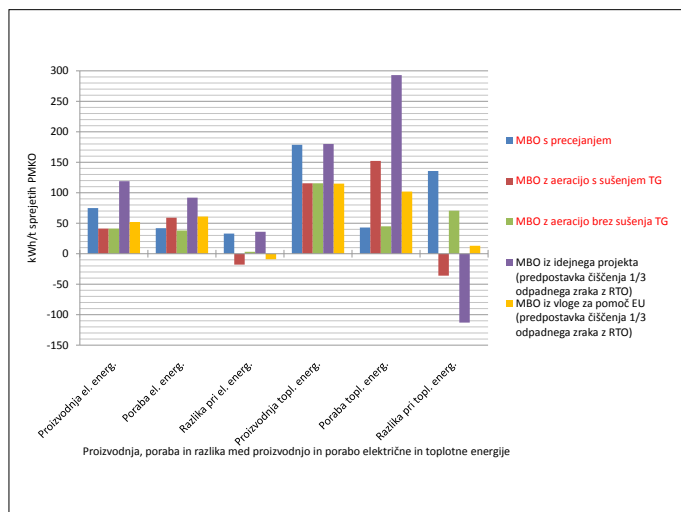


Slika 9 • Primerjava letne proizvodnje in porabe energije

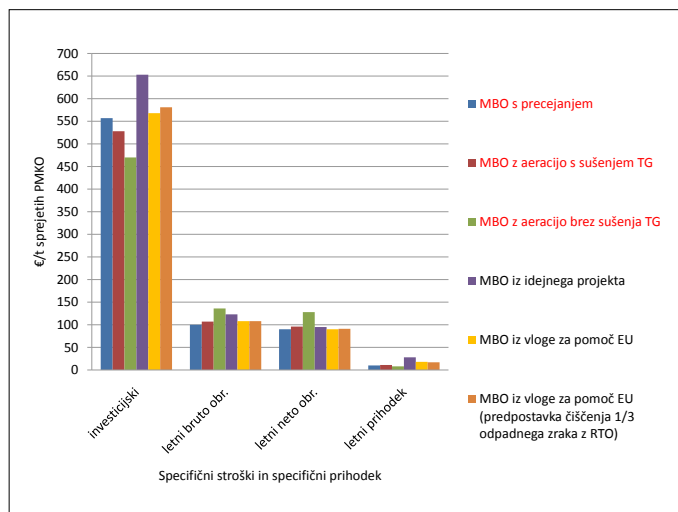
čiščenja ene tretjine zelo onesnaženega odpadnega zraka z napravo RTO. Ugotovili smo, da so letni neto obratovalni stroški najugodnejši pri MBO s precejanjem (90 €/t) in pri MBO iz vloge za pomoč EU (90 €/t). Pri investicijskih stroških je najugodnejši postopek MBO z aeracijo brez sušenja digestata

(470 €/t), ki mu sledijo MBO z aeracijo s sušenjem TG (528 €/t) in MBO s precejanjem (557 €/t) ter MBO iz vloge za pomoč EU (568 €/t). Letni prihodek pri MBO iz idejnega projekta izstopa in izhaja iz večje količine prodane električne energije, vendar pa smo že prej ugotovili, da je bila v idejnem projektu

precenjena količina proizvedenega bioplina in s tem tudi količina proizvedene električne energije. V obratovalnih stroških je upoštevan brezplačni prevzem TG s KV = 15–18 MJ/kg, strošek prevzema TG s KV = 10–11 MJ/kg 80 €/t TG in stroški prevoza na razdaljo okoli 100 km v obeh primerih 15 €/t TG.



Slika 10 • Primerjava letne proizvodnje in porabe energije (biofiltri in RTO)



Slika 11 • Primerjava specifičnih investicijskih in obratovalnih stroškov ter prihodkov

5 • SKLEP

Na osnovi analiz in primerjav so na sliki 12 prikazane ocene posameznih postopkov MBO z okoljskega, ekonomskega in sociološkega vidika.

Pri okoljskem vidiku imajo postopki MBO s precejanjem, MBO iz idejnega projekta in MBO iz vloge za pomoč EU prednost pred postopkom MBO z aeracijo predvsem zaradi

tega, ker se na odlagališče ne odlaga digestat, ki predstavlja potencialno nevarnost za nastanek toplogrednih plinov v primeru, da ni v zadostni meri stabiliziran, pa tudi količina odloženih mineralnih ostankov ni velika. Pri ekonomskem vidiku smo ugotovili, da je najcenejša izgradnja naprave za MBO z aeracijo brez sušenja TG, vendar so pri njej

najvišji neto obratovalni stroški, predvsem zaradi dragega sežiga TG. Obratovalni stroški so najnižji pri MBO s precejanjem in pri MBO iz vloge za pomoč EU, sprejemljivi pa so tudi pri vseh drugih postopkih MBO, razen pri postopku MBO z aeracijo brez sušenja TG. Ocenjujemo, da so koristi izvedbe vseh treh naprav približno enakovredne in se kažejo v prihranku sredstev za naravne vire (fosilna goriva) in zmanjšanju emisije toplogrednih plinov z uporabo bioplina na plinskih agregatih. Z ekonomskega vidika je najugodnejši postopek MBO iz vloge za pomoč EU.

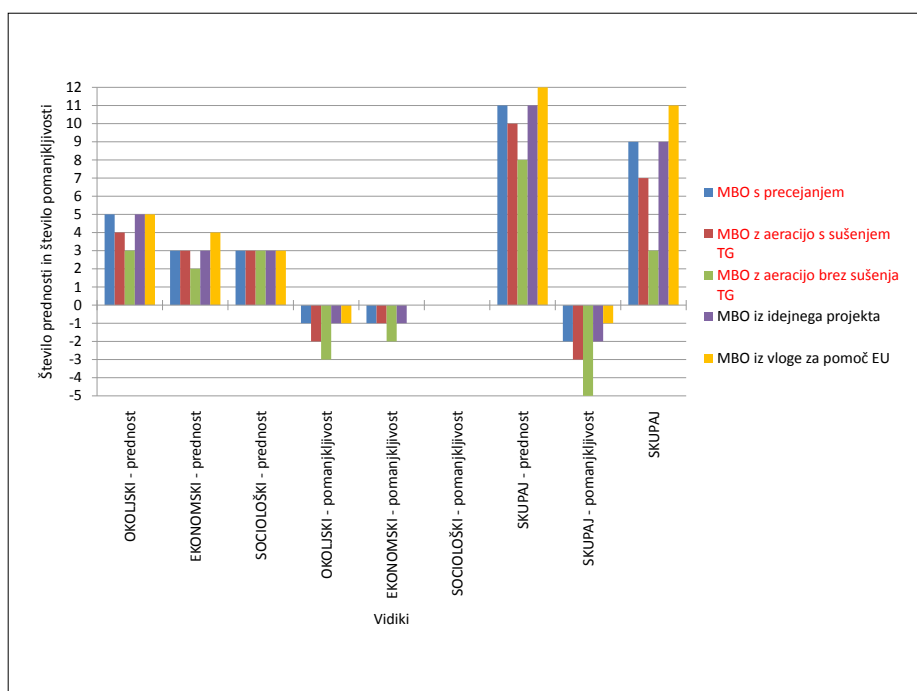
S sociološkega vidika so vsi postopki MBO enakovredni in jih lahko enakovredno ocenimo.

Iz slike 12 je razvidno, da je najugodnejši postopek MBO iz vloge za pomoč EU, sledita postopek MBO iz idejnega projekta in postopek MBO s precejanjem z enako oceno, na koncu pa sta postopka MBO z aeracijo s sušenjem in brez sušenja TG.

Na osnovi analiz, primerjav in ocen postopkov MBO predlagamo za prednostni postopek obdelave PMKO iz ljubljanske regije postopek, ki ga sestavljajo:

- mehanska separacija lahke frakcije za pripravo TG (brez sušenja TG, eventuelno sušenje TG iz lahke frakcije),
- sortirnica sekundarnih surovin,
- odlaganje inertnih ostankov,
- separacija težje frakcije, priprava za AF, AF,

- dehidracija digestata in njegova končna oskrba (odvoz na sežig v sežigalnico),
- čiščenje odpadne vode na ČN in čiščenje odpadnega zraka s preizkušeno tehniko.



Slika 12 • Ocene MBO z okoljskega, ekonomskega in sociološkega vidika

6 • LITERATURA

Idejni projekt objektov anaerobne fermentacije biorazgradljive frakcije iz mešanih gospodinskih odpadkov, sušenje digestata in izkoriščanje bioplina v sklopu RCERO Ljubljana, Tehnološki načrt, Ljubljana, Hidroinženiring, d.o.o., Snaga Javno podjetje, d.o.o., 2006.

JCS, Juniper Consultancy Services LTD, Mechanical-Biological-Treatment, A Guide for decision Makers – Processes, Policies and Markets, Gloucestershire, http://www.juniper.co.uk/Publications/mbt_report.html, 2005.

Malus, M., Primerjalna analiza in predlog obdelave ostalih mešanih komunalnih odpadkov na primeru ljubljanske regije. Magistrska naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Oddelek za gradbeništvo, Komunalna smer, 2009.

Upgrading of Regional Waste Management Centre Ljubljana, Application for Assistance, Ljubljana, SI consult, d.o.o., Mestna občina Ljubljana, February 2007, Upgrading February 2009.

HIDROELEKTRARNE NA SPODNJI SAVI – BAZEN BLANCA

dr. Andrej Širca, IBE, d. d., Ljubljana

Na spodnji Savi je že nekaj let v gradnji večnamenski sistem hidroelektrarn. Med njimi je tudi HE Blanca, ki je od novembra 2009 v

poskusnem obratovanju. V kratki reportaži je prikazanih nekaj vidikov izgradnje bazena Blanca.



V sklopu jezovne zgradbe je na dolvodni strani zgrajen most za lokalni promet.



Energetski nasip iz gramoznega materiala s centralno tesnitvijo jet-grouting do neprepustne podlage zagotavlja potrebni hidravlični padec in hkrati rezervo vode za obratovanje v času konic porabe električne energije.



Dolvodno od HE Blanca je izvedeno poglobljanje struge za povečanje izkoristka elektrarne in hkrati povečanje poplavne varnosti vasi Blanca.



Na več odsekih se je savska brežina protierozijsko zaščitila zaradi bližine infrastrukture – cest, železnice ali daljnovodnih stebrov.



V Sevnici se je izvedla rekonstrukcija daljšega odseka izlivnega dela Florjanskega potoka ter sočasna ureditev fekalne kanalizacije. Florjanski potok, ki je bil ob poplavih Save vedno grožnja za okoliške prebivalce, je ob »božični« poplavi 2009 ostal v strugi.



Zaradi omejenega prostora se je za izlivni del Konjščanskega potoka izvedla rešitev s pokritim kanalom.



Ob pregradi Blanca je zgrajen po najnovejših standardih zasnovan prehod za vodne organizme. Prehod na fotografiji je še v gradnji.



Elektrarna in bazen sicer obratujeta šele poskusno, vendar je krona 2 km dolgega nasipa že sedaj priljubljena rekreacijska točka. V zaključku gradnje bazena so predvidene še dodatne večnamenske in kolesarske poti.

Investitor energetskega dela projekta je družba Hidroelektrarne na spodnji Savi (HESS), investitor infrastrukturnega dela ureditev pa javno podjetje Infra. Glavni izvajalec del na jezovni zgradbi je bil Pri-

morje, d. d., glavna izvajalca bazena pa Nivo, d. d., in Primorje, d. d. Projektant HE Blanca je IBE, d. d., projektant bazena pa IBE, d. d., s podizvajalci.

NOVI DIPLOMANTI

UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Polona Oražem, Primerjava variant podpiranja brežine nasipa na primeru centra za ravnanje z odpadki Dolenjska, mentor izr. prof. dr. Janko Logar

Miha Jereb, Projektiranje armiranobetonske stropne konstrukcije v montažnem armiranobetonskem objektu, mentor doc. dr. Jože Lopatič, somentor doc. dr. Sebastijan Bratina

Urška Pajk, Vpliv različnih mlevnih dodatkov na lastnosti cementa CEM V/A (S-V-P) 42,5N LH, mentor doc. dr. Violeta Bokan-Bosilkov, somentor Andrej Železnik

Jože Zupančič, Analiza proizvodnje betona za hidrotehnične objekte, mentor doc. dr. Jana Šelih

Alenka Pavček, Projekt štirietazne parkirne hiše s sovprežno nosilno konstrukcijo, mentor prof. dr. Darko Beg, somentor asist. dr. Primož Može

Jure Jančič, Analiza poteka gradbene investicije skozi posamezne faze graditve za izbrani objekt, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor asist. dr. Aleksander Srdić

Darja Medved, Analiza dvoslojnih lesenih nosilcev, mentor doc. dr. Sebastijan Bratina

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Igor Gavrič, Študija modularnih enot iz križno lepljenega lesa, mentor izr. prof. dr. Boštjan Brank, somentor asist. dr. Bruno Dujč

Romana Žepič, Prenova in razvoj vasi ter koriščenje evropskih kohezijskih sredstev, mentor izr. prof. dr. Anton Prosen, somentor dr. Breda Mulec

Gašper Modrijan, Pogodbe "na ključ" v gradbeništvu; analiza realiziranega gradbenega projekta v Sloveniji, mentor doc. dr. Jana Šelih, somentor Žiga Babnik

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVO IN KOMUNALNO INŽENIRSTVO

Miha Lenič, Hidravlično modeliranje toka Save v Krškem v območju izgradnje športnega centra, mentor prof. dr. Matjaž Četina, somentor dr. Andrej Širca

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO

VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Mitja Jeseničnik, Tehnologija predelovanja črne žilindre za potrebe gradbeništv, mentor doc. dr. Andrej Štrukelj

Boris Kodrič, Zemeljske pregrade, mentor izr. prof. dr. Stanislav Škrabl, somentor doc. dr. Borut Macuh

Tomaž Kure, Hiša za vse življenje, mentor doc. Uroš Lobnik

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

Klemen Klemenak, Projekt Move v podjetju Holzcluster Steiermark GmbH, mentor red. prof. dr. Miroslav Premrov, somentor doc. dr. Tomaž Pliberšek

Katja Štebih, Presoja ustreznosti izvedbe krožnega križišča na Ljubljanski cesti v naselju Rače, mentor red. prof. dr. Tomaž Tollazzi, somentor viš. pred. dr. Marko Renčelj

UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO – EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA

Zoran Pučko, Sodobne metode terminskega planiranja in spremljanja gradnje objektov, mentorja red. prof. dr. Mirko Pšunder – FG in red. prof. dr. Anton Hauc – EPF, somentor red. prof. dr. Danijel Rebolj

Rubriko ureja • **Jan Kristijan Juteršek**, univ. dipl. inž. grad.

Vsem diplomantom čestitamo!

Skladno z dogovorom med ZDGITS in FGG-UL vsi diplomanti gradbenega oddelka Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani prejemaajo Gradbeni vestnik (12 števil) eno leto brezplačno. Vse, ki bodo želeli po prejemu 12. številke postati redni naročniki, prosimo, naj to čimprej sporočijo uredništvu na naslov: GRADBENI VESTNIK, Leskoškova 9E, 1000 Ljubljana; telefon: (01) 52 40 200; faks: (01) 52 40 199; e-mail: gradb.zveza@siol.net.

ZDGITS in Uredništvo Gradbenega vestnika

KOLEDAR PRIREDITEV

9.-11.2.2010

54th BetonTage

Ulm, Nemčija
www.betontage.com

16.-20.2.2010

Baufec

Berlin, Nemčija
www1.messe-berlin.de/vip8_1/website/Internet/Internet/www.baufec/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

9.-11.6.2010

STC 2010

Swiss Tunnel Congress
Luzern, Švica
www.swisstunnel.ch/STC-2010.39.0.html?&L=0

14.-16.6.2010

**International Conference Underground Constructions Prague 2010
Transport and City Tunnels**

Praga, Češka
www.ita-aifes.cz/showdoc.do?docid=2004

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