

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

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774

Ljubljana, november 2015, letnik 64, str. 245-264

Izdajatelj:

**Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS)**, Karlovška cesta 3, 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 **Javne agencije za raziskovalno dejavnost RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**, predsednik  
**Dušan Jukić**  
**prof. dr. Matjaž Mikoš**  
IZS MSG: **Gorazd Humar**  
**Mojca Ravnikar Turk**  
**dr. Branko Zadnik**  
UL FGG: **izr. prof. dr. Sebastjan Bratina**  
UM FG: **doc. dr. Milan Kuhta**  
ZAG: **doc. dr. Matija Gams**

Glavni in odgovorni urednik:

**prof. dr. Janez Duhovnik**

Lektor:

**Jan Grabnar**

Lektorica angleških povzetkov:

**Romana Hudin**

Tajnica:

**Eva Okorn**

Oblikovalska zasnova:

**Mateja Goršič**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

**Kočevski tisk**

Naklada:

**500 tiskanih izvodov**  
**3000 naročnikov elektronske verzije**

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 23,16 EUR; za študente in upokojene 9,27 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 171,36 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. Članki (razen angleških povzetkov) in prispevki morajo biti napisani v slovenščini.
4. Besedilo mora biti zapisano z znaki velikosti 12 točk in z dvojnimi presledki med vrsticami.
5. Prispevki morajo vsebovati naslov, imena in priimke avtorjev z nazivi in naslovi ter besedilo.
6. Članki morajo obvezno vsebovati: naslov članka v slovenščini (velike črke); naslov članka v angleščini (velike črke); znanstveni naziv, imena in priimke avtorjev, strokovni naziv, navadni in elektronski naslov; oznako, ali je članek strokoven ali znanstven; naslov POVZETEK in povzetek v slovenščini; ključne besede v slovenščini; naslov SUMMARY in povzetek v angleščini; ključne besede (key words) 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 (risbe in fotografije s primerno ločljivostjo) in preglednice morajo biti razporejene in omenjene po vrstnem redu v besedilu prispevka, oštevilčene in opremljene s podnapisi, ki pojasnjujejo njihovo vsebino.
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 v obliki oglatih oklepajev: (priimek prvega avtorja ali kratica ustanove, leto objave). V istem letu objavljena dela istega avtorja ali ustanove morajo biti označena še z oznakami a, b, c itn.
12. V poglavju LITERATURA so uporabljena in citirana dela razvrščena po abecednem redu priimkov prvih avtorjev ali kraticah ustanov in opisana z naslednjimi podatki: priimek ali kratica ustanove, začetnica imena prvega avtorja ali naziv ustanove, priimki in začetnice imen 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. Prispevke je treba poslati v elektronski obliki v formatu MS WORD glavnemu in odgovornemu uredniku na e-naslov: janez.duhovnik@fgg.uni-lj.si. V sporočilu mora avtor napisati, kakšna je po njegovem mnenju vsebina članka (pretežno znanstvena, pretežno strokovna) oziroma za katero rubriko je po njegovem mnenju prispevek primeren.

Uredništvo

# Vsebina • Contents

## Članki • Papers

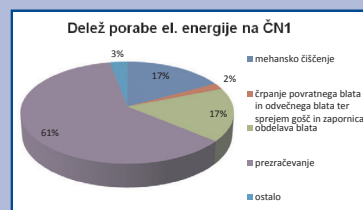
stran **246**

asist. dr. Sabina Kolbl, univ. dipl. inž. vki.

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

### **PRIMERJAVA PREZRAČEVALNIH SISTEMOV NA KČN IN NJIHOVA UČINKOVITOST PRI PORABI ENERGIJE**

COMPARISON OF WASTEWATER TREATMENT PLANT AERATION  
SYSTEMS AND THEIR ENERGY USAGE EFFICIENCY



stran **254**

izr. prof. dr. Andreja Istenič Starčič, univ. dipl. ped. in soc.

Nejc Ogrič

prof. dr. Žiga Turk, univ. dipl. inž. grad.

### **POGLED NA ŠTUDIJSKI PROCES SKOZI ANALIZO PRAKTIČNEGA USPOSABLJANJA**

VIEW ON LEARNING PROCESS BY ANALYSING PRACTICAL  
TRAINING



## Poročila s strokovnih in znanstvenih srečanj

stran **261**

Katja Štandeker, univ. dipl. psih.

### **MEDNARODNA KONFERENCA MOVING BEYOND RISKS: ORGANIZING FOR RESILIENCE**



## Vabilo

stran **264**

**26. Mišičev vodarski dan 2015**

## Novi diplomanti

Eva Okorn

## Koledar prireditev

Eva Okorn

Slika na naslovnici: Podvoz na progi Šentjur - Poljčane, foto: Peter Koren

# PRIMERJAVA PREZRAČEVALNIH SISTEMOV NA KČN IN NJIHOVA UČINKOVITOST PRI PORABI ENERGIJE

## COMPARISON OF WASTEWATER TREATMENT PLANT AERATION SYSTEMS AND THEIR ENERGY USAGE EFFICIENCY

asist. dr. Sabina Kolbl, univ. dipl. inž. vki.

sabina.kolbl@fgg.uni-lj.si

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

joze.panjan@fgg.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Jamova 2, 1000 Ljubljana

Znanstveni članek

UDK 551.4.013:628.32

**Povzetek** | V članku obravnavamo različne sisteme prezračevanja na komunalnih čistilnih napravah (KČN) in jih primerjamo na dveh čistilnih napravah, ČN1 in ČN2. Na podlagi teoretičnih osnov prezračevanja in pridobljenih podatkov na obeh KČN smo naredili večletni pregled porabe energije za prezračevanje. Na ČN1 se za prezračevalni biološki reaktor uporablja šaržni oz. sekvenčni biološki reaktor (SBR), na ČN2 pa imajo oksidacijski jarek. Na obeh ČN je vgrajen sistem prezračevanja z difuzorji, ki proizvajajo majhne mehurčke. Med sabo smo primerjali porabo energije glede na velikost čistilnih naprav oz. na enoto volumna prezračevalnega reaktorja. Za oba primera je glede na obremenitev izračunana količina potrebnega zraka za vpihovanje v reaktor, učinkovitost prenosa kisika pri standardnih pogojih ter predlog možnosti izboljšav glede na zadostno količina kisika in porabo energije.

Ključne besede: komunalne čistilne naprave, prezračevanje

**Summary** | The article deals with different aeration systems in wastewater treatment plants - WWTP and they are compared according to two wastewater treatment plants, WWTP1 and WWTP2. On the basis of the theoretical aeration principles and acquired data for both WWTPs, we conducted a multi-annual study on energy consumption for aeration. WWTP1 uses batch or sequencing biological reactor (SBR) as the aeration biological reactor, while WWTP2 uses oxidation ditch. Both WWTPs have installed aeration systems with diffusers, which produce small bubbles. Energy consumption with regard to the size of the treatment facilities or to the unit of volume of the aeration tank was compared. The amount of needed air for injection into the reactor, efficiency of the oxygen transfer in normal conditions and the suggested possibilities for the improvement with regard to the sufficient amount of oxygen and consumption of energy were calculated for both examples with regard to the loading.

Key words: wastewater treatment plants, aeration

### 1 • UVOD

Najbolj razširjeni biološki procesi za čiščenje komunalne odpadne vode so procesi z ak-

tivnim blatom. Na vnos kisika vplivajo različni faktorji, kot so nasičenost kisika, temperatura,

lastnosti odpadne vode, globina potopitve difuzorjev, barometrični tlak, gostota mikrobiološke populacije itd. Najprej bomo podali teoretične osnove prezračevanja in prezračevalnih sistemov na komunalnih čistilnih napravah – KČN. Za vse aerobne biološke procese potrebujemo

kisik, ki ga praviloma vnašamo z zrakom. Pri vnosu kisika nas je zanimal predvsem prenos med plinsko in tekočo fazo.

Z zadostno količino hrane in kisika lahko dosežemo zelo veliko hitrost rasti mikroorganizmov. Pri tem se porabljajo prisotne organske snovi kot oksidirani končni produkti ( $H_2O$ ,  $CO_2$ ,  $NO_3$ ,  $SO_4$ ,  $PO_4$ ) ali pa nastane biosinteza novih mikroorganizmov. Mikroorganizmi porabijo kisik na različne načine. Porabo kisika za pridobitev energije, s katero razgradijo dodatni substrat v odpadni vodi, imenujemo substratno dihanje. Porabo kisika, ki ga mikroorganizmi potrebujejo za lastno dihanje, brez dodajanja substrata, pa imenujemo endogeno dihanje ((Panjan, 2000), (Panjan, 2001)).

Prezračevanje ima dvojno funkcijo: (1) oskrbo s kisikom za dihanje aerobnih mikroorganiz-

mov in (2) mešanje odpadne vode za zagotovitev dobrega stika med površino kosmov in odpadno vodo, in zato da kosme obdržimo v suspenziji. Le neprestano mešanje zagotovi zadostno količino hrane, maksimalni gradient koncentracije kisika in zadosten masni prenos hranil. Prav tako pomaga razpršiti končne produkte presnove znotraj kosma. V večini primerov je hitrost porabe kisika odvisna od masnega prenosa kisika.

Metabolizem mikroorganizmov poteka po dveh ločenih poteh. Pri presnovi se tvorijo nove celice (sinteza), mikroorganizmi pa začnejo lastno dihanje (respiracija). Energija, ki se potroši pri sintezi, nastane pri prehodu prostih elektronov na kisik. Tako sinteza kot respiracija potekata vzporedno. Končna produkta presnove sta ogljikov dioksid in voda, sprosti

pa se tudi nekaj energije. Pri prezračevanju moramo upoštevati tudi določene korekcijske faktorje danega okolja, ki smo jih lastno izračunali in grafično prikazali za oba primera KČN.

Komunalne čistilne naprave potrebujejo veliko energije, ki pa jo lahko tudi pridobivajo v fazi anaerobne presnove blata (metan).

Ogljik, dušik in fosfor kot hranila v odpadni vodi imajo ključno vlogo pri rasti mikroorganizmov. Pri čiščenju odpadne vode jih želimo prav preko mikroorganizmov odstraniti. Če v odvodnik spustimo neprimerno očiščeno odpadno vodo s preveč hranili, se poveča rast alg, z njihovim odmiranjem pa se poveča poraba kisika. To stanje privede do pomanjkanja kisika in evtrofikacije, ki škoduje organizmom v vodi.

## 2 • MATERIALI IN METODE

### 2.1 Vnos kisika v prezračevalni bazen

Pri načrtovanju sistemov za prezračevanje je za osnovno analizo uporabljena enačba vnosa kisika  $\frac{dC_L}{dt} = K_L a \cdot (C_{\infty}^* - C_L)$ , kjer pomenijo  $K_L a$  (koeficient prenosa kisika),  $C_{\infty}^*$  (nasičena koncentracija kisika; topnost kisika) in  $C_L$  (koncentracija kisika v tekoči fazi). Maksimalna hitrost prenosa nastopi, ko je koncentracija kisika v raztopini enaka nič. Prenosa ni, ko koncentracija raztopljenega kisika doseže ravnotežje s plinsko fazo. Koeficient prenosa kisika je odvisen od kakovosti vode, vrste prezračevalne opreme in je enkraten za vsako situacijo. Vrednost koeficienta se določi eksperimentalno (Mueller, 2002).

Procesi prenosa kisika so zelo kompleksni in odvisni od številnih vplivov, kot so kinetika reakcij, hitrost prenosa kisika, lastnosti in količine odpadne vode, lokalne okoljske razmere (temperatura, pH, nadmorska višina), prisotnost toksičnih ali prepovedanih substanc na vtoku, intenziteta mešanja in oblika prezračevalnega reaktorja, globina potopitve difuzorjev, stroški in fleksibilnost pri potrebah čiščenja v prihodnosti. Pri vrednotenju danega prezračevalnega sistema bodo na hitrosti prenosa kisika in učinkovitost prenosa vplivali tudi način vnosa oz. vrsta procesa, uporabljena metodologija kontrole in vzdrževanje opreme. Za prezračevanje z difuzorji so npr. ti faktorji (Mueller, 2002):

- vrsta difuzorja,

- postavitve difuzorjev,
- gostota difuzorjev,
- hitrost toka zraka na enoto površine,
- geometrija prezračevalnega reaktorja in globina potopitve difuzorjev,
- karakteristike odpadne vode in okolja,
- vrsta procesa in režim toka,
- obremenitev procesa,
- kontrolna enota za količino raztopljenega kisika,
- stopnja obraščanja, luščenja in kvarjenja sistema,
- mehanska »integriteta« prezračevalnega sistema.

Velikost mehurčka v vodi je odvisna od premera odprtine na difuzorju, površinske napetosti in gostote tekočine pri nizkih tokovih zraka (manj kot 100 mehurčkov na minuto). Pri prezračevanju odpadne vode so hitrosti toka zraka večje, velikost mehurčka pa je funkcija hitrosti toka plina, medtem ko je pogostost tvorjenja konstanta. Velikost in oblika mehurčkov na več načinov vplivata na masni prenos kisika. Razmerje med volumnom in površino posameznega mehurčka se bo zmanjšalo s povečanjem velikosti mehurčka in bo neposredno vplivalo na koeficient masnega prenosa  $K_L a$ . Zadrževalni čas mehurčka v prezračevalnem reaktorju je odvisen od oblike in velikosti mehurčka. Največja hitrost dviganja mehurčka in njegova oblika sta povezani z Reynoldsovim številom, ki je odvisno od površine mehurčka, hitrosti dvigovanja

in viskoznosti ( $Re = \frac{v \cdot d}{\nu}$ ). Pri  $Re < 300$  so mehurčki sferične oblike, njihovo dviganje pa je spiralno ali pa premočrtno (Mueller, 2002). Pri  $300 < Re < 400$  je oblika mehurčkov elipsoidna, dvigajo pa se premočrtno ali gugalno (rocking motion). Obliko sferičnih klobukov mehurčki dobijo, ko je  $Re > 4000$ . Celotna površina mehurčkov v reaktorju je produkt ločene površine mehurčka v času  $t$  in distribucijskega zadrževalnega časa mehurčka. Celotno območje površine plina v reaktorju se zmanjša z naraščanjem hitrosti mehurčka (Mueller, 2002).

### 2.2 Analiza vplivnih faktorjev pri vnosu kisika

#### Topnost kisika in temperatura

Za natančno delovanje prezračevala uporabimo standardne pogoje pri 20 °C in nasičeno vrednost kisika (topnost kisika) pri tlaku 1 bar. Temperaturni brezdimenzijski korekcijski faktor  $\tau$  je podan z naslednjo enačbo in prikazan na sliki 1 (Mueller, 2002):

$$\left. \begin{aligned} \tau &= \frac{C_{st}^*}{C_{s20}^*} \\ C_{s20}^* &= 9,09 \frac{\text{mg}}{\text{l}} \end{aligned} \right\} \quad (1)$$

Kjer pomenijo:

$C_{st}^*$  – nasičena koncentracija (topnost) kisika na površini pri temperaturi T (°C) (mg/l)

$C_{s20}^*$  – nasičena koncentracija kisika (topnost) na površini pri temperaturi 20 °C (mg/l)

S slike 1 je razvidno, da se z višanjem temperature temperaturni korekcijski faktor  $\tau$  zmanjšuje. Pri temperaturi 0 °C se vrednost  $\tau$  giblje okrog 1,6, pri temperaturi 20 °C pa je  $\tau = 1$ .

Onesnaževala v odpadni vodi

Onesnaževala v odpadni vodi, kot so soli, razni delci in površinsko aktivne snovi, vplivajo na nasičeno koncentracijo (topnost) kisika v primerjavi s čisto vodo pri isti temperaturi. Zato uvedemo korekcijski faktor  $\beta$  (Tchobanoglous, 2003). Enačba je naslednja:

$$\beta = \frac{C_s(\text{odpadna...voda})}{C_s(\text{čista...voda})} \quad (2)$$

Kjer pomeni:

$\beta$  – korekcijski faktor odpadne vode za nasičenje s kisikom (-)

Največji vpliv na nasičeno koncentracijo kisika v odpadni vodi imajo raztopljeni anorganski delci (TDS). To povečanje predvideva, da je sestava anorganskih sestavin podobna tistim v morski vodi. Dogovorjeno je (ASCE – Committee on Oxygen Transfer Standards), da je ta povečani faktor dovolj natančen, da ga lahko uporabimo v praksi (Mueller, 2002):

$$\beta = 1 - 5,7 \times 10^{-6} \times TDS \quad (3)$$

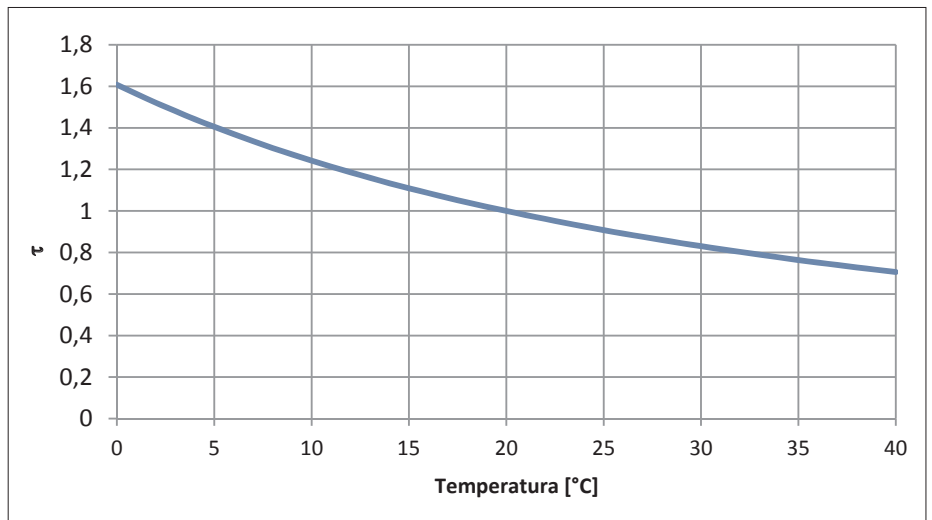
Vrednosti za  $\beta$  se gibljejo od 0,7 do 0,99. Najbolj pogosto uporabljena vrednost za komunalno odpadno vodo (pri TDS < 1500 mg/l) je 0,99, za industrijsko odpadno vodo, kot so na primer odpadne farmacevtske vode (pri TDS = 10.000 mg/l), pa se bo vrednost gibala pod 0,94.

Pri večanju koncentracije celotnih raztopljenih snovi (TDS) se vrednost korekcijskemu faktorju odpadne vode za nasičenje s kisikom manjša. Po ATV M 209E je za komunalno odpadno vodo faktor  $\beta = 1,0$ .

Globina potopitve prezračevala

Pri standardnih pogojih, ko je temperatura odpadne vode 20 °C in tlak 1 bar, lahko z globinskim korekcijskim faktorjem nasičenja s kisikom zapišemo  $\delta$  vpliv potopljenosti difuzorjev na nasičenost s kisikom (Mueller, 2002):

$$\delta = \frac{C_{s20}^*}{C_{s20}^*} = \frac{P_s + p_{d_e} - p_v}{P_s - p_v} \quad (4)$$



Slika 1 • Vpliv temperature na nasičenost s kisikom za brezdimenzijski faktor

Kjer pomenijo:

$P_s$  – standardni barometrični tlak; 101,325 kPa

$p_v$  – parni tlak (kPa)

$p_{d_e}$  – efektivni tlak (povečan tlak zaradi potopitve prezračevala) (Pa)

$C_{s20}^*$  – nasičena koncentracija kisika v čisti vodi na globini potopitve difuzorja pri temperaturi 20 °C (mg/l)

$h_e = 0,4h$   
 $\delta = 1,00 + 0,03858h$  } drobni mehurčki in prezračevanje JET

$h_e = 0,3h$   
 $\delta = 0,99 + 0,0291h$  } veliki mehurčki

Kjer pomenijo:

$\delta$  – korekcijski faktor za topnost kisika

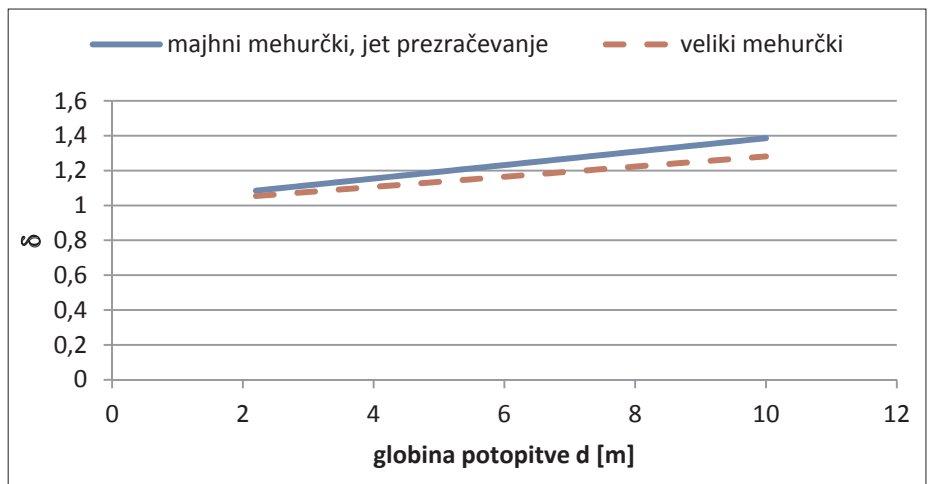
$h_e$  – efektivna globina (m)

$h$  – globina prezračevalnega reaktorja (m)

Vrednosti korekcijskega faktorja  $\delta$  so za prezračevanje z majhnimi mehurčki in prezračevanje JET večje kot pri prezračevanju z velikimi mehurčki (slika 2).

Vpliv potopitve difuzorjev na topnost kisika lahko z uporabo enačb Yunta, Muellerja in Sauerja za majhne in velike mehurčke tudi grafično upodobimo, kot je prikazano na sliki 2 (Mueller, 2002).

Sistemi z velikimi mehurčki v primerjavi z drobnimi mehurčki in prezračevanjem s prezračevali JET zagotavljajo manjšo topnost kisika. Uporabljene so bile različne enačbe za drobne in velike mehurčke (Mueller, 2002):



Slika 2 • Vpliv globine potopitve difuzorjev na topnost kisika, povzeto po (Mueller, 2002)

### 2.3 Analiza vplivov na difuzijo, koncentracijo raztopljenega kisika v tekočini in kosmih aktivnega blata

Za določitev vrednosti koncentracije raztopljenega kisika moramo poznati minimalno koncentracijo raztopljenega kisika, da ohranimo maksimalno hitrost porabe kisika v aktivnem blatu. Prav tako moramo upoštevati različne potrebe po kisiku glede na spremembe v toku in organski obremenitvi.

Večina aktivnega blata je sestavljena iz kosmov mikroorganizmov. Najmanjša koncentracija raztopljenega kisika, ki ohrani celotno aktivnost razpršenih mikroorganizmov, da oksidirajo ogljikove organske snovi, je 0,0004 mg/l. Če želimo, da kisik doseže aktivno stran celične membrane v bakteriji, mora kisik najprej prodreti skozi tanko plast vode, ki obdaja kosme, nato pa se difundirati skozi matrico kosma v posamezno bakterijo. Celična membrana je tista, ki nadzoruje prehod raztopljenih snovi in dušikovih spojin v celico ter izločanje odpadnih snovi in stranskih produktov metabolizma iz celice. Padec koncentracije raztopljenega kisika od površine okroglega kosma v njegovo središče pri pogoju, da je hitrost porabe kisika konstantna, je podan z naslednjo enačbo (Mueller, 2002):

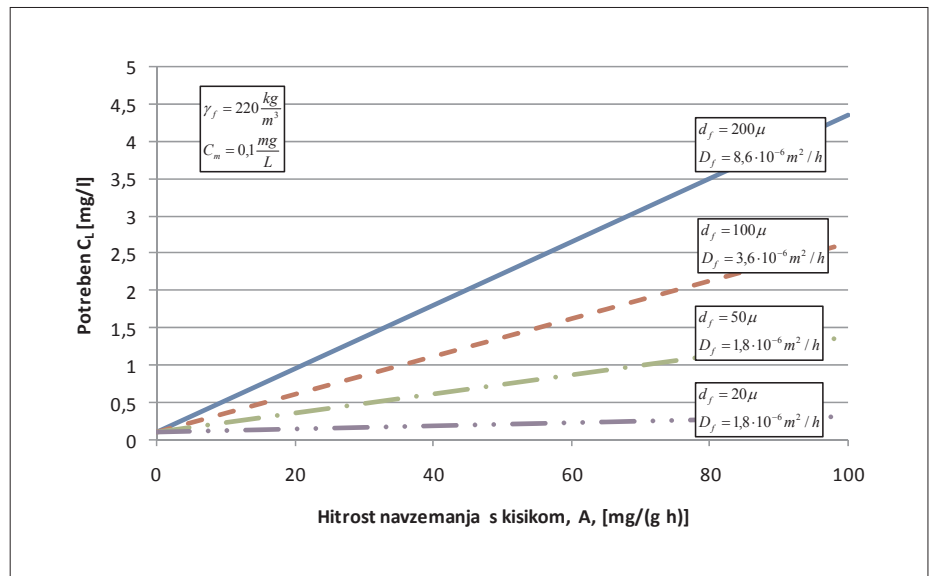
$$C_L = C_m + \frac{A\gamma_f d_f^2}{24D_f} \quad (6)$$

Kjer pomenijo:

- $C_L$  – koncentracija kisika v tekoči fazi (mg/l)
- $C_m$  – koncentracija kisika v centru kosma (mg/l)
- $\gamma_f$  – specifična teža suhega kosma (kg/m<sup>3</sup>)
- $D_f$  – difuznost kosma (m<sup>2</sup>/h)
- $d_f$  – premer kosma (m)
- $A$  – specifična hitrost porabe kisika  $\left[\frac{mg}{g \cdot h}\right]$

Čim večji so kosmi in čim višja je hitrost porabe kisika, tem višja mora biti koncentracija raztopljenega kisika v odpadni vodi; kot je razvidno s slike 3. Večja ko je velikost kosmov, večje so učinkovite difuznosti.

Efektivna difuznost naraste s povečanjem indeksa volumna blata, specifično površinsko območje (specifična zunanja površina) pa najverjetneje zaradi povečane poroznosti kosma. Hitrost spremembe koncentracije kisika v prezračevalnem reaktorju označuje parameter specifične kapacitete oksigenacije (OC). Enačba za standardne pogoje je naslednja (Mueller, 2002):



Slika 3 • Vpliv upora masnega prenosa aktivnega blata na potrebno koncentracijo kisika

$$OC = \left( \frac{dC_L}{dt} \right)_{STD} = K_L a_{20} \cdot C_{\infty 20}^* = \frac{SOTR}{V} = SOTR_V \quad (7)$$

Pri tem so:

- OC – specifična kapaciteta prezračevanja v čisti vodi  $\left[\frac{mg}{l \cdot h}\right]$
- SOTR – hitrost prenosa kisika pri standardnih pogojih (kg/h)
- SOTR<sub>V</sub> – hitrost prenosa kisika pri standardnih pogojih na enoto volumna  $\left[\frac{kg}{l \cdot m^3}\right]$
- V – volumen (m<sup>3</sup>)
- $k_L a_{20}$  – koeficient prenosa kisika v čisti vodi pri temperaturi 20 °C (h<sup>-1</sup>)
- $C_{\infty 20}^*$  – nasičena koncentracija kisika (topnost) v čisti vodi na globini potopitve difuzorja pri temperaturi 20 °C (mg/l)
- $C_L$  – koncentracija kisika v tekoči fazi (mg/l)
- t – čas (s)

Pri procesih čiščenja odpadne vode z aktivnim blatom je priporočena vrednost koncentracije raztopljenega kisika v aerobnem reaktorju med 1 mg/l in 3 mg/l.

### 2.4 Opis vnosa kisika na ČN1 in ČN2

#### ČN1

Prezračevanje odpadne vode na ČN1, ki je dimenzionirana za velikost 23.000 PE, poteka v šaržnem reaktorju (SBR), kjer se odvijejo štiri faze:

- faza polnjenja
- faza prezračevanja

- faza usedanja blata

- faza praznjenja

Faza polnjenja in prezračevanja traja dve uri. Prezračevanje reaktorja poteka z vpihovanjem stisnjenega zraka skozi na dnu položena cevna samozaporna membranska prezračevala. Prezračevanje je na začetku manj intenzivno, potem pa začne intenzivnost naraščati. Intenzivnost prezračevanja se prilagaja karakteristikam odpadne vode (IEI, 2005).

V fazi polnjenja in prezračevanja posameznega reaktorja se s potopno črpalko vsebina v reaktorju premeša. Po končani fazi polnjenja in prezračevanja se začne faza mirovanja, kjer vsebine reaktorja več ne prezračujemo in ne mešamo. Suspenzija aktivnega blata in vode se umiri in blato se začne usedati na dno prezračevalnika. Faza usedanja traja eno uro. Ob koncu te faze se odvečno blato izčrpa iz reaktorja. Sledi ji faza praznjenja, kjer se prečiščena voda preliva v iztočno kineto. Po končanem praznjenju se cikel čiščenja ponovi.

#### ČN2

ČN2 je klasična pretočna biološka čistilna naprava z dodatnim čiščenjem v peščenih filtrih in aerobno stabilizacijo blata velikosti 42.000 PE. Na ČN2 potekajo nitrifikacija, denitrifikacija in kemijsko čiščenje fosforja. Prezračevalnik ima dva enaka armiranobetonska reaktorja, ki sta zasnovana kot cevna reaktorja (plug flow) pravokotne oblike.

Ovisno od obratovalnih pogojev sta možni diskontinuirana ali simultana nitrifikacija in denitrifikacija. Potopna banana mešala omogočajo krožno gibanje vode v vsakem

reaktorju. Horizontalna hitrost gibanja vode je nad 0,3 m/s. Stisnjeni zrak se v oba prezračevalnika dovaja po skupnem cevovodu. V obeh prezračevalnikih je nameščen merilnik

koncentracije kisika v vodi. Območje merjenja vsebnosti kisika merilne sonde je od 0,1 do 20 mg/l kisika.

### 3 • REZULTATI MERITEV IN PRIMERJALNI IZRAČUNI VNOSA KISIKA

#### 3.1 ČN1

Prezračevanje ČN1 poteka s cevni difuzorji, ki so narejeni iz fleksibilne membrane. Podpor-na cev membranskega difuzorja je narejena iz PVC-plastike, ki je kemijsko odporna proti zunanjim vplivom, prav tako pa je mehansko vzdržljiva. Največja hitrost zraka v cevovodih je 12 m/s, dobavljena količina zraka po projektni dokumentaciji pa znaša 2.900 m<sup>3</sup>/h na reaktor. Specifičen vnos kisika pri standardnih pogojih je minimalno 0,017 kgO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>m. Difuzorji so nameščeni na nosilnem in razvodnem cevnem omrežju, ki je na betonska tla pritrjeno z nosilci na globini 4,12 m (IEI, 2005).

Iz podatkov merilnika kisika na ČN1 smo izdelali grafikone nihanja koncentracije kisika v prezračevalnem reaktorju za različne mesece. S slike 4 je razvidno, da v fazi polnjenja in prezračevanja koncentracija kisika skokovito naraste in se giblje nekje med 3 in 4 mg/l, po prenehanju prezračevanja pa začne strmo padati. Povprečna vrednost maksimalne koncentracije raztopljenega kisika je 3,19 mg/l.

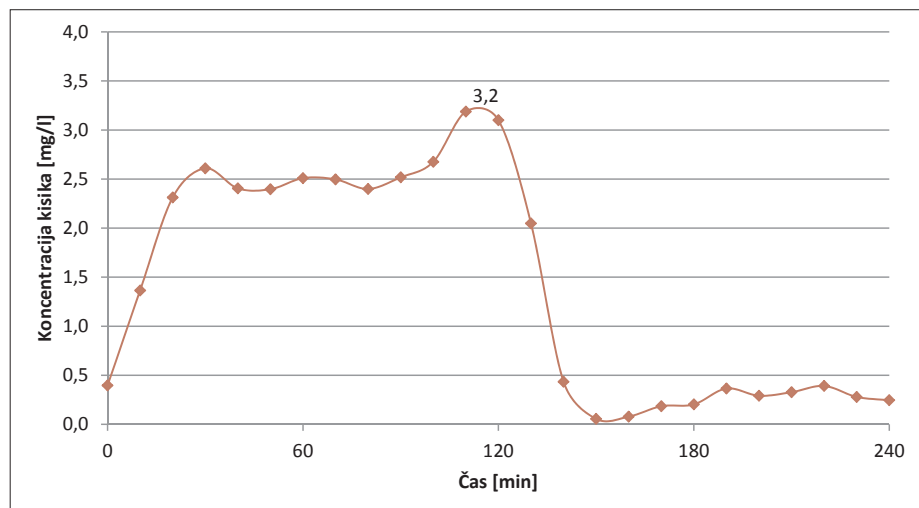
#### 3.2 ČN2

Na ČN2 so na globini 4,75 m vgrajeni samozaporni membranski diski, ki proizvajajo majhne mehurčke. Hitrost zraka v cevovodih je maksimalno 12 m/s, vrednost faktorja alfa pa je 0,65. Vnos zraka pri normalnih pogojih znaša 2.500 m<sup>3</sup>/h, specifičen vnos kisika pri standardnih pogojih pa minimalno 0,015 kg · O<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>m. Globina vode v prezračevalnem reaktorju je 5,00 m, skupna prostornina reaktorja pa je 5.930 m<sup>3</sup>.

Izmerjeni podatki koncentracije kisika v posameznih conah (oksične in anoksične) so podani v preglednici 1 in zajemajo minimalne, maksimalne in povprečne koncentracije raztopljenega kisika v vodi v prezračevalniku 1 in 2 na ČN2. Na sliki 5 je prikazano mesečno nihanje koncentracije raztopljenega kisika v prezračevalniku.

#### 3.3 Primerjava rezultatov

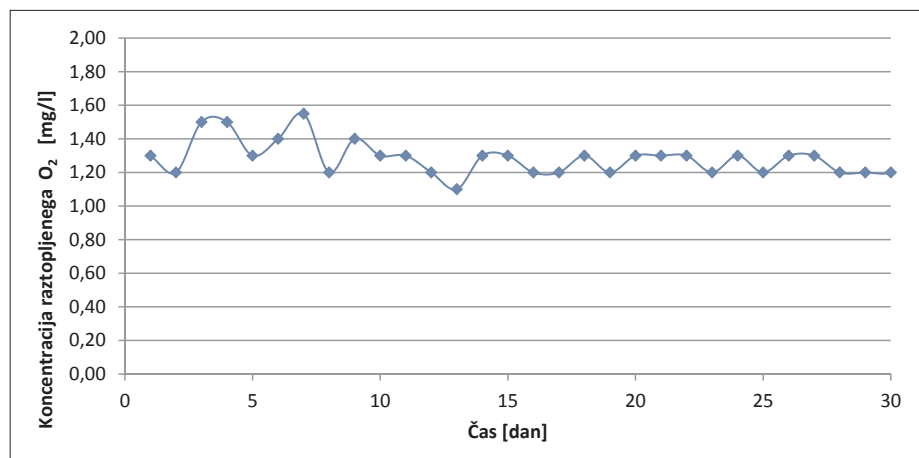
V ČN1 poteka prezračevanje z membranskimi perforiranimi cevmi, v ČN2 pa se uporabljajo



Slika 4 • Povprečna koncentracija raztopljenega kisika v prezračevalnem reaktorju v letu 2008 v prezračevalniku na ČN1

diski iz perforirane membrane za ustvarjanje majhnih mehurčkov. Aerobna biološka postopka odstranjevanja organsko razgradljivih snovi se med seboj razlikujeta. Na ČN1 uporabljajo modificiran postopek šaržnega biološkega reaktorja, kjer se med posameznimi cikli prezračevanje prekine. Oksidacijski jarek na ČN2 pa je nepretrgoma prezračevan, vsebuje pa anoksične cone, kjer poteka denitrifikacija.

V preglednici 2 je prikazana primerjava med izračuni za prezračevanje na obeh napravah. ČN sta različnih velikosti, zato se razlikujeta tudi mesečna dotoka na čistilno napravo in s tem obremenitev z BPK<sub>5</sub> (kg/d). Globina v obeh prezračevalnih reaktorjih znaša 5 m, potopitev prezračeval pa se razlikuje, kar nekoliko vpliva na topnost kisika v vodi. Tako pri ČN1 znašata globinski korekcijski faktor za



Slika 5 • Koncentracija raztopljenega kisika v prezračevalnikih na KČN2 za oktober 2008 po podatkih SCADA v prezračevalniku



Čas meritev		O <sub>2</sub> – meritev s prenosnim merilnikom				O <sub>2</sub> – meritev s prenosnim merilnikom			
		reaktor 1 merilno mesto				reaktor 2 merilno mesto			
mesec		1 - OX.1	2 - ANOX.2	3 - OX.2	4 - ANOX.2	1 - OX.1	2 - ANOX.2	3 - OX.2	4 - ANOX.2
		mg/l O <sub>2</sub>							
okt. 2008	povprečje:	0,9	0,2	0,8	0,2	1,3	0,2	0,9	0,1
	min:	0,8	0,1	0,6	0,1	1,0	0,1	0,6	0,1
	max:	1,0	0,3	0,9	0,3	1,5	0,3	1,1	0,1
nov. 2008	povprečje:	1,0	0,2	0,8	0,1	1,1	0,3	0,9	0,1
	min:	0,9	0,2	0,7	0,1	1,0	0,2	0,8	0,1
	max:	1,0	0,2	0,8	0,1	1,1	0,3	0,9	0,1
dec. 2008	povprečje:	1,0	0,5	0,8	0,2	1,0	0,5	0,7	0,1
	min:	0,9	0,4	0,7	0,1	0,9	0,4	0,7	0,1
	max:	1,0	0,5	0,8	0,2	1,0	0,5	0,7	0,1
jan. 2009	povprečje:	1,0	0,4	0,8	0,2	0,9	0,4	0,8	0,1
	min:	0,9	0,4	0,7	0,2	0,9	0,3	0,7	0,1
	max:	1,0	0,4	0,8	0,2	0,9	0,4	0,8	0,1
feb. 2009	povprečje:	1,0	0,4	0,9	0,3	1,1	0,3	0,9	0,3
	min:	1,0	0,3	0,9	0,3	1	0,3	0,8	0,2
	max:	1,0	0,4	0,9	0,3	1,1	0,3	0,9	0,3

Preglednica 1 • Koncentracija kisika v prezračevalnih reaktorjih ČN2 na različnih merilnih mestih za različne mesece

nasičenje s kisikom  $\delta = 1,15895$  in nasičena koncentracija kisika pri standardnih pogojih  $C_{\infty,20}^* = 10,54$  mg/l, medtem ko sta na ČN2  $\delta = 1,18325$  in  $C_{\infty,20}^* = 10,76$  mg/l. Tlačni korekcijski faktor za topnost kisika je odvisen od nadmorske višine ČN. ČN1 leži malo nižje od ČN2. Ker zračni tlak z višino pada, znaša zračni tlak na nadmorski višini 172,8 m 1012,71 hPa, na višini 189 m pa 990,80 kPa. Izračunani korekcijski faktor tlaka za nasičenost s kisikom za ČN1 znaša 0,999, za ČN2 pa 0,978. Vrednosti temperaturnih korekcijskih faktorjev so skoraj enake.

Koncentracija kisika v prezračevalniku ČN1, kjer potekata tudi nitrifikacija in denitrifikacija, v povprečju znaša 3,1 mg/l. Za razliko je na ČN2 koncentracija kisika v oksičnem delu reaktorja 1,1 mg/l, potekata pa tudi nitrifikacija in denitrifikacija. Razlika je zelo velika. Po izračunih za prezračevanje je količina kisika, ki je potrebna za odstranjevanje ogljikovega onesnaženja, v ČN1 1.295 kg O<sub>2</sub>/d, v ČN2 pa 4.800 kg O<sub>2</sub>/d. Učinkovitost prenosa kisika pri standardnih pogojih (SOTE), ki je v večini primerov tudi pomemben projektni parameter za difuzne prezračevalne sisteme, je v ČN1 manjša kot v ČN2.

### 3.4 Energetska učinkovitost

Pri konvencionalnem čiščenju se največ energije porabi za (Tschobanoglous, 2003):

Parameter	ČN1	ČN2
Količina očiščene odpadne vode (m <sup>3</sup> /dan)	2.099	12.866
BPK <sub>5</sub> (mg/l; kg/dan)	514; 1.078,8	4.000 kg/dan
Amonijev dušik (mg/l)	26,1	28,0
Nadmorska višina (m.n.m.)	172,8	189
Korekcijski faktor tlaka za nasičenost s O <sub>2</sub>	$\Omega = 0.999$	$\Omega = 0.978$
Povpr. temp. odp. vode v pr. reaktorju pozimi (°C)	11	12
Povpr. temp. odp. vode v pr. reaktorju poleti (°C)	21	22
Temperaturni korekcijski faktor $\tau$ (zima)	1,2136	1,2423
Temperaturni korekcijski faktor $\tau$ (poletje)	0,9802	0,9614
Globina vode v prezračevalnem reaktorju (m)	5	5
Globina vpihavanja zraka (m)	4,12	4,75
Dejanska koncentracija raztopljenega O <sub>2</sub> v odpadni vodi (mg/l)	3,1	1,1
Količina kisika za ogljikovo oksidacijo pri obratovalnih pogojih* (kg/dan)	1.295	4.800
Kisik za celotno nitrifikacijo* (kg/dan)	252	1.670
potrebe po kisiku pri obratovalnih pogojih (AOR)* (kg/h)	64,5	269
Alfa faktor	0,65	0,65
Beta faktor	0,98	0,98
Nasičena koncentracija O <sub>2</sub> pri stand. pogojih (mg/l)	10,54	10,76
Trajanje prezračevanja (h/dan)	12	24
SOR (potreba sistema po kisiku)* (kg/h)	149,5	481,2
Potrebna količina zraka* (m <sup>3</sup> /h; m <sup>3</sup> /h bazen)	2.074; 1.037	5.091; 2.545
Potrebna energija za prezračevanje (kW)	47	127

\* teoretično izračunane vrednosti glede na podatke, ki so bili na razpolago

Preglednica 2 • Primerjava obremenitev in rezultatov prezračevanja na ČN1 in ČN2

- biološko čiščenje s procesi aktivnega blata (prezračevanje),
- črpalne sisteme,
- opremo za obdelavo blata.

Okrog 60 % celotne energije na čistilni napravi z aktivnim blatom se porabi za prezračevanje, zato je treba z ukrepi pri vodenju doseči zmanjšanje porabe energije in stroškov (Tschobanoglous, 2003). V (Rosso, 2007) je navedeno, da se za prezračevanje porabi od 40 do 75 % celotne energije.

Napredne čistilne naprave potrebujejo še večje količine električne energije. Naprave z biološkim čiščenjem za odstranjevanje dušika in filtracijo porabijo od 30 do 50 % več elektrike za prezračevanje, črpanje in obdelavo blata kot konvencionalne naprave z aktivnim blatom (Tschobanoglous, 2003).

Koncentracija raztopljenega kisika se pri procesih z aktivnim blatom navadno giblje med 1,0 in 1,5 mg/l. Za učinkovito obratovanje in kontrolo je nujno, da opravljamo točne meritve raztopljenega kisika v prezračevalnem reaktorju (Tschobanoglous, 2003).

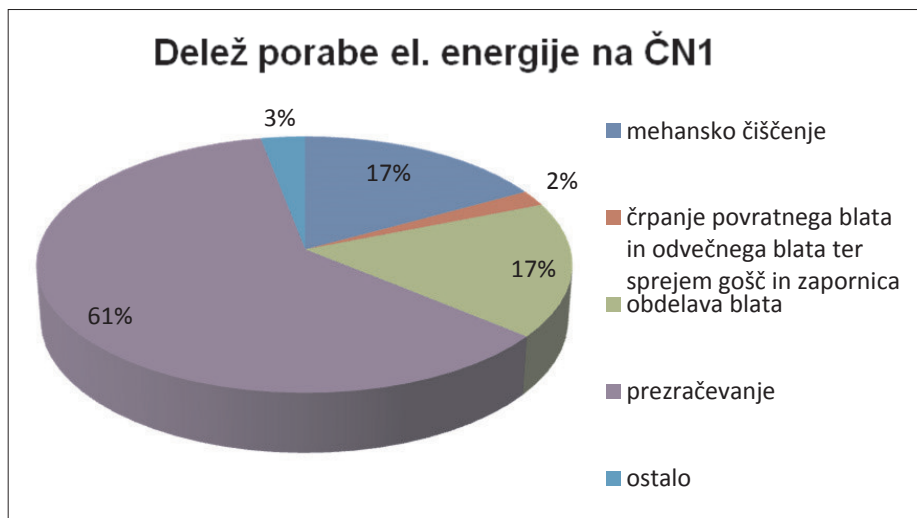
Čistilne naprave, v katerih potekata tudi nitrifikacija in denitrifikacija, imajo izboljšano učinkovitost prenosa kisika (OTE), kar posledično zmanjša potrebe po energiji (Rosso, 2007). Izboljšani prenos je posledica večjega srednjega zadrževalnega časa (MCRT), ki je povezan s povečanimi faktorji (od 0,2 do 0,5 za konvencionalno čiščenje, od 0,4 do 0,7 samo za nitrifikacijo ter od 0,5 do 0,75 za nitrifikacijo in denitrifikacijo), česar pa inženirji ne upoštevajo vedno.

### 3.5 Energetska učinkovitost na ČN1

Iz projektnih podatkov za ČN1 smo izračunali delež porabe električne energije prezračevanja, ki glede na vso porabljeno električno energijo znaša okoli 61 %. Razmerja med posameznimi stopnjami so podana na sliki 6. Ker na objektu za prezračevanje ni merilnika porabe električne energije, smo predpostavili, da se ta delež v obratovanju ni spremenil. Tako smo dobili rezultate za mesečno porabo elektrike samo za prezračevanje ter povprečno porabo energije za prezračevanje na PE. Rezultati so podani v preglednici 3. Največ električne energije se je porabilo oktobra, poraba za prezračevanje je znašala 31.730,4 kWh oziroma 1,4 kWh/PE. Najmanjša poraba za prezračevanje je bila januarja, znašala je 1,2 kWh/PE, če za PE upoštevamo, da je kapaciteta ČN 23.000 PE. Trenutno je povprečni dnevni dotok odpadne vode na čistilno napravo 2100 m<sup>3</sup>/d. Tako je

Leto 2008	celotna poraba elektrike (kWh)	elektrika za prezračevanje (61 %)		
		(kWh)	kWh/PE	Wh/m <sup>3</sup>
Januar	45455	27727,6	1,2	426
Februar	46088	28113,7	1,2	478
Marec	51712	31544,3	1,4	485
April	46903	28610,8	1,2	454
Maj	47993	29275,7	1,3	450
Junij	50659	30902,0	1,3	491
Julij	47555	29008,6	1,3	446
Avgust	47715	29106,2	1,3	447
September	45519	27766,6	1,2	441
Oktober	52017	31730,4	1,4	488
November	48842	29793,6	1,3	473
December	47039	28693,8	1,2	441
SKUPAJ	577497	352273,2	15,3	5520
POVPREČJE	48125	29356	1,3	460

Preglednica 3 • Mesečna poraba električne energije na PE/m<sup>3</sup> za prezračevanje na ČN1



Slika 6 • Delež porabe energije posameznih delov ČN1

povpr. kWh/leto	poraba el. energije kWh/PE/leto	% energije za prezračevanje	Energija za prezračevanje			
			kWh/mesec	kWh/mesec/PE	Wh/dan/PE	Wh/m <sup>3</sup>
1668.000	39,7	45	62550	1,489	49,6	162
		50	69500	1,655	55,2	180
		55	76450	1,820	60,7	198
		60	83400	1,986	66,2	216
		65	90350	2,151	71,7	234

Preglednica 4 • Predvidena poraba električne energije za prezračevanja glede na povprečno porabo energije na mesec

poraba električne energije za prezračevanje, če upoštevamo dnevni dotok na čistilno napravo, naslednja: 488 Wh/m<sup>3</sup> za oktober in 426 Wh/m<sup>3</sup> za januar.

Potrebna izračunana energija za prezračevanje pri dnevnem dotoku odpadne vode 2099 m<sup>3</sup>/d pri koncentraciji BPK5 514 mg/l znaša 47 kW. Če koncentracijo kisika v prezračevalniku zmanjšamo s 3,1 mg/l na 2,0 mg/l, znaša izračunana energija, ki jo rabimo za prezračevanje 38 kW, kar je okrog 20 % manj, kot je bilo pri višji koncentraciji kisika.

### 3.6 Energetska učinkovitost na ČN2

Na ČN2 v prezračevalnikih niso vgrajeni merilniki porabe električne energije. Iz različnih virov je znano, da se delež prezračevanja na komunalnih čistilnih napravah giblje med 50 in 60 %, zato smo pri določitvi porabe električne energije uporabili ta podatek. Za leto 2008 je povprečna poraba električne energije na ČN2 znašala 139.000 kWh/mesec, kar je 1668.000 kWh/leto.

Poraba električne energije za prezračevanje, glede na dotok na ČN, če je delež po-

rabe energije za prezračevanje 45 %, je 162 Wh/m<sup>3</sup> in 234 Wh/m<sup>3</sup> pri deležu 65 % električne energije za prezračevanje (kot je prikazano v preglednici 4).

Na obe ČN bi bilo smotno namestiti merilnike porabe električne energije za prezračevanje, saj je le iz dejanskega stanja različnih parametrov v času obratovanja možno določiti točno porabo energije za prezračevanje in zmanjšati stroške porabe energije. Na ČN1 je smiselno zmanjšati koncentracijo kisika v prezračevalnem reaktorju na 2,0 mg/l.

## 4 • SKLEP

V članku smo predstavili in analizirali procese prezračevanja ter jih primerjali na dveh čistilnih napravah srednje velikosti. Povečanje učinkovitosti energijske porabe prezračevalnih procesov ima lahko največji vpliv na porabo energije in posledično tudi na obratovalne stroške čistilne naprave, saj stroški prezračevanja obsegajo od 45 do 75 odstotkov vseh stroškov ČN. Ker dejanske vrednosti za porabo energije samo za prezračevanje niso na razpolago, smo izračune naredili na podlagi podatka, da se okrog 60 % celotne energije na ČN z aktivnim blatom porabi za prezračevanje. Pričakovano je poraba energije za prezračevanje na čistilni napravi z oksidacijskim jarkom za 53 % večja od porabe za prezračevanje na ČN zaradi njene velikosti in

delovanja prezračeval 24 h/dan. Večje razlike nastajajo pri koncentraciji raztopljenega kisika v prezračevalniku, kjer je ta tudi do 4-krat večja na ČN1 in presega priporočeno mejo raztopljenega kisika med 1 in 3 mg/l, s tem pa porabi bistveno več energije, kot je treba. To potrjuje tudi okrog 200 % večja poraba električne energije na ČN1 glede na dnevni dotok odpadne vode na čistilno napravo v primerjavi s ČN2. Velikokrat se izkaže, da so pri vodenju čistilne naprave pomanjkljivosti, ki sicer ne vplivajo na učinkovitost čiščenja, ampak zaradi slabega poznavanja delovanja procesov ustvarjajo veliko večje stroške čiščenja, kot je potrebno. Sistemi za nadzor prezračevanja na ČN morajo zato delovati pravilno in zanesljivo. Njihovo delovanje je odvisno od dinamičnih ka-

rakteristik, kot so vrsta procesa, prezračevalna oprema, meritvena oprema, vrsta nadzora in kontrolni parametri. Vse te lastnosti je treba vključiti v načrtovanje, merjenje in nadzorne sisteme. Izobraževanje zaposlenih pri ČN ima pri tem ključno vlogo, saj je le tako omogočeno optimalno čiščenje odpadne vode. Z vidika vodij čistilnih naprav je pomembno, da zmanjšajo stroške čiščenja ter zagotovijo stabilno in zanesljivo delovanje ČN. Investicije v različne meritve in monitoring učinkovitosti prenosa kisika ter delovanja sistema prezračevanja lahko pomenijo večji investicijski strošek, vendar so dolgoročno priporočljive, saj z njimi lahko ocenimo dejansko stanje in z različnimi ukrepi izboljšamo delovanje procesov, prihranimo pri porabi energije in s tem tudi pri stroških. Z zmanjšanjem koncentracije kisika na ČN1 z vrednosti 3,1 mg/l na 2,0 mg/l bi po naših izračunih lahko zmanjšali porabo energije za prezračevanje za okrog 15 do 20 %.

## 5 • LITERATURA

- ASCE, Design of municipal wastewater treatment plants: WEF Manual Practice 8: ASCE Manual and Report on Engineering Practice No. 76: Volume 2. Water Environment Federation, Alexandria, Reston, 2500 str., 1998.
- ATV-DVWK-A, 131E, Dimensioning of Single-Stage Activated Sludge Plants, 57 str., 2000.
- ATV-M 209, Measurement of the Oxygen Transfer in Activated Sludge Aeration Tanks with Clean Water and in Mixed Liquor, 56 str., 1996.
- Xylem, <http://www.xylem.com/Assets/Resources/460-Sanitaire-Difussers.Jetaerators.Blowers-Aeration.pdf>, povzeto 28. 9. 2015.
- IEI, Inštitut za ekološki inženiring, PID, CČN Ljutomer, Maribor, 2005.
- Mueller, J., Boyle, W., Pöpel, J., AERATION: Principles and Practise, Boca Raton, Florida, CRC Press, 353 str., 2002.
- Panjan, J., Čiščenje odpadnih voda, Študijsko gradivo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 169 str., 2000.
- Panjan, J., Osnove čiščenja odpadnih voda, Študijsko gradivo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, 172 str., 2001.
- Rosso, D., Stenstrom, M. K., Surfactant effects on - factors in aeration systems, Water research no. 40, str. 1397-1404., 2006.
- Rosso, D., Libra, J.A., Wiehe, W., Stenstrom, M. K., Membrane properties change in fine-pore aeration diffusers: Full-scale variations of transfer efficiency and headloss, Water research no. 42, str.: 2640-2648., 2008.
- Roš, M., Biološko čiščenje odpadne vode, Ljubljana, GV Založba, d. o. o., 243 str., 2001.
- Tchobanoglous, G., Metcalf, L., Eddy, H. P., Wastewater engineering, Treatment and Reuse. New York, McGraw-Hill, 1819 str., 2003.
- Wiesmann U., Choi, I. S., Dombrowski, E. M., Fundamentals of Biological Wastewater Treatment, Weinheim, Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 391 str., 2007.

# POGLED NA ŠTUDIJSKI PROCES SKOZI ANALIZO PRAKTIČNEGA USPOSABLJANJA

## VIEW ON LEARNING PROCESS BY ANALYSING PRACTICAL TRAINING

**izr. prof. dr. Andreja Istenič Starčič, univ. dipl. ped. in soc.**

andreja.istenic-starcic@fgg.uni-lj.si

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

Univerza na Primorskem, Pedagoška fakulteta

Cankarjeva ulica 5, 6000 Koper

**Nejc Ogrič**

ogricnejc89@gmail.com

Beblerjeva ulica 4, 5280 Idrija

**prof. dr. Žiga Turk, univ. dipl. inž. grad.**

ziga.turk@gmail.com

Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo

Jamova cesta 2, 1000 Ljubljana

**Znanstveni članek**

UDK 005.963.5:69(497.4)

**Povzetek** | Praktično usposabljanje je prvo globlje srečanje študenta z gradbeno prakso in priložnost za soočenje naučenega med študijem in potrebnega v praksi. Članek naslanjamo na zaključno nalogo študenta, ki je prakso izbral tako, da se je srečal z razmeroma širokim spektrom gradbenih del. To mu je omogočilo, da je v svoji zaključni nalogi ocenil, kako dobro ga je študij pripravil na delo in na katerih področjih bi si želel več in drugačnih študijskih vsebin. Študentove ugotovitve postavljamo v okvir spoznanj teorije in prakse pedagogike. Primerjamo znanja, kot so strukturirana v predmete študijskega procesa, z znanji, ki so potrebna v procesu graditve. Za ogrodje analize je uporabljen procesni model, kot je implicitno zapisan v Zakonu o graditvi objektov in vrstah dokumentacije. Ugotovitve lahko ločimo na postopkovne, epistemološke in metodološke. Postopkovno se med študijem premalo odvija nekaj, čemur pedagoška teorija pravi prečkanje mej. Epistemološko se kaže, da premalo (strukture) znanja, ki se podaja med študijem, prihaja iz zakonodaje, pravilnikov in predpisov, ustrezen pa je prenos znanja, katerega vir je teorija ali računalniški programi. Metodološko se projektno delo kaže kot primerna metoda učenja za celovit vpogled nad vsebinami in interdisciplinarne povezave med predmeti ter za prečkanje meja med študijem in prakso.

Ključne besede: gradbeništvo, praktično usposabljanje, projektno učenje, študijski program

**Summary** | Practical training is the first deep encounter of the student with the construction practice and the first opportunity to match what she/has learned during her/his studies to the requirements of practical work. The article is based on a diploma thesis of a student who conducted the practical training in a way in which he was engaged with a relatively broad spectrum of construction activities. This enabled him to assess, in his thesis, how well he is prepared for the workplace requirements and identify areas where he would need more and additional study content. The student's findings are analysed in the context of pedagogical theory and practice. We compare the knowledge and the competences, as structured during the study, with the skills that are required during the construction process. As a framework for the analysis we use the construction process model

as implied by the Slovenian Construction Law and the types of documentation that control the construction processes. Our findings are procedural, epistemological and methodological. On the procedural level, the study process lacks what pedagogical theory calls "crossing borders". Epistemologically it appears that during the study not much structure comes from the laws, rules and regulations. On the other hand, the transfer of knowledge originating from scientific theory or computer programs is appropriate. Methodologically we identify the project work as a suitable method for obtaining a comprehensive insight into content and interdisciplinary links among topics and for crossing the borders between study and practice.

Key words: civil engineering, practical training, project based learning, study program

## 1 • UVOD

Inženir gradbeništva je soočen z negotovostjo, hitrimi spremembami in nasprotujočimi si zahtevami naročnikov in drugih deležnikov. Pri svojem profesionalnem delu potrebuje tehnične kompetence in kompetence pri medosebnih spretnostih. Mills in Tregust (Mills, 2003) med ključnimi pomanjkljivostmi programov tehničnih študijev navajata neustrezne pristope pri razvijanju medosebnih in komunikacijskih spretnosti, timskega dela in sodelovanja; neustrezno obravnavo socialnih, okolijskih, ekonomskih in pravnih vidikov, s katerimi se inženir pri svojem delu srečuje; pomanjkanje praktičnih izkušenj akademskega osebja, zaradi česar študenti niso deležni realnih načrtovalskih izkušenj; poučevanje ni dovolj usmerjeno v študenta.

Kaj in kako poučevati, je vprašanje, ki si ga učitelji kar naprej zastavljamo. Pri oblikovanju vsebin in metod poučevanja se deloma naslanjamo na lasten študij, deloma pa na tuje zglede (ASIN), pri prenovi učnih načrtov sodelujemo s strokovnimi združenji in prakso, zanima nas tudi uspešnost naših študentov, ko so nekaj časa že zaposleni.

To zadnje bi bil najboljši pokazatelj kakovosti poučevanja, ima pa to slabo lastnost, da njegove rezultate dobimo z velikim zamikom. Deset let lahko mine, odkar je študent neki predmet poslušal, do trenutka, ko redno, samostojno in s polnimi pooblastili dela v podjetju. Karkoli bi zaradi njegovih izkušenj spremenili, bi se v praksi poznalo šele pri

študentu, ki bo polno delal naslednjih deset let. To je v času zelo hitrega razvoja tehnologije in velikih sprememb v načinu dela, organiziranosti in poslovnih modelih industrije skorajda neuporabno kot metoda za prenovo študijskih programov.

Zato so koristni takojšnji odzivi pri spremljanju praks poučevanja in učenja ter spremljanje prenosa znanja med akademskim in industrijskim okoljem. Študentske ankete imajo majhno relevantnost, saj je malo verjetno, da bi študenti med študijem že vedeli, kaj bi jim v praksi koristilo in kaj ne.

Kako pa se pridobljeno znanje obnese med praktičnim usposabljanjem, pa je nekaj vmes – zgodi se prej ko redno delo v industriji in vendarle zunaj zidov šole. Iz poročil praktičnega usposabljanja študentov je razvidno, da študenti dojemajo učenje v akademskem okolju povezano s posamičnimi predmeti in pogrešajo celosten vpogled. Praksa omogoča vez med posameznimi predmeti, ko študenta postavi pred probleme stroke.

### 1.1 O raziskavi

Raziskava ima osnovo v diplomskem delu študenta Nejca Ogriča (Ogrič, 2014), ki je opravljal prakso po starem programu v trajanju štirih mesecev v operativnem gradbenem okolju (Ogrič, 2013). V okviru prakse je sodeloval pri projektu izgradnje industrijske hale od zasnove do končne uporabe objekta. O svojih izkušnjah – s poudarkom na primer-

javi znanj in kompetenc, pridobljenih med študijem in potrebnih na praksi – je poročal v diplomski nalogi »Praktično usposabljanje: problemi dokumentacije znanja in kompetenc, pridobljenih z izkustvenim učenjem«, ki je nastala ob mentorstvu soavtorjev tega članka.

Osnovni cilji diplomske naloge so bili (1) predstavitev praktičnega usposabljanja, ki je (sicer površno) zajelo vse faze gradnje, (2) predstavitev pridobivanja znanja na praksi; (3) analiza faz graditve ob nastajajoči dokumentaciji, zakonodajni okvir in študijske vsebine; (4) predstavitev vsebin, pri katerih je med praktičnim usposabljanjem in študijem še posebno opazno medsebojno sodelovanje; (4) na praktičnem primeru prikazati prepletanje akademskega in izkustvenega učenja na praksi.

Namen diplomske naloge je bil preučiti in ob tem opozoriti na probleme, ki se v procesu graditve pojavljajo tako v akademskem kot tudi realnem okolju praktičnega usposabljanja. Reševanje problematike na tem področju je pomembno z vidika boljšega razumevanja in prenosa različnih znanj.

Naloga predstavlja osnovo za analizo v tem članku, tako da študentove vtise interpretira in jih osmisli skozi oči učitelja in organizatorja prakse, tj. strokovnjaka na področju didaktike na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo.

V poglavju 2 predstavljamo splošna izhodišča praktičnega usposabljanja. V poglavju 3 predstavljamo, kako je potekalo usposabljanje študenta in njegove ugotovitve. V poglavju 4 študentove ugotovitve in izkušnje, pridobljene na praktičnem usposabljanju, analiziramo z vidika izhodišč praktičnega usposabljanja, podanih v poglavju 2, in zberemo zaključke.

na prenosu znanja med podobnimi položaji ali nalogami iz akademskega okolja v delovno okolje, je zamenjalo pojmovanje prečkanje meja ((Lave, 1988), (Wenger, 1998)). To prečkanje meja se dogaja v več smereh med industrijo in akademskim okoljem in med

## 2 • SPLOŠNO O PRAKTIČNEM USPOSABLJANJU

Praktično usposabljanje v okviru visokošolskega študija na splošno omogoča prenos

znanja in izkušenj med akademskim in industrijskim okoljem. Pojmovanje, ki je temeljilo

akademskim okoljem in industrijo. Študent med študijem v okviru realnih profesionalnih okolij – akademskim in industrijskim – vstopi v proces profesionalne identifikacije in sodeluje v skupnosti praktikov.

Med pomembnimi praktiki, ki prispevajo k profesionalnem razvoju študenta, so mentorji v akademskem in industrijskem okolju, ki opravljajo tri vloge: izobraževalno, podporno in vodstveno/organizacijsko (Hawkins, 1989). Študent v času študija razvija kompetence za lastno vodenje in upravljanje kariere. Izbira in izvedba praktičnega usposabljanja predstavlja študentu prve korake na karierni poti. Na UL FGG v okviru praktičnega usposabljanja od leta 2012 potekajo predavanja z obravnavo treh vsebinskih sklopov: (1) Organizacija in izvedba prakse, (2) Praksa in načrtovanje kariere, (3) Vloga, dokumentacije in evalvacija prakse.

Spreminjajoče se zahteve delovnih okolij terjajo od posameznika prožnost in ustvarjalnost pri odzivanju na spremembe (Akkerman, 2012). Praktično usposabljanje omogoča učenje na delovnem mestu, ki pa ne omogoča vsakokratnega prenosa oz. zahtev, ki bi zagotovile posamezniku prečkanje meja med akademskim okoljem in okoljem industrije (Akkerman, 2012). Eraut (Eraut, 1990) opredeljuje vrste znanja, ki naj bi jih študenti razvijali med praktičnim usposabljanjem pod vodstvom mentorja: situacijsko znanje, znanje o ljudeh, znanje o praksi, pojmovno znanje, procesno in kontrolno znanje.

Razvoj kompetenc v realnem okolju omogoča izkustveno učenje, v okviru katerega učeči se povezuje konkretno izkušnjo z opazovanjem in proučevanjem ter aktivno preizkuša svoje teoretično znanje (Kolb, 1984). Med študijem v akademskem okolju študent razvija pretežno teoretično znanje, ki ga običajno pridobiva ločeno v okviru študijskih predmetov. Za kakovostno znanje in kompetence je potrebna

njegova uporaba pri praktičnem delu v realnih situacijah, ki omogoča integracijo v celostno učenje s procesi zaznavanja in delovanja v neločljivi celoti (Marentič Požarnik, 2003). Posameznik razvija zmožnosti za delovanje v spreminjajočih se kontekstih, spretnosti posameznika niso fiksne, temveč dinamična kombinacija lastnosti, sposobnosti in vedenja, pri čemer se odraža notranja dimenzija (lastnosti posameznika) in zunanja dimenzija (zahteve delovnega okolja) (Witt, 2001).

Kompetence so pojmovane kot aktualizirane zmožnosti, ki jih posameznik uporabi v določeni situaciji. Klieme in Leutner opredeljuje kompetence kot kontekstualno specifične kognitivne dispozicije, ki jih posameznik potrebuje za uspešno ravnanje v kontekstualnih situacijah ali nalogah na različnih področjih (Klieme, 2006).

Uspešen proces učenja v realnih situacijah omogoča ustrezno vodenje od organizatorja prakse na fakulteti in mentorjev v industrijskem okolju. Učenje na delovnem mestu poteka ob neposredni delovni nalogi, in brez ustreznega načrtovanja sprotnega in končnega vrednotenja in refleksije ne prispevajo h kompetencam študenta.

Aktivnosti za pridobivanje praktičnih izkušenj lahko potekajo na različne načine, ki so povezani s študijskimi programi in predmeti na ravni oblik in metod učnega dela ter evalvacije in ocenjevanja kompetenc študentov. Delimo jih na oblike, ki potekajo pretežno v industrijskem okolju, in na oblike, ki so pretežno v akademskem okolju s tesno povezavo z industrijo.

Oblike, ki potekajo pretežno v industrijskem okolju, so praksa, sendvič programi, poletno delo, ekskurzije, pripravništvo, prostovoljno delo. Oblike, ki potekajo pretežno v akademskem okolju, so projektno delo, študij primerov, zunajštudijske aktivnosti, obiski predstavnikov industrije na univerzi, delavnice, simulacije z

realnimi podatki. V Sloveniji se je v zadnjih dveh letih razvila nova oblika projektnega dela – Po kreativni poti do praktičnega znanja –, ki poteka v tesnem sodelovanju fakultete in industrije in pri katerem pedagoški in industrijski mentorji vodijo študente pri projektne delu, za katero študenti tudi prejmejo plačilo.

Projektno delo v procesu izobraževanja presega učno delo v učilnici in učenje povezuje z življenjskimi situacijami. Omogoča obravnavo aktualnih problemov z izvajanjem dela v realnem okolju. Poznamo več vrst projektnega učenja, denimo problemsko učenje in učenje z raziskovanjem. Skupne značilnosti so samousmerjeno učenje, delo z integracijo, uporabo in prenosom znanja pri reševanju konkretnih nalog, sodelovanje v skupini in uporaba novih tehnologij. Proces projektnega dela zajema proces načrtovanja, oblikovanja, razvoja in sprejemanja odločitev, pri čemer študent relativno samostojno in ob sodelovanju s kolegi v daljšem obdobju izvaja projektne aktivnosti. Projektno delo uspešno zaživi v medpredmetnih povezavah, saj življenjske situacije ne prenesajo popredmetenja (Gardner, 2011). Pri študiju gradbeništva je tako smiselno uvajati projektno učenje na področju tipičnih gradbenih del/projektov na realnih podatkih, ki so dostopni v elektronskih bazah.

Če povzamemo, projektno delo temelji na življenjski situaciji, reševanju realnih problemov in nalog, poteka v socialni interakciji ob uporabi orodij in tehnologij ter omogoča razvoj kompetenc v okviru situacijskega znanja, znanja o ljudeh, znanja o praksi, procesnega in kontrolnega znanja (Eraut, 1990).

Med zgoraj naštetimi oblikami praktičnega usposabljanja je v najpristnejšem stiku z industrijo prav praksa in zato lahko daje zelo dobre povratne informacije o drugih oblikah študija. V okviru prakse so študenti vključeni v projekte in največkrat sodelujejo v segmentih projektov.

Pri praktičnem usposabljanju v naštetih podjetjih je izkusil vse faze projekta, od zasnove do uporabe objekta.

Praktično usposabljanje je opravljal v 3. letniku študija. Do takrat se je med študijem srečal že z veliko večino strokovnih predmetov, zato mu je delo v omenjenih podjetjih predstavljalo velik izziv tudi s praktičnega vidika. Njegova funkcija pri projektu – od zasnove graditve, projektiranja objekta in neposredne priprave na gradnjo ter faze gradnje do tehničnega pregleda in uporabe objekta – je bila najprej zgolj spremljanje in

### 3 • USPOSABLJANJE ŠTUDENTA

Študent je skladno s študijskim programom opravljal praktično usposabljanje. Potekalo je v dveh podjetjih: UNIA, Urbanizem, nadzor, inženiring, arhitektura, d. o. o., Idrinja, in v podjetju ZIDGRAD, Splošno gradbeno podjetje Idrinja, d. d.

V podjetju UNIA, Urbanizem, nadzor, inženiring, arhitektura, d. o. o., Idrinja, je delal pri gradbenem projektu izgradnje industrijske hale v

Žireh. To podjetje se ukvarja s storitvami in inženiringom. Pri projektu izgradnje industrijske hale je podjetje UNIA izdelalo projektno dokumentacijo in opravljalo strokovni nadzor nad izvedenimi deli pri gradnji objekta. Podjetje ZIGRAD pa je opravljalo gradbeno delo. Podjetje se ukvarja z gradnjo objektov z upoštevanjem visokih okolijskih in tehnoloških standardov.



Slika 1 • **Produkt – industrijska hala 4 in parkirišče** Investitor objekta je bila družba, katere dejavnost je proizvodnja elementov za fluidno tehniko. Proizvajajo različne hidravlične ventile, kompresorje in črpalke. Zaradi širitve proizvodnje in prostorske stiske so se v podjetju odločili za širitev in novogradnjo industrijske hale 4 in parkirišča. Objekt je dimenzij 30 m x 40 m in se danes uporablja za proizvodnjo omenjenih delov. V objektu so pisarne, skladišče, proizvodne linije, garderobe in sanitarije

beleženje procesov, kasneje pa je sodeloval tudi pri delih na objektu.

Njegovo delo na objektu sta pomagali strukturirati dve vrsti informacij: gradbena zakono-

daja in formalno določen proces graditve objektov. To je za študenta novo, saj se med študijem na ravni strukture študijskega proces in na ravni vsebin s tem ne srečuje pogosto.



Slika 2 • **Pogled na gradbeno mehanizacijo, ki so jo uporabljali pri gradnji (črpalka za beton, visoki žerjav, teleskopske dvizne ploščadi)**

### 3.1 Sledenje zakonodaji

V gradbeni praksi se je na začetku seznanil z gradbeno zakonodajo. Koncentrirano se je moral seznaniti z vsemi zakoni, uredbami in pravilniki, ki veljajo v Republiki Sloveniji za gradbeno stroko, in njihovimi medsebojnimi odnosi. Ugotavlja, da se med študijem z zakonodajo spoznava razpršeno in obrobno.

V praksi se je najprej spoznal s predinvesticijsko zasnovo. Sodeloval je pri izdelavi študij in analiz, s katerimi je investitor izbral najbolj primerno varianto. Nato so izdelali investicijski program, kjer so bili zapisani spremembe in vzroki za spremembo zastavljenega projekta. Tu se je prvič srečal z lokacijsko informacijo in prvič tudi uporabil znanje in kompetence, pridobljene v okviru študija. Na tej točki se je začelo projektiranje gradbenega objekta. Seznanil se je s projektno in tehnično dokumentacijo, kamor spadajo projekti, kot so idejna zasnova (IDZ), idejni projekt (IDP), projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD), projekt za razpis (PZR), projekt za izvedbo (PZI), projekt izvedenih del (PID), projekt za vzdrževanje in obratovanje objekta (POV) ter projekt za vpis v uradne evidence (PVE).

Ko se je začela priprava na gradnjo objekta, se je temeljito seznanil z gradbeno pogodbo. Seznanjen je bil tudi z načrtom ureditve gradbišča.

Najzanimivejši del praktičnega usposabljanja se je začel z gradnjo objekta. Seznanil se je gradbiščno dokumentacijo, kot sta gradbeni dnevnik in knjiga obračunskih izmer. Naučil se je pravilno izpolnjevati gradbeni dnevnik in knjigo obračunskih izmer, ki se ju je vodilo na gradbišču vsak delovni dan. Seznanjen je bil tudi s tehničnim pregledom objekta in z uporabnim dovoljenjem. Na koncu je prisostvoval primopredaji objekta.

### 3.2 Sledenje procesu graditve objektov

Zakon o graditvi objektov (RS, 2004) razdeli proces graditve objektov v štiri faze. Te štiri faze obsegajo izdelavo predinvesticijske zasnove, investicijski program, projektno dokumentacijo in neposredno pripravo na gradnjo, pripravljala dela in gradnjo objektov vključno s pridobitvijo uporabnega dovoljenja. Faze graditve gradbenega objekta so:

I. FAZA: Faza zasnove graditve:

- izdelava predinvesticijske zasnove
- izdelava idejne zasnove
- izdelava investicijskega programa
- izdelava idejnih projektov

II. FAZA: Faza projektiranja graditve:

- izdelava projekta za pridobitev gradbenega dovoljenja

- izdelava projekta za razpis
- izdelava projekta za izvedbo

III. FAZA: Faza neposredne priprave na gradnjo:

- pridobitev gradbenega dovoljenja
- objava razpisa
- sklenitev gradbene pogodbe
- izdelava načrta organizacije ureditve gradbišča

IV. FAZA: Faza gradnje:

- izvedba pripravljanih del
- izvedba gradbenih, obrtniških in inštalacijskih ter drugih del
- projekt izvedenih del
- pridobitev uporabnega dovoljenja
- primopredaja zgrajenega objekta

Sledita fazi uporabe in vzdrževanja, ki pa ju naloga ni obravnavala.

**3.3 Analiza v diplomski nalogi**

V vsaki fazi nastaja določena dokumentacija. Za vse vrste dokumentacije je izdelal analizo. V njej je na približno eni strani študent opisal,

za kaj je v tej podfazi v njegovem primeru šlo, naštel je študijske premete, ki so ali naj bi podajali ustrezno znanje in kompetence, kaj je bilo v zvezi s študijem za to dokumentacijo dobro (pozitivno) in kaj je bilo slabo oz. mu je znanja manjkalo (negativno). V dodatke k nalogi je zbral primere dokumentacije, pri izdelavi katere je v posamezni fazi sodeloval.

Na slikah 3 in 4 za ilustracijo prikazujemo opisa dveh takih analiz.

**3.4 Ugotovitve študenta**

Praktično za vsako dokumentacijo študent ugotavlja, da je naletel na veliko primerov, ko znanje, pridobljeno med formalnim izobraževanjem, v celoti ni zadoščalo. Večje razlike med znanjem iz študija in kompetencami, ki bi jih potreboval v praksi, ugotavlja na področju gradbene zakonodaje, detajlnih projektne dokumentacije in dokumentov, ki nastajajo na gradbišču. Opozarja na naslednje prednosti in pomanjkljivosti študija:

- da so morali upoštevati vse zakone, urede in predpise, ki veljajo v Republiki Sloveniji, zato je moral med praktičnim usposabljanjem bistveno razširiti znanje o gradbeni zakonodaji, saj ta natančno določa številne podrobnosti graditve objektov.

- da so graditev industrijske hale 4 in parkirišča začeli s predinvesticijsko zasnovano. Seznanil se je z izdelavo študij in analiz, s pomočjo katerih se je izbrala najugodnejša varianta. Med študijem so na to temo izdelali seminarsko nalogo, kjer so za določeno hišo pripravili oceno vrednosti in izračun stroškov projekta izgradnje stanovanjske hiše.

- da je bilo veliko stvari med študijem le omenjenih, vendar so v realnem okolju gradbene industrije bistvenega pomena. Projekti, kot so idejna zasnova (IDZ), idejni projekt (IDP), projekt za pridobitev gradbenega dovoljenja (PGD), projekt za razpis (PZR), projekt za izvedbo (PZI), projekt iz-

I. FAZA Faza zasnove graditve		Predinvesticijska zasnova	
V predinvesticijski zasnovi so obravnavane vse variante, za katere je verjetno, da bi na ekonomsko, finančno, terminsko in tehnično sprejemljiv način izpolnile cilje iz dokumenta identifikacije investicijskega projekta, najmanj minimalna varianta oziroma varianta "brez" investicije in varianta "z" investicijo. Pri tem se upoštevajo tehnične, finančne, zakonske in druge omejitve in ugotovijo posledice posameznih variant ter utemelji predlog optimalne variante (Uredba o enotni metodologiji za izdelavo programov za javna naročila investicijskega značaja, Uradni list RS, št. 82/1998, 9. člen).			
Predinvesticijska zasnova vsebuje:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• študije in raziskave povpraševanja;</li> <li>• tehnično-tehnološke raziskave in študije ter načrte z izbiro potrebne opreme;</li> <li>• idejne gradbene in druge rešitve;</li> <li>• geološke, geomehanske, seizmološke, vodnogospodarske, ekološke in druge raziskave;</li> <li>• analize mogočih lokacij objekta ter analize vplivov na okolje in drugih vplivov s predvidenimi ukrepi;</li> <li>• analize vključitve javno-zasebnega partnerstva;</li> <li>• analize vključitve v medregionalne, regionalne, medobčinske povezave.</li> </ul>			
Predinvesticijska zasnova obravnava posamezne variante tako podrobno, da je mogoče čim zanesljivejše izbrati in utemeljiti optimalno varianto.			
Optimalno varianto se izbere s pomočjo analize stroškov in koristi ali drugimi primernimi metodami.			
Študijski predmeti:	(+)	(-)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Komunalno gospodarstvo in gradbena zakonodaja</li> <li>• Stavbarstvo</li> <li>• Urejanje stavbnih zemljišč in cenilstvo</li> <li>• Pravica gradnje in gradbena pogodba</li> </ul>	Pri predmetu Urejanje stavbnih zemljišč in cenilstvo smo izdelali seminarsko nalogo, kjer smo za določeno hišo izdelali oceno vrednosti in izračun stroškov projekta izgradnje stanovanjske hiše.	Predinvesticijsko zasnovo smo med študijem pri naštetih predmetih samo omenili.	
<b>Praktično usposabljanje:</b>			
V praksi sem se prvič srečal s predinvesticijsko zasnovano. Izdelane so bile študije in analize, s katerimi je investitor izbral najbolj primerno varianto. V predinvesticijski zasnovi je bilo zapisano, kaj se bo gradilo, kratek opis razlogov za investicijo, kratek opis variant ter ocena vrednosti projekta, ki je prikazana v prilogi št. 2. Tu sem se prvič seznanil z Uredbo o enotni metodologiji za izdelavo programov za javna naročila investicijskega značaja.			
<b>Priloge:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Priloga B – Ocena vrednosti projekta.</li> </ul>			

Slika 3 • Primer analize podfaze predinvesticijske zasnove

IV. FAZA Faza gradnje		Knjiga obračunskih izmer	
Knjiga obračunskih izmer se vodi na obrazcih, katerih oblika in vsebina ter način izpolnjevanja so določeni v prilogi 2, ki je sestavni del tega pravilnika. Na zgornjem ali spodnjem delu listov knjige obračunskih izmer je lahko označba ali logotip investitorja, lahko pa tudi izvajalca, če se investitor in izvajalec tako dogovorita (14. člen Pravilnika o gradbiščih, UL RS, št. 55/2008).			
Knjiga obračunskih izmer predstavlja gradbiščno dokumentacijo za sestavo mesečnih situacij izvršenih del. V knjigo obračunskih izmer gradbeni izvajalec vpisuje vse izmere in izračune izvedenih del. Za vodenje knjige obračunskih izmer je odgovoren odgovorni vodja del. Knjigo obračunskih izmer je potrebno začeti voditi z dnem začetka prvih aktivnosti na gradbišču, konča pa se z zaključkom del.			
Knjigo obračunskih izmer sestavljajo:			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• uvodni list;</li> <li>• seznam vložnih listov;</li> <li>• obračunski list;</li> <li>• obračunske priloge;</li> <li>• obračunski načrt.</li> </ul>			
Knjigo obračunskih izmer vodi gradbeni izvajalec v enem izvodu. Ko je delo končano, mora biti tudi knjiga obračunskih izmer zaključena, oštevilčijo se vsi listi in vstavijo v ustrezno mapo. Zaključena knjiga obračunskih izmer se izroči investitorju, ki jo mora hraniti vsaj 10 let.			
Študijski predmet:	(+)	(-)	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Tehnološki procesi</li> </ul>	Pri predmetu Tehnološki procesi smo izdelali projektno nalogo, kjer smo delali izračune npr. za okna, vrata itd.	Na študiju smo samo omenili knjigo obračunskih izmer, nismo pa bili seznanjeni, kakšna je in kako jo je potrebno izpolnjevati.	
<b>Praktično usposabljanje:</b>			
Knjigo obračunskih izmer se je na gradbišču vodilo vsak dan. Z njo sem se seznanil šele v praksi.			
<b>Priloge:</b>			
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Priloga K – Obračunski listi knjige obračunskih izmer.</li> </ul>			

Slika 4 • Primer analize dokumenta Knjige obračunskih izmer



vedenih del (PID), projekt za vzdrževanje in obratovanje objekta (POV) ter projekt za vpis v uradne evidence (PVE), so bili med študijem le omenjeni.

- da je bila snov, ki je vključevala temo gradbene pogodbe, med študijem dobro podana in razumljiva, tako da v realnem okolju na tem področju ni imel težav.
- da gradbeni dnevnik in knjiga obračunskih izmer nista dovolj dobro zastopana med študijem, saj sta bila samo omenjena.

Meni, da bi gradbeni dnevnik in knjigo obračunskih izmer morali znati izpolnjevati in voditi že pred začetkom praktičnega usposabljanja.

- da postopki vodenja gradbenega projekta kot celote – od gradbene zakonodaje, upravnih organov, pridobivanja soglasij in projektnih pogojev, posameznih faz projektne dokumentacije in vsi postopki do uporabe objekta v akademskem okolju – niso dovolj podrobno podani.

Kompetence, ki so v diplomskem delu večkrat omenjene, opredeljujemo kot zmožnost posameznika, da pridobljeno znanje in veščine v skladu s svojimi vrednotami in stališči uporabi v kompleksnih, raznovrstnih in predvidljivih ter nepredvidljivih situacijah. Kljub možnosti za izboljšanje študija mu je to v nekaj mesecih praktičnega usposabljanja uspelo. Zaključuje, da bi bilo v študij gradbeništva treba dodati še več praktičnega usposabljanja in vsebin, omenjenih zgoraj.

## 4 • DISKUSIJA IN ZAKLJUČEK

V diskusiji predstavljamo procesni (z vidika postopkov), epistemološki (z vidika virov znanja) in metodološki (z vidika načina podajanja znanja) pogled na opravljeno prakso in vrzeli med potrebnimi kompetencami in med tistimi, pridobljenimi med študijem.

### 4.1 Postopkovni vidik

V okviru praktičnega usposabljanja študenti zaznavajo razkorak med prakso, ki v okviru delovnih procesov zahteva integracijo znanja in kompetenc, ter med študijskimi predmeti, v okviru katerih je znanje visoko strukturirano, disciplinarno usmerjeno in zato nemalokrat na prvi pogled ni povezano z resničnimi problemi stroke. Praksa je omogočala celostni vpogled in integracijo znanja in kompetenc pri opravljanju delovnih nalog in reševanju profesionalnih problemov. V okviru prakse je bila študentu omogočena profesionalna identifikacija in spoznavanje z vlogami in nalogami inženirja gradbeništva. Pomembno vlogo pri učenju na delovnem mestu je imel mentor, ki je študenta vodil in usmerjal pri opravljanju delovnih nalog s sprotim in končnim vrednotenjem in s spodbujanjem k refleksiji.

### 4.2 Viri znanja

Študent navaja, da je umestitev na praksi zahtevala uporabo in razvoj sklopov specifičnih in generičnih kompetenc. Poudaril je, da delovni procesi, za katere veljajo posebne pristojnosti, zahtevajo integracijo različnih kompetenc hkrati in ne ločeno, kot je to v okviru predmetov. V akademskem okolju je proces uporabe znanja mnogokrat dekontekstualiziran, zato tega ni mogoče primerjati z realnimi življenjskimi situacijami in zahtevami na terenu. Poudaril je pomen novih in spreminjajočih se okoliščin, ki so značilne za delo v gradbeništvu. Na začetku

prakse se ni počutil kompetentnega za delo v tako zahtevnem okolju.

Znanja, s katerimi se je študent spoznal na fakulteti, je osmislił pri praktičnem usposabljanju. V zvezi z generičnimi kompetencami je študent ugotavljal, da jih brez izkušenj na terenu ne bi mogel razviti. Te so delo s strankami, reševanje konfliktov, timsko delo in vodenje. Na praksi je študent potreboval spretnosti komunikacije z različnimi deležniki, v timu delovne organizacije, s podizvajalci in naročniki.

### 4.3 Načini podajanja

Učenje na delovnem mestu je povezano z razvojem kompetenc in stopnjo avtonomije v okviru sodelovanja in opravljanja nalog. Profesionalna skupnost na delovnem mestu vpliva na učenje v okviru pridobivanja praktičnih izkušenj. Učinkovitost prečkanja mej med akademskim in industrijskim okoljem je odvisna od vsebine in metod učenja v obeh okoljih. Razdrobljenost, ki jo študent/-i izpostavlja/-jo v povezavi z disciplinarno usmerjenostjo, je mogoče preseči z interdisciplinarnim projektним učenjem, ki bi povezovalo študijsko delo z realnimi projekti in problemi stroke v vsem študijskem procesu. Projektno delo je ustrezno za študijske aktivnosti v akademskem okolju kakor tudi za prakso. Študenti gradbeništva so v raziskavi leta 2010 med ključnimi metodami učenja na delovnem mestu navedli prav projektno delo (Istenič Starčič, 2011). Vpeljava projektne učnega dela zahteva izvajanje vseh faz – od opredelitve problema, razvoja, spremljanja lastnega učenja in refleksije do končnega izdelka. Sodelovanje pri projektih v času prakse ne zadostuje zaradi časovne omejenosti, pa tudi, če niso izpolnjeni pogoji za projektno učenje.

Dolžina prakse je pomemben dejavnik za njeno uspešnost. Stari programi so imeli prakso v obsegu enega meseca na univerzitetnem študiju in štirih mesecev na visokošolskem študiju. V bolonjskih programih praksa obsega le 80 ur (dva tedna) na 1. stopnji in 80 ur (dve tedna) na drugi stopnji študija. Študenti se z organizacijami izvajalkami prakse dogovarjajo za razširitev prakse v okviru priložnostnega študentskega dela. S tem pridobijo izkušnje, ki jih delodajalci od njih pričakujejo že pri prvi zaposlitvi.

### 4.4 Zaključki

V ugotovitvah iz prejšnjega poglavja se kažejo dve vrsti pomanjkljivosti – da so določeni viri znanja v ospredju, drugi pa v ozadju, da so nekatere mehkejše vrste kompetenc zastopane. Med pedagoškimi metodami študent/-i izpostavlja/-jo projektno delo kot metodo, ki lahko po mnenju študentov optimalno pripravi za delo v industriji.

Pomanjkljivosti se ne zdijo kritične, saj je študent prakso uspešno opravil in je torej manjkajoče znanje usvojil med delom, in se hkrati zdijo kritične, saj ne gre za posamezne kompetence, ki so morda potrebne, morda pa ne, ampak za manjkajoči pogled na celoto, ki bi morala predstavljati ogrodje za strukturiranje in organizacijo vseh kompetenc.

Študijske vsebine šole podajajo glede na discipline gradbeništva – torej posebej npr. statiko in mehaniko, gradiva, razne vrste konstrukcij, vodenje in upravljanje in podobno. Praktičnemu delu v industriji pa določata proces in vsebino na eni strani zakonsko predpisani proces graditve, na drugi strani pa struktura dokumentov oz. informacij, ki v procesu graditve nastaja in ki je – poleg otipljivega objekta seveda – rezultat dela gradbenih inženirjev.

Če verjamemo ugotovitvam študenta, sta zadnja dva pogleda v ozadju. Študente šola dobro opremi s posamičnimi kompetencami, ki so splošne in uporabne v več kot eni vrsti dokumentacije in v več kot eni fazi graditve.

O gradbenih konstrukcijah npr. je treba nekaj vedeti v zelo različnih fazah graditve, informacije o konstrukciji pa se z različno obliko natančnosti in z različnih vidikov pojavljajo v različnih dokumentih.

Manj uspešna pa je šola, ko gre za pregled celote – tako celotnega procesa graditve kot tudi celote posameznih vrst dokumentacije, v nekaterih primerih pa tudi njenih podrobnosti.

Večjo celovitost bi lahko dosegli z večjimi, projektno usmerjenimi predmeti v višjih letnikih, katerih cilj bi bilo kompletno pokrivanje celotne faze graditve, rezultat pa priprava vzorčnih delov gradbene dokumentacije. Koristen bi bil tudi enoten miselni zemljevid gradbeniških tem, ki bi vsebine posameznih študijskih predmetov lociral na veliko sliko gradbenega procesa in dokumentacije. Teme se študentom

lahko ponudi po metodi projektnega učenja, ki omogoča povezave na ravni vsebin, procesov in disciplin. Nekaj več pozornosti bi kazalo nameniti tudi mehkim kompetencam, kot so medosebne in komunikacijske spretnosti, timsko delo in sodelovanje. Bolj celosten pristop je tudi osnova za kakovostno analizo graditve z vidika ustvarjanja nove vrednosti ter z vidika vplivov na okolje in zdravje ljudi.

## 5 • LITERATURA

- Akkerman, S., Bakker, A., Crossing Boundaries Between School and Work During Apprenticeships, *Vocations and Learning*, 5, 153–173, 2012.
- Eraut, M., Identifying the knowledge which underpins performance., V: Black, H., Wolf, K. (ur.), *Knowledge and competence: current issues in training and education*, London,: Career and Occupational Information Centre, HMSO, 22–29, 1990.
- Gardner, H., *Frames of mind: the theory of multiple intelligences*, New York, Basic book, 2011.
- Hawkins, P., Shohet, R., *Supervision in the Helping Professions*. Milton Keynes, Open University Press, 1989.
- Istenič Starčič, A., Students' perception of field placement in professional competency and identity construction: transdisciplinary study in education, health and engineering. V: J. Millwater, L. C. Ehrich & D. Beutel (ur.), *Practical experiences in professional education: a transdisciplinary approach*, Brisbane, Post Pressed, 155–170, 2011.
- Klieme, E., Leutner, D., Competence models for assessing individual learning outcomes and evaluating educational process, Description of new priority program of German Research Foundation, DFG, *Zeitschrift für Pädagogik*, 52, 876–903, 2006.
- Kolb, D. A., *Experiential learning, Experience as The Source of learning and Development*, Case Western Reserve University, 1984.
- Lave, J., *Cognition in practice: Mind mathematics and culture in everyday life*. New York: Cambridge University Press, 1988.
- Marentič Požarnik, B., *Psihologija učenja in pouka*, Ljubljana, DZS, 2003.
- Mills, J. E., Treagust, D. F., Engineering Education – Is problem-based or project-based learning the answer? *Australasian journal of engineering education*, AAEE, povzeto 1. 9. 2015 po [http://www.aaee.com.au/journal/2003/mills\\_treagust03.pdf](http://www.aaee.com.au/journal/2003/mills_treagust03.pdf), 2003.
- Ogrič, N., Poročilo praktičnega usposabljanja, Interno gradivo, UL FGG, 2013.
- Ogrič, N., Praktično usposabljanje: problemi dokumentacije znanja in kompetenc, pridobljenih z izkusnim učenjem, diplomska naloga, UL FGG, 2014.
- RS, Republika Slovenija, Zakon o graditvi objektov, ZGO-1, UL RS, št. 102, 2004.
- Wenger, E., *Communities of Practice: Learning, Meaning and Identity (Learning in doing: social, cognitive and computational perspective)*, Cambridge University Press, 1998.
- Witt, R., Lehman, R., Germany (National DeSeCo Report), OECD, povzeto 1. 9. 2015 na <http://www.deseco.admin.ch/bfs/deseco/en/index/05.parsys.6214.downloadList.63667.DownloadFile.tmp/sfsodesecocpgermany19122001.pdf>, 2001.



REPUBLIC OF SLOVENIA  
MINISTRY OF THE ENVIRONMENT  
AND SPATIAL PLANNING

ADMINISTRATION



FOR CIVIL PROTECTION  
AND DISASTER RELIEF

BRE  
CENTRE FOR  
RESILIENCE

# MEDNARODNA KONFERENCA MOVING BEYOND RISKS: ORGANIZING FOR RESILIENCE

16. in 17. septembra, Bled, Slovenija

Mednarodni inštitut i-RESC je ob pokroviteljstvu predsednika državnega zbora dr. Milana Brgleza organiziral mednarodno konferenco **Moving Beyond Risks: Organizing for Resilience**, ki je bila 16. in 17. septembra letos na Bledu.

Soorganizatorji konference so bili nacionalna agencija BRE, Centre for Resilience, iz Škotske, Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije ter Uprava Republike Slovenije za zaščito in reševanje (URSZR), podporniki konference pa Inženirska zbornica Slovenije (IZS), Slovensko združenje elektroenergetikov CIGRE-CIRED in Slovenski nacionalni komite za velike pregrade (SLOCOLD).



V svetu poznamo dovolj dokazov, ki govorijo o tem, da sta gospodarski razvoj in njegova konkurenčnost odvisna od stabilnega in varnega okolja, ki pa je povezano z **vprašanjem ranljivosti oziroma odpornosti proti naravnim in drugim nesrečam**. Tega se vse premalo zavedamo tudi pri nas v Sloveniji, kar je bil eden od razlogov, da so se v Mednarodnem inštitutu i-RESC odločili za organizacijo prve tovrstne mednarodne konference.

Mednarodna konferenca, ki je gostila strokovnjake z vsega sveta – ZDA, Avstralije, Evrope in Slovenije – in privabila skoraj 100 udeležencev iz 12 držav, je postregla s številnimi zanimivimi predavanji in razpravami. Predstavljeni so bili rezultati najsodobnejših raziskav in dobrih praks na področju prepoznavanja tveganj in obvladovanja kriznih razmer s ciljem doseganja višje varnosti, zanesljivosti in učinkovitosti kritičnih infrastruktur ter posledično doseganja večje odpornosti proti naravnim in drugim nesrečam ali katastrofam.

Konferenco je odprl dr. Milan Brglez, predsednik državnega zbora, in poudaril, da mora Slovenija zagotavljati odpornost in visoko zanesljivost kritičnih infrastruktur. Dodal je, da so takšni dogodki odlična priložnost za izmenjavo dobrih praks in nadaljnji razvoj tega pomembnega področja.

V uvodu so svoje videnje problematike predstavili še mag. Klemen Potisek, državni sekretar z ministrstva za infrastrukturo, mag. Tanja Bogataj, državna sekretarka z ministrstva za okolje, in Branko Dervodel iz Uprave Republike Slovenije za zaščito in reševanje. Uvod v strokovni del konference je naredil dr. Stephen Garvin iz BRE, škotskega centra za odpornost.

Po uvodnem delu sta sledili dve sekciji. V prvi so udeleženci obravnavali tematiko tveganj in zanesljivosti, v drugi pa so razpravljali o različnih pogojih za doseganje odpornosti.

## Sekcija 1: TVEGANJA IN ZANESLJIVOST

O upravljanju tveganj in o kritični infrastrukturi so v prvi sekciji najprej spregovorili dr. Iztok Prezelj s Fakultete za družbene vede Univerze v Ljubljani ter Marko Fatur in Špela Ložar iz Ljubljanskega urbanističnega zavoda, ki so predstavili različne metode za skeniranje kritične infrastrukture in uporabo geografskih informacijskih sistemov. Nadaljevali so hrvaški strokovnjaki – najprej z osiješke in reške univerze –, ki so predstavili, kako je treba poskrbeti za strateško investiranje v javne projekte; za njimi pa še strokovnjaki, ki so spregovorili o zmanjševanju tveganj pri izgradnji infrastrukturnih projektov.

O infrastrukturi na področju jezov in o zaščiti pred poplavami sta predavala Nina Humar iz Slovenskega nacionalnega komiteja za velike pregrade in dr. Andrej Kryžanowski s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, o organizacijah z visoko zanesljivostjo (HRO – high reliability organisation) pa sta spregovorila Marius Bertolucci in dr. Bruno Tiberghien iz Francije.

Prva sekcija je razpravljala tudi o upravljanju tveganj in katastrofah. Dr. Bassam Baroudi iz Avstralije je predstavil rezultate ankete, s katero so ugotavljali, s kakšnimi dejavniki in izzivi se spoprijemajo strokovnjaki pri načrtovanju, kako se soočiti s katastrofalnimi dogodki. S preprečevanjem katastrof se ukvarjajo v podjetju Mikro Medica iz Radencev, dr. Zvonko





REPUBLIC OF SLOVENIA  
MINISTRY OF THE ENVIRONMENT  
AND SPATIAL PLANNING

ADMINISTRATION



FOR CIVIL PROTECTION  
AND DISASTER RELIEF

BRE  
CENTRE FOR  
RESILIENCE



## 2. DAN MEDNARODNE KONFERENCE

Tudi drugi dan konference je ponudil udeležencem številne možnosti za izmenjavo dobrih praks in spoznavanje z različnimi tematikami s področja prepoznavanja tveganj in obvladovanja kriznih razmer. Program je bil razdeljen v dve sekciji, tematiki pa sta bili »odpornost in katastrofe« ter »primeri organiziranja odpornosti«.

Sekcija, ki se je ukvarjala z odpornostjo in katastrofami, se je dotaknila dveh vsebin. Prva je bila upravljanje odpornosti, kritična infrastruktura in družba, druga pa upravljanje odpornosti v praksi.

O medorganizacijski strukturi odpornosti in lekcijah iz držav v razvoju in vojnih območjih ter načinih, kako se odzvati na katastrofe, sta predavala dr. Marya L. Doerfel in Jack L. Harris iz ZDA. Mag. Eija Susanna Merilainen iz Finske se je spraševala, ali so prizadeti po katastrofah žrtve ali preživeli, posebno tehniko gradnje z geosintetičnimi materiali, ki pomagajo pri odpornosti infrastrukture, pa sta skupaj predstavila slovenski (dr. Stanislav Lenart) in japonski strokovnjak (dr. Tatsuoka). Skupni projekt nemških, španskih in britanskih strokovnjakov je namenjen analiziranju učinkov tehnologije, ki je odporna proti poplavam, pri čemer so uporabili pristop sintetičnega modela, o žledu in ustreznem odzivu po njem v občini Jezersko pa je spregovoril Primož Šink iz občine.

Odpornost je pomembna tudi med ljudmi, predvsem starejšimi. O življenjskih razmerah in neodvisnosti starejših v domačem okolju sta razpravljali Katarina Galof in mag. Nevenka Gričar z ljubljanske Fakultete za družbene vede, mag. Noemi Guipponi in dr. Craig Thomson iz Škotske pa sta ugotavljala, kako pomembne pri načrtovanju mest so družbena odpornost in geografske informacijske tehnologije. Kako se ranljive osebe znajdejo v ranljivih situacijah in kakšen je položaj globalno oviranih v izrednih razmerah, se je spraševal in iskal odgovore dr. Glyn Everett iz

Sigmund iz Zagreba pa je predstavil, kako upravljati potresna tveganja za obstoječe zgradbe. Dr. Tomaž Pazlar iz Zavoda za gradbeništvo je postregel z razmišljanjem o tem, kako vse močnejša neurja v Sloveniji vplivajo na gradbeništvo, na to temo pa so se navezali tudi nemški gradbeni strokovnjaki, ki so poudarili, da gradbena stroka še vedno premalo upošteva posledice vse pogostejšega intenzivnega deževja.

### Sekcija 2: DOSEGANJE POGOJEV ZA ODPORNOST

Tudi druga sekcija je bila razdeljena v dve skupini. V prvi so spregovorili o spremembah, organizaciji in vodenju, v drugi pa o izobraževanju, deljenju znanja in kriznem upravljanju. Prvo predavanje v prvi skupini je imela dr. Annette Gebauer iz Nemčije, ki je spregovorila o izobraževalni in varnostni kulturi v globalnem industrijskem konglomeratu. Dr. Michael T. DeGrosky iz ZDA je predstavil proces vzpostavitve visokozanesljive organizacije za gašenje požarov iz zraka, Marko Fatur

iz Ljubljanskega urbanističnega zavoda pa je spregovoril o upravljanju tveganj pri cestnem prevozu nevarnih snovi. Mag. Marjana Lutman iz Zavoda za gradbeništvo je predstavila model za upravljanje potresnih tveganj v Sloveniji, Joseph Edward Williams iz ZDA pa je razložil, kako upravljati tveganja v naftni industriji. V skupini, ki se je ukvarjala z izobraževanjem, deljenjem znanja in kriznim upravljanjem, se je dr. Jens O. Meissner iz Švice spraševal, ali se lahko iz ekstremnih okolij, kot so potapljaške globine, naučimo kaj o upravljanju odpornosti. Ekstremno je tudi jedrsko okolje, v katerem se dobro znajde Marjan Tkavc iz Uprave RS za jedrsko varnost, ki je predstavil izzive pri vzdrževanju pripravljenosti na jedrsko nesrečo. David A. Christenson iz ZDA ima za seboj 20-letne izkušnje pri izobraževanju na področju visokozanesljivih organizacij, dr. Marc H. Otten iz Nizozemske pa je strokovnjak za izobraževanje strokovnjakov v kriznem komuniciranju. Nizozemski strokovnjaki so se ob koncu prvega dneva dotaknili družabnih omrežij, ki jih je mogoče uporabiti med krizo in po njej.





REPUBLIC OF SLOVENIA  
MINISTRY OF THE ENVIRONMENT  
AND SPATIAL PLANNING

ADMINISTRATION



FOR CIVIL PROTECTION  
AND DISASTER RELIEF

BRE  
CENTRE FOR  
RESILIENCE

Velike Britanije, Dušan Sofrič pa je predstavil, kako so v Aerodromu Ljubljana pripravljene na pojav nalezljivih bolezni.

V zadnjem delu popoldanskih predavanj so bili na vrsti praktični primeri organiziranja odpornosti in lekcije, ki so se jih naučili vpleteni. O žledu v Sloveniji in posledicah na elektro mrežo je govoril dr. Branko Zadnik, posledice katastrofalnih snežnih neurij v ZDA pa je predstavil Stuart Rodeffer. Pregled poplavnih tveganj v Evropi in upravljanje le-teh je predstavila dr. Lidija Globevnik s Fakultete za gradbeništvo in geodezijo, o vseobsežni vaji v odpornosti proti katastrofam v Arizoni pa je predaval Prueft Small iz ZDA.

Franc Kropec iz ELES-a je predstavil sistem upravljanja tveganj pri delovanju elektro sistema, Maruša Matko z Inštituta Jožef Stefan pa je spregovorila o tem, kako je treba upoštevati ekstremne vremenske razmere pri prostorskem načrtovanju energetske infrastrukture. James Howe iz ZDA se je spraševal, ali bo novi ISO-standard 45001 za upravljanje sistemov pomagal pri izgradnji odpornih organizacij, dr. Michael T. DeGrosky pa je predstavil izobraževalno metodo za zaposlene pri zagotavljanju visoke zanesljivosti v organizacijah.

Konferenca se je končala z okroglo mizo z naslovom Varno in stabilno okolje: Kako zagotoviti skupni nastop nosilcev kritičnih infrastruktur za doseganje večje odpornosti? Na okrogli mizi so sodelovali strokovnjaki iz akademske sfere, ministrstev in gospodarstva ter iskali odgovore na naslednja vprašanja: Ali je odpornost kritičnih infrastruktur proti



nepričakovanim dogodkom, nesrečam in katastrofam zadostna? Kakšni so prihodnji izzivi kritičnih infrastruktur v Sloveniji? Kaj je treba spremeniti, da bomo boljše pripravljene na tovrstne izzive?

Na okrogli mizi je bilo poudarjeno, da gre Slovenija po poti urejanja področja kritičnih infrastruktur, kot je priporočilo Evropske unije. Prav tako je bilo posebej omenjeno, da je pri vprašanju odpornosti in zanesljivosti delovanja kritičnih infrastruktur treba delovati po načelu vključevanja vseh zainteresiranih deležnikov zaradi zagotavljanja transparentnosti informacij in usmerjanja v preventivno delovanje.

Udeleženci okrogle mize so se strinjali, da je treba pospešiti aktivnosti, s katerimi se ureja področje kritičnih infrastruktur, kar bi lahko dosegli z oblikovanjem multidisciplinarnih projektnih skupin, ki bodo pripravljale potrebna strokovna gradiva in razvijale orodja ter s tem zasledovale idejo konference po nadaljevanju organiziranja tematskih okroglih miz.

Večino predstavitev s konference lahko najdete na spletni strani [www.beyond-risks-conference.eu](http://www.beyond-risks-conference.eu).

**Katja Štandeker, univ. dipl. psih.**  
**Mednarodni inštitut i-RESC**





# 26. MIŠIČEV VODARSKI DAN 2015

Narodni dom Maribor, 9. december 2015 ob 9. uri

Vodnogospodarski biro Maribor d.o.o., Drava, vodnogospodarsko podjetje Ptuj d.d. v sodelovanju z Ministrstvom za okolje in prostor vabijo na letošnji strokovni posvet, kjer bodo obravnavane naslednje teme:

- 1. ORGANIZIRANOST UPRAVLJANJA Z VODAMI V RS,**
- 2. STRATEGIJA UPRAVLJANJA Z VODAMI-NUV 2015-2021,**
- 3. FINANCIRANJE VODARSKIH PROJEKTOV,**
- 4. AKTUALNI PROJEKTI S PODROČJA UPRAVLJANJA Z VODAMI IN UREJANJA VODA.**

Vsi prijavljeni referati bodo objavljeni v zborniku in na zgoščenki, izbrani pa predstavljene na posvetu.



Obnovljen rokav Drave v Novi vasi pri Markovcih

## DOBRODOŠLI V MARIBORU

# NOVI DIPLOMANTI

## UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

### VISOKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Marjan Sterle**, Optimizacija izbire in koordinacije podizvajalcev z modelno-lokacijskimi metodami, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek  
**Miran Lazar Sinkovič**, Analiza toplotne bilance pred in po energetski obnovi OŠ Fara, mentor doc. dr. Roman Kunič, somentorica doc. dr. Mateja Dovjak

**Robert Marsetič**, Vakuumsko okno in problem anodno varjenega gibljivega roba, mentor doc. dr. Mitja Košir

### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Sandi Vrtnar**, Vpliv energetskih izkaznic stavb na cene nepremičnin, mentorica izr. prof. dr. Maruška Šubic-Kovač, somentorica doc. dr. Mateja Dovjak

### UNIVERZITETNI ŠTUDIJ VODARSTVA IN KOMUNALNEGA INŽENIRSTVA

**Natalija Hren**, Prehajanje rib v ribji stezi na Ambroževem trgu, mentor prof. dr. Mitja Brilly, somentor mag. Andrej Vidmar

### I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Jelka Helena Bradica**, Geotehnične analize kasete za odlaganje bagranega materiala v Luki Koper, mentor izr. prof. dr. Janko Logar, somentor asist. mag. Sebastjan Kuder

**Klemen Kodre**, Ogliščni odtis produktov in sestavljenih konstrukcijskih sklopov, mentor doc. dr. Roman Kunič, somentorica doc. dr. Mateja Dovjak

### I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

**Rok Osterman**, Optimizacija tehnologij mehanske obdelave odpadkov v Cero Ajdovščina, mentor doc. dr. Darko Drev

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

**Blaž Ruprecht**, Ureditve manjših vodotokov za potrebe zaščite obstoječe infrastrukture, mentor doc. dr. Simon Rusjan, somentor viš. pred. mag. Jošt Sodnik

### DOKTORSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Nuša Rojko**, Projektiranje armiranobetonskih okvirnih stavb na osnovi potresnega tveganja in poenostavljenih nelinearnih modelov, mentor izr. prof. dr. Matjaž Dolšek

## UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO, PROMETNO INŽENIRSTVO IN ARHITEKTURO

### VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Nina Hajšek**, Dokumentacija za gradnjo hleva za krave molznice: od zasnove objekta do pridobiive gradbenega dovoljenja, mentorica doc. dr. Nataša Šuman

**Mišo Kovač**, Analiza nosilnosti jeklene konstrukcije večetažnega poslovnega objekta z atrijem, mentor red. prof. dr. Stojan Kravanja, somentor doc. dr. Tomaž Žula

### I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Klemen Knez**, Primerjava tehnologij pri montažni in zidani izvedbi pasivne hiše, mentor izr. prof. dr. Andrej Štrukelj

**Denis Lutar**, Zasnova in računska analiza sovprežnega cestnega mostu razpona 67,5 m iz jekla S 355, mentor red. prof. dr. Stojan Kravanja, somentor doc. dr. Tomaž Žula

**Aleksander Skrbinek**, Gradnja industrijskega objekta z votlimi armiranobetonskimi montažnimi panelnimi elementi, mentor izr. prof. dr. Andrej Štrukelj, somentorica asist. Mateja Zlatinek

**Marko Zelko**, Predlog sanacije in rekonstrukcije kmečke hiše Babič, mentor izr. prof. dr. Andrej Štrukelj, somentorica doc. dr. Nataša Šuman

**Vlado Zupanc**, Obnašanje tlačno obremenjenih betonskih elementov ojačanih s FRP vlakni, mentor izr. prof. dr. Andrej Štrukelj, somentor doc. dr. Andrej Ivanič

### I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

Študij je zaključila z diplomskim izpitom:

**Barbara Kalšek**

### 2. STOPNJA, MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Mateja Poldrugáč**, Projektna dokumentacija za rekonstrukcijo maloprometnih cest – primer ceste v Koprivnici, mentor izr. prof. dr. Marko Renčelj

## UNIVERZA V MARIBORU, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO, PROMETNO INŽENIRSTVO IN ARHITEKTURO – EKONOMSKO POSLOVNA FAKULTETA

### INTERDISCIPLINARNI MAGISTRSKI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA – SMER GRADBENIŠTVO – Bolonjski študijski program 2. stopnje

**Darko Kranjc**, Priprava ponudbene dokumentacije za prijavo na javno naročilo gradbenega projekta, mentorica doc. dr. Nataša Šuman, somentor izr. prof. dr. Andrej Štrukelj

**Tomaž Šošarič**, Tehnološki in ekonomski vidik gradnje panelne montažne nizkoenergijske hiše, mentor izr. prof. dr. Andrej Štrukelj, somentorica doc. dr. Nataša Šuman

Rubriko ureja • Eva Okorn, gradb.zveza@siol.net

# KOLEDAR PRIREDITEV

7.-9.12.2015

**Building Simulation Conference 2015 (BS2015)**

Hyderabad, Indija  
[www.bs2015.in/](http://www.bs2015.in/)

14.-17.2.2016

**Geotechnical and Structural Engineering Congress**

Phoenix, Arizona, ZDA  
[www.geo-structures.org/](http://www.geo-structures.org/)

7.-11.3.2016

**6. mednarodna znanstveno-strokovna konferenca "Gradjevinarstvo – nauka i praksa", GNP 2016**

Žabljak, Črna Gora  
[www.gnp.ac.me](http://www.gnp.ac.me)

16.-18.3.2016

**SBE 16 MALTA – Europe and the Mediterranean: Towards a Sustainable Built Environment**

Valletta, Malta  
[www.sbe16malta.org](http://www.sbe16malta.org)

30.-31.3.2016

**ICTE'16 – International Conference on Traffic Engineering**

Praga, Češka  
<http://teconference.com/>

5.-7.4.2016

**EE & RES 2016 – South-East European Congress & Exhibition on Energy Efficiency and Renewable Energy**

Sofija, Bolgarija  
<http://viaexpo.com/en/pages/ee-re-congress>

22.-28.4.2016

**WTC – World Tunnel Congress**

San Francisco, ZDA  
[www.wtc2016.us/](http://www.wtc2016.us/)

8.-11.5.2016

**IABSE Conference Guangzhou 2016  
Bridges and Structures Sustainability-Seeking Intelligent Solutions**

Guangzhou, Kitajska  
[www.iabse.org/Guangzhou2016](http://www.iabse.org/Guangzhou2016)

24.-29.5.2016

**1st European and Mediterranean Structural Engineering and Construction Conference**

Istanbul, Turčija  
[www.isec-society.org/EURO\\_MED\\_SEC\\_01/](http://www.isec-society.org/EURO_MED_SEC_01/)

25.-27.5.2016

**3rd International Conference with Exhibition "S.ARCH 2016 – Next Architecture"**

Budva, Črna Gora  
[www.renecon.eu/html/s\\_arch.html](http://www.renecon.eu/html/s_arch.html)

22.-24.6.2016

**2. CESB16 – Central Europe towards Sustainable Building 2016**

Praga, Češka  
[www.cesb.cz](http://www.cesb.cz)

17.-22.7.2016

**35th International Conference on Coastal Engineering**

Istanbul, Turčija  
<http://icce2016.com/en/>

27.-29.7.2016

**3rd International Conference on Structures and Architecture**

Guimaraes, Portugalska  
[www.icsa2016.arquitectura.uminho.pt/](http://www.icsa2016.arquitectura.uminho.pt/)

22.-25.8.2016

**WCTE – World Conference on Timber Engineering**

Dunaj, Avstrija  
<http://wcte2016.conf.tuwien.ac.at/home/>

19.-21.9.2016

**International Conference on Accelerated Pavement Testing**

San Jose, Kostarika  
[www.apf-conference.com/](http://www.apf-conference.com/)

21.-23.9.2016

**19th IABSE Conference "Challenges in Design and Construction of an Innovative and Sustainable Built Environment"**

Stockholm, Švedska,  
[www.iabse.org/stockholm2016](http://www.iabse.org/stockholm2016)

5.-6.10.2016

**ICABE 2016 – International Conference on Architecture and Built Environment**

Kuala Lumpur, Malezija  
<https://icabe2016.wordpress.com>

16.-19.10.2016

**IALCCE2016 – 5th International Symposium on Life-Cycle Civil Engineering**

Delft, Nizozemska  
[www.ialcce2016.org](http://www.ialcce2016.org)

17.-19.10.2016

**SBE16-Thessaloniki International Conference "Sustainable Synergies from Buildings to the Urban Scale"**

Solun, Grčija  
<http://sbe16-thessaloniki.gr/>

Rubriko ureja • **Eva Okorn**, ki sprejema predloge za objavo na e-naslov: [gradb.zveza@siol.net](mailto:gradb.zveza@siol.net)