

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

UDK-UDC 05 : 625; ISSN 0017-2774  
Ljubljana, september 2014, letnik 63, str. 193-216

Izdajatelj:

**Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS)**, Karlovska 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 in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

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

Glavni in odgovorni urednik:

**prof. dr. Janez Duhovnik**

Lektor:

**Jan Grabnar**

Lektorica angleških povzetkov:

**Darja Okorn**

Tajnica:

**Eva Okorn**

Oblikovalska zasnova:

**Mateja Goršič**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

**Kočevski tisk**

Naklada:

**3550 izvodov**

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

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

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 23,16 EUR; za študente in upokojenca 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 všteta 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

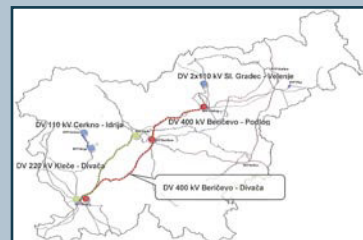
## Članki • Papers

stran **194**

dr. Branko Zadnik, univ. dipl. inž. grad.

### **ŽLEDNA UJMA 2014 IN NJENE POSLEDICE NA SLOVENSKEM DALJNOVODNEM OMREŽJU**

ICING 2014 AND ITS IMPACT ON THE SLOVENIAN OHL NETWORK

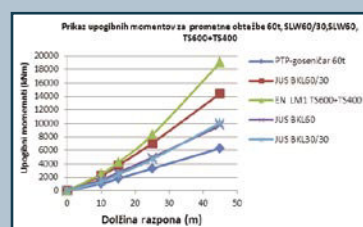


stran **204**

Milan Rajh, univ. dipl. inž. grad.

### **NAPAČNA UPORABA STANDARDA SIST EN 1991-2 ZA PROMETNE OBTEŽBE MOSTOV NA GLAVNIH, REGIONALNIH IN LOKALNIH CESTAH**

INCORRECT USE OF STANDARD SIST EN 1991-2 FOR TRAFFIC  
LOADS ON BRIDGES ON MAJOR, REGIONAL AND LOCAL ROADS



stran **210**

prof. dr. Matjaž Mikoš, univ. dipl. inž. grad.

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

### **PRENOVA ŠTUDIJA VODARSTVA IN OKOLJSKEGA INŽENIRSTVA NA UL FGG**

REFURBISHMENT OF THE STUDY PROGRAMME ON WATER  
MANAGEMENT AND ECOLOGICAL ENGINEERING AT UL FGG

## Obvestilo ZDGITS

stran **209**

Obvestilo članom MSG

## Koledar prireditev

Eva Okorn

Slika na naslovnici: Gradnja cestnega nadvoza čez železniško progo v Zgornjem Logu pri Litiji,  
foto: mag. Samo Križaj

# ŽLEDNA UJMA 2014 IN NJENE POSLEDICE NA SLOVENSKEM DALJNOVODNEM OMREŽJU

## ICING 2014 AND ITS IMPACT ON THE SLOVENIAN OHL NETWORK

dr. Branko Zadnik, univ. dipl. inž. grad.

branko.zadnik@ibe.si

IBE, Ljubljana, Hajdrihova 4

Strokovni članek

UDK 621.311.1:624.144.2(497.4)

**Povzetek** | Žledolom, ki je prizadel naše kraje v začetku februarja 2014, je povzročil zelo veliko škodo na elektroenergetskem prenosnem omrežju vseh napetostnih nivojev, na železniški infrastrukturi in v gozdovih, tako da lahko govorimo o naravni katastrofi. Porušeni so bili številni daljnovodni stebri, mestoma pa celotni odseki daljnovodov in nizkonapetostnega omrežja. V članku podajamo informacijo o obsegu škode na prenosnih objektih, o vzrokih nastopa žledenja, projektno predvidenih dodatnih obtežbah na daljnovodih in rangju njihovih prekoračitev. Ilustrirane so posledice rušitev stebrov in informativno so predstavljena sanacijska dela, ki so bila opravljena v rekordno kratkem času. Podan je tudi predlog za obravnavo žlednih obtežb v daljnovodni tehniki v prihodnosti.

Ključne besede: daljnovod, žled, projektni parametri, rekonstrukcija

**Summary** | The icing that hit our region in early February 2014 caused catastrophic damage to the electricity transmission network of all voltage levels, to the railway infrastructure as well as to the forests. Thus, we can speak of a natural disaster. A large number of transmission towers collapsed, partly also the whole segments of transmission lines and low-voltage grid. The paper provides the information on the extent of damage to the transmission facilities; it discusses the causes of the icing, the designed additional loads on transmission lines and the exceeding of them. Illustrated are the consequences of demolition of towers and the information on refurbishment work which was carried out in record time. The proposal for the future treatment of ice loads in OHL technique is given.

Key words: overhead line, icing, design parameters, reconstruction

### 1 • UVOD

Zaradi izjemnih vremenskih razmer in posledično velikih mehanskih obremenitev daljnovodov z žledom so od 31. januarja do 5. februarja letos nastale hude poškodbe na celotni elektroenergetski prenosni infrastrukturi v Sloveniji. Zelo je bilo prizadeto nizko in srednje napetostno omrežje, prav tako so bile obsežne poškodbe na visokonapetostnih (VN) daljnovodih 110, 220 in 400 kV (slika 1). Čeprav smo bili v preteklosti v Sloveniji večkrat priča tovrstnim naravnim nesrečam,

ponovnega nastopa do dvanajstkrat večje dodatne obtežbe daljnovodov z žledom, ki ga doslej ne pomnimo v takem geografskem obsegu, ni pričakoval in predvideval nihče, niti nacionalna tehnična regulativa za področje načrtovanja prenosnih objektov.

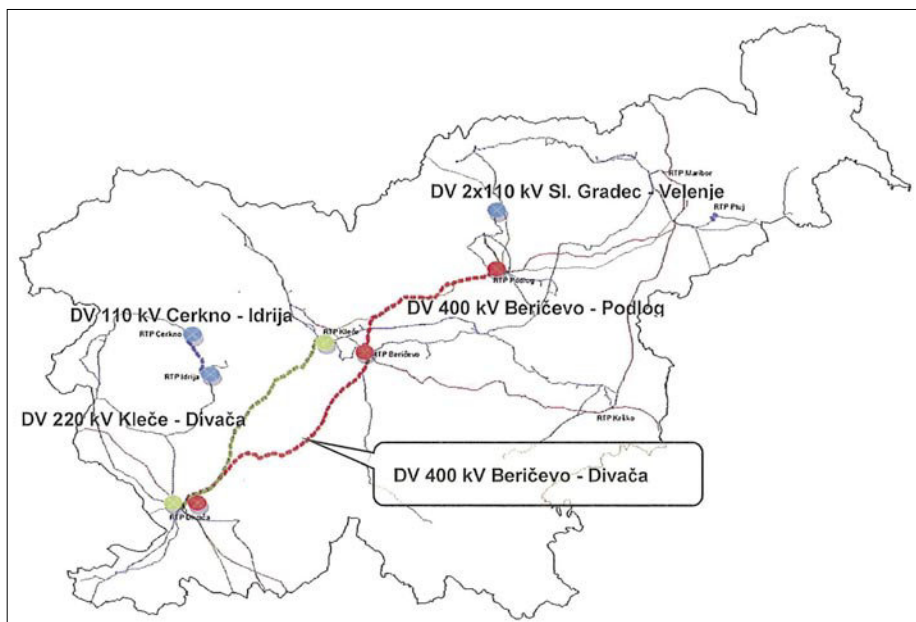
Problematika havarij in odpravljanja njihovih posledic na daljnovodih na način, da jih v bodoče havarije med obratovanjem ne bi prizadele, je zelo široka. Zagotavljanje mehanske varnosti obravnavamo kot skupek in povezano

celoto mnogih aktivnosti. Začenši s primerno, definirano tehnično regulativo, v kateri so upoštevane slovenske specifične vremenske razmere, do uvedbe primernih postopkov za obvladovanje (odstranjevanje) prevelikih dodatnih bremen, ki sicer relativno redko nastopijo v času obratovanja daljnovoda.

V konkretnih vremenskih razmerah, torej že v času dogodka, med samo ujmo, ki načeloma traja tudi več dni, in ko informacije o izpadih posameznih daljnovodov in rušenju daljnovodnih stebrov prihajajo sukcesivno, ima projektant daljnovoda, ki detajlno pozna zasnovo daljnovoda, eno ključnih vlog. Kot pri vsaki havariji je še posebno pri elektroenerget-

skih prenosnih objektih, ki so ožilje delovanja današnje družbe, treba zelo hitro odreagirati, da se fizičen postopek sanacije lahko prične takoj, ko razmere na terenu to dopuščajo. Pri tem je treba upoštevati, da ima vsaka odločitev pomembne posledice, ki so vezane na trajanje izpada delovanja daljnovoda ter s tem neposredno na življenje in delo prebivalstva prizadetega območja. Te posledice se dajo izraziti tudi v obliki bolj ilustrativnih finančnih izgub. Oblika angažiranja projektanta v tej predhodni fazi sanacije je na nivoju neformalnega svetovanja, izmenjave mnenj in sugestij o možnih tehničnih rešitvah. Po preigravanju različnih scenarijev pa je končna odločitev o tem, kako bo sanacija opravljena, vedno od lastnika objekta.

Hude posledice žledenja se kažejo tudi v tem, da je bilo na odseku od Borovnice do Sežane porušeno omrežje energetskega napajanja železniške proge Ljubljana–Koper.



Slika 1 • Porušitve na visokonapetostnem prenosnem omrežju ELES (februar 2014)



Slika 2 • Območja največje poškodovanosti gozdov v Sloveniji (ZGS, 2014)

Da je intenzivnost in obseg žledoloma v slovenskih gozdovih največja katastrofa, odkar pomnimo, se ugotavlja tudi v gozdarskih krogih, kjer predvidevajo, da bo potrebno za odpravo posledic žledoloma več let. Poškodovana je bila skoraj polovica gozdov, na nekaterih območjih na Postojnskem in Pivškem pa so gozdovi celo popolnoma uničeni (slika 2). Cestne povezave med posameznimi kraji so bile prekinjene (slika 3) tako, da je bilo treba za zagotovitev normalnega življenja in saniranje stanja najprej pričeti z odstranjevanjem porušenega drevja in čiščenjem javnih cest, istočasno pa tudi s krčenjem dostopov po gozdnih prometnicah do poškodovanih odsekov elektroenergetskih prenosnih vodov.



Slika 3 • V prvih dneh ujme so bile na prizadetih območjih glavne prometnice neprevozne

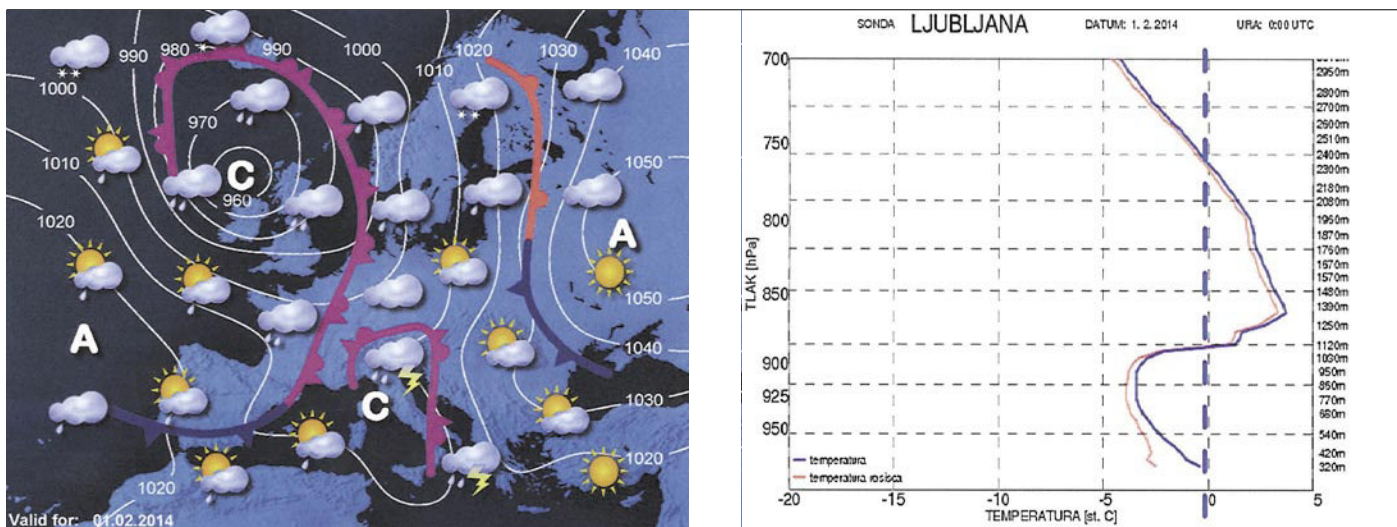
## 2 • KLJUB IZKUŠNJAM VSEGA NE MOREMO PREDVIDETI

Slovenija leži na območju mešanja mediteranskega in zmernege podnebja. Prav mešanje zračnih mas različnih temperatur in vsebnosti vlage je glavni razlog za pojave, kot je bilo žledenje. Zaradi podnebnih sprememb lahko v prihodnosti pričakujemo še intenzivnejše in obsežnejše vremenske ujme. To generalno ugotovitev, podkrepljeno z letošnjimi dogodki, bo treba v bodoče na primeren način vključiti v nove slovenske standarde za gradnjo daljnovodov, ki so trenutno v pripravi. Pri tem se je treba zavedati, da tudi tako reguliran pristop k načrtovanju prenosnih objektov ne bo zagotavljal popolne varnosti objekta, saj bo vedno obstajala določena verjetnost nastopa prekoračitve tako definiranih vrednosti. Ilustracija te trditve je lahko pristop pri načrtovanju potresno odpornih objektov. Zavedati se moramo, da karkoli že zgradimo,

posegamo v naravo, in produkt človeških rok in uma ni absolutno varen. Človek pač ne more obvladovati narave, temveč se ji mora znati prilagajati.

Dosedanje izkušnje, pridobljene pri obratovanju daljnovodov pri nas in v svetu, kažejo, da je praktično nemogoče predvideti, predvsem pa ekonomsko upravičeno zgraditi daljnovod, za katerega bi lahko trdili, da je popolnoma varen. Upoštevanje predpisov in standardov, ki obravnavajo to problematiko, zagotavlja zahtevano varnost do določenega nivoja predvidenih obtežb. V osnovi sta namreč nastop in intenziteta žledenja naključna pojava, ki ju je praktično nemogoče deterministično opredeliti ter nato ekonomsko in tehnično upravičeno upoštevati pri gradnji daljnovodov. Tovrstne preobremenitve se je začelo načrtno proučevati v zadnjih desetletjih predvsem v krogih elektro-

energetikov. Pri tem se je pozornost posvečala predvsem merjenju žlednih oblog na vodnikih, manj pozornosti pa je bilo posvečeno obširnejšim in vsestranskim raziskavam, ki bi lahko temeljno razložile fenomen žledenja in ga uspele tudi pravočasno napovedati. Takšna situacija je po svoje razumljiva, saj jo uvrščamo v področje meteorologije kot stroke, ki se ukvarja s padavinami. Ker padavine, ki povzročajo žledenje, količinsko niso pomembne v primerjavi s preostalimi, poleg tega pa do modernega časa niso bile znane posledice njihovega nabiranja na objektih za prenos električne energije, se meteorološka stroka v preteklosti ni intenzivneje posvečala temu fenomenu. Danes, ob uporabi najnovejše satelitske in računalniške tehnologije (slika 4), pa je tudi na tem področju videti bistvene premike, ki omogočajo geografsko in časovno zelo detajlno napovedovanje tudi tovrstnih dogodkov (Poredoš, 2014). Te možnosti bo treba pri gradnji in vzdrževanju prenosnih objektov vsekakor upoštevati.



Slika 4 • Tipična vremenska situacija za nastop žledenja – prodor toplejšega zraka v višjih plasteh (situacija v Ljubljani, 1. 2. 2014 – ARSO, 2014)

## 3 • OBSEG PORUŠITEV NA DALJNOVODIH FEBRUARJA 2014

Obseg škode na celotnem elektroenergetskem prenosnem sistemu v Sloveniji je v preglednicah 1 in 2 podan kot trenutni prerez znanih podatkov, in sicer ločeno za prenosno dejavnost (ELES – slika 5) in distribucijsko dejavnost skupaj (Elektro Maribor, Elektro Celje,

Elektro Ljubljana, Elektro Gorenjska in Elektro Primorska).

Obseg poškodb ilustrira tudi podatek, da je bilo v najbolj kritičnih trenutkih, 3. februarja 2014, brez električne energije ca. 200.000 ljudi. Še veliko večje katastrofe pa nas je rešilo

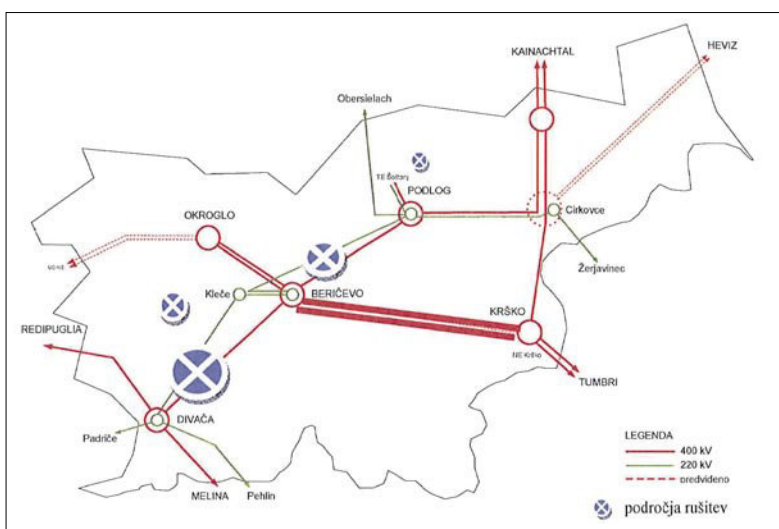
srečno naključje, da je osrednjo Slovenijo z Ljubljano in Gorenjsko lahko napajal nov daljnovod 2 x 400 kV Beričevo–Krško, ki je bil po uspešni izgradnji od 18. novembra 2013 že dva meseca v poskusnem obratovanju in ni doživel havarije.

firma	objekt	št. poškodovanih in porušenih jeklenih stebrov	masa stebrov
		(kom)	(t)
ELES	400 kV Beričevo - Divača	55	193,0
	400 kV Beričevo - Podlog	9	25,0
	220 kV Kleče - Divača	42	138,0
	220 kV Beričevo - Podlog	1	0,2
	110 kV Cerkno - Idrija	19	52,0
	2x110 kV Sl. Gradec - Velenje	2	11,2
	SKUPAJ	128	419,4

Preglednica 1 • Pregled porušitev na prenosnih objektih v skupni dolžini ca. 53 km in investicijske vrednosti ca. 8,2 mio. €

firma	napetost	št. poškodovanih in porušenih stebrov		dolžina omrežja
		(material)	(kom)	(km)
elektro distribucijska podjetja skupaj	VN (110 kV)	jeklo	42	22
		beton	149	
	SN (35,20,10 kV)	les	8.181	917
		SKUPAJ	9.333	
		beton	350	
	NN (0,4 kV)	les	15.030	634
		SKUPAJ	15.380	

Preglednica 2 • Pregled porušitev na distribucijskih prenosnih objektih v skupni dolžini ca. 1573 km in investicijske vrednosti ca. 68,6 mio. €



Slika 5 • Slovensko 220 kV in 400 kV prenosno omrežje v času havarije z označenimi območji porušitev (glej tudi preglednico 1)

#### 4 • PODNEBNI PODATEK – DODATNA OBEŽBA Z ŽLEDOM

V času pisanja članka je v Uradnem listu RS izšel novi Pravilnik o tehničnih pogojih za gradnjo daljnovodov (RS, 2014), ki tudi formalno uvaja v načrtovanje prenosnih objektov standarde, ki so bili v Sloveniji sicer v praktični uporabi že dalj časa ((RS, 2002), (RS, 2005), (RS, 2009a), (RS, 2009b)). Pred temi standardi se je pri načrtovanju uporabljal jugoslovanski pravilnik (SFRJ, 1973). Vsa navedena tehnična regulativa ima glede določanja dodatnih obtežb na daljnovode zaradi mokrega snega, ivja in žleda enak pristop. Tako so bili tudi vsi daljnovodi, ki so se rušili letos v februarju, zasnovani in zgrajeni po enakih načelih kot veljajo danes.

Teoretična obravnava dodatnih obtežb se z desetletji v bistvu ni spreminjala. Normalna dodatna obtežba žleda je bila in je definirana kot obtežba, ki se na obravnavanem mestu pojavlja povprečno na pet let, izredna pa na dvajset let in nikakor ne sme biti manjša od vrednosti, dobljene iz enačbe (1). Določeno spremembo glede na prejšnjo regulativo pomeni le karta, ki v novejših standardih določa geografska območja različnih intenzitet dodatnih bremen (slika 6).

Dodatna obtežba se določa za tekoči meter vodnika (sliki 7 in 8). Deluje navpično navzdol in se zato prišteva kot dodaten vpliv k masi vodnika oziroma zaščitne vrvi ali konstrukcije.

$$g_n = f \cdot 0,18 \sqrt{d} \quad (1)$$

kjer pomeni:

$g_n$  dodatno breme, ki se lahko nabere na vrvi (daN/m),

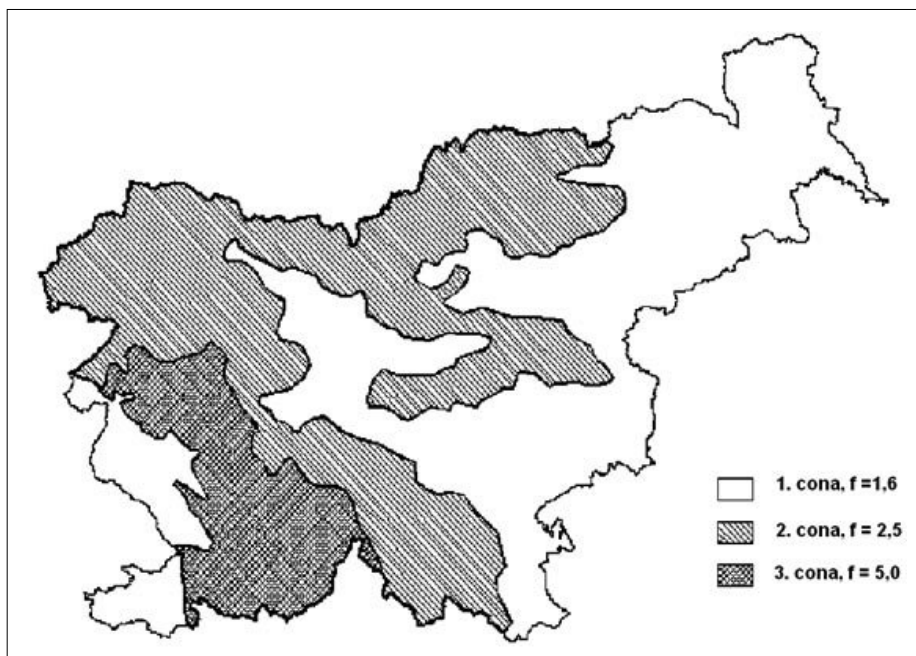
$f$  brezdimenzijski faktor dodatnega bremena, ki je odvisen od geografske lege in izpostavljenosti obravnavane lokacije daljnovoda,

$d$  premer vrvi (v mm).

Za presojo dodatne obtežbe, ki se upošteva pri izračunu voda, se lahko uporabijo tudi eventualni drugi podatki, v kolikor se lahko pridobijo od hidrometeorološke službe, oziroma merjene vrednosti na obstoječih nadzemnih elektroenergetskih in telekomunikacijskih vodih vzdolž projektirane trase. Praviloma se v skladu z današnjo tehnično regulativo določa dodatna obtežba žleda  $g_n$  glede na cono

poteka voda z naslednjimi vrednostmi faktorja  $f$  (slika 6):

1. cona obtežbe žleda:  $f = 1,6$ ; sem spadajo območja, kjer na podlagi vremenskih razmer in potrjeno z dolgoletnimi izkušnjami nastajajo le majhne obtežbe žleda, ki ne povzročajo poškodb nadzemnih vodov.
2. cona obtežbe žleda:  $f = 2,5$ ; sem spadajo območja, kjer je na podlagi vremenskih razmer, zemljepisne lege in potrjeno z dolgoletnimi izkušnjami pričakovati velike obtežbe žleda, ki so med drugim že povzročile tudi poškodbe na nadzemnih vodih.
3. cona obtežbe žleda:  $f = 5,0$ ; sem spadajo območja, kjer je na podlagi vremenskih razmer, zemljepisne lege in potrjeno z dolgoletnimi izkušnjami pričakovati zelo velike obtežbe žleda, ki so med drugim že povzročile pomembne poškodbe na nadzemnih vodih.



Slika 6 • Faktor obtežb žleda  $f$  glede na cone v Sloveniji (RS, 2009a)

V tehnični regulativi, ki je veljala v času načrtovanja in gradnje letos poškodovanih objektov, so bile vrednosti faktorja  $f$  nižje. Izhodiščna vrednost faktorja  $f$  v osnovni coni je bila določena kot 1,0 ((SFRJ, 1973)).

#### 4.1 Ilustracija problematike dodatnih bremen na primeru DV 400 kV Beričevo–Divača

Daljnovid (DV) 400 kV Beričevo–Divača povezuje razdelilni transformatorski postaji RTP 400/220/110 kV Beričevo in RTP 400/220/110 kV Divača (slika 1). Pričetek načrtovanja daljnovoda sega v leto 1975, fizična gradnja se je pričela januarja 1976, njen zaključek pa je bil februarja 1978. Od tedaj je daljnovid v obratovanju.

Pri zasnovi in v fazi načrtovanja daljnovoda se je upoštevalo, da vod poteka po podnebno pestrem območju. Možnost nastopa zelo različnih meteoroloških pojavov in z njimi povezanih obremenitev daljnovoda je bila predvidena in upoštevana v okviru takrat poznanih podatkov o intenzivnosti in pogostosti nastopa tovrstnih dogodkov. Glede na veljavno tehnično regulativo za načrtovanje prenosnih objektov se je uporabila za določitev dodatnega bremena še danes veljavna formula (1). Vzdlž trase so bili določeni projektni faktorji dodatnega bremena, ki so v preglednici 3 primerjani z dejansko izmerjenimi v času havarije.

V času obratovanja, to je v 36 letih, so bile že nekajkrat na posameznih delih daljnovoda havarije, ki so bile posledica čezmernih obtežb z žledom. Vse havarije so bile hitro sanirane, tako da se je vzpostavilo prejšnje



Slika 7 • Amorfn žled na vodniku AlFe 490/65 mm<sup>2</sup>, 2. februar 2014

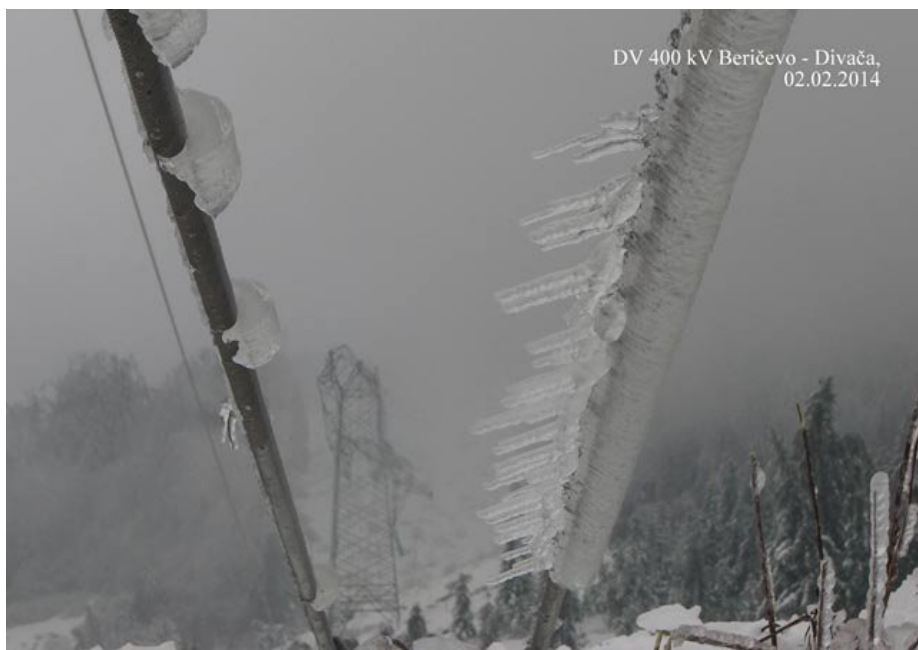
stanje objekta. Tudi v februarju 2014 je prišlo na posameznih odsekih od SM 112–SM 179 do rušenja in/ali poškodovanja stebrov in vodnikov. Skupaj je bilo poškodovanih ali porušenih 55 stebrov. Pri vseh dosedanjih sanacijah, ki so se v dobi delovanja obravnavanega daljnovoda opravljale na konstrukcijah stebrov, so se ohranjali zgoraj navedeni projektni parametri. Tudi v sklopu načrtovanja sanacijskih del zaradi ujme, ki

je daljnovid prizadela februarja 2014, se je pristopilo z originalno filozofijo obravnave obtežb. Odločitev je omogočila časovno zelo hitra popravila stebrov in vzpostavitev normalnega obratovalnega stanja daljnovoda. Sanacijska dela na terenu so se začela marca 2014 in se zaključila 6. junija 2014, ko je bil daljnovid pod napetostjo in je zagotovil ponovno povezavo slovenskega prenosnega omrežja. Časovna komponenta sanacijskih



del trase		Opis (do kraja)	proj. faktor dod. bremena f	dejanski faktor dod. bremena 2014
od SM	do SM			
1	9	Portal Beričevo–Podgrad	1,00	ni bilo rušenja, ni podatka
9	17	Kašeljška gmajna	1,60	
17	20	Češnjice	2,50	
20	28	Roje	1,60	
28	56	Laze	1,00	
56	64	Senožet	2,44	
64	83	Pikovnik	2,50	
83	146	Landol	1,60	
146	196	Portal Divača	1,00	12,00

Preglednica 3 • Projektni in dejanski faktorji dodatnega bremena na DV 400 kV Beričevo–Divača



Slika 8 • Neenakomernost nabiranja in odpadanja dodatnega bremena – posledica dodatni dinamični vplivi, posnetek v času trajanja dogodka

del je zaradi ekonomskega kriterija pri zagotavljanju prenosa električne energije zelo pomembna.

Kot je videti iz preglednice 3, so bile pri obravnavani havariji bistveno povečane dodatne obtežbe glede na obtežbe, na katere je bil daljnovod projektiran in zgrajen. Projektni faktorji dodatnih obtežb so bili določeni v velikosti 1,0 in 1,6 na delih daljnovoda, kjer se ni pričakovalo nastopa večjih dodatnih obtežb, na takrat ocenjenih kritičnih mestih trase pa so bili privzeti v velikosti do 2,5. Dejanski fak-

tor, iz februarja 2014, preračunan iz merjene debeline žleda na vodnikih (debelina obloge vodnika 50 mm + dodatne sveče), pa pokaže velikost tega faktorja do 12. Torej je bil faktor dodatnega bremena ca. 7,5- do 12-krat večji od projektno predvidenega. Ta velikost se spreminja glede na opazovano lokacijo stojnega mesta v odvisnosti od podatka iz originalnega projekta in dejansko merjene vrednosti na konkretnem mestu, ki je odvisna od takratne tamkajšnje mikroklimi, in je tudi variirala. Te vrednosti faktorja obtežbe kažejo,

da so v vodnikih nastopile tri- do petkrat večje sile od projektiranih in posledično seveda tudi preobremenitve posameznih konstrukcij stebrov. Ob tem razmisleku nismo upoštevali dodatnih dinamičnih vplivov na stebre, ki se pojavljajo kot posledica kaskadnih vplivov rušenja na daljnovodu in dodatno obremenjujejo konstrukcije.

#### 4.2 Ilustracija problematike dodatnih bremen na primeru DV 110 kV Cerčno–Idrija

Pomembna ugotovitev oziroma izkušnja, pridobljena iz zadnje žledne ujme, so dogajanja na daljnovodu 110 kV Cerčno–Idrija, ki je bil v preteklosti že večkrat delno porušen in nato saniran. Daljnovod je bil zgrajen leta 1983 v dolžini 12,5 km. Na odseku trase, ki poteka preko Bevkovega vrha na nadmorski višini 700 do 900 m so se prvič pojavile poškodbe na konstrukcijah že 15. novembra 1984. V tem času so se poškodovali stebri v istem zateznem polju na treh stojnih mestih. Sanacija je bila opravljena z ojačitvijo daljnovoda tako, da se je zamenjalo en nosilni steber z napenjalnim, celotno napenjalno polje pa se je z dvigom drugih stebrov preprojektiralo na dodatno breme 3,0 g<sub>n</sub>. Že naslednje leto, 14. novembra 1985, je prišlo zopet do rušenja prvega nosilnega stebra in poškodb na drugem stebru. Stanje se je saniralo z vzpostavitvijo predhodnih razmer, brez ojačitev. 27. januarja 1992 so bile na enem stebru istega odseka trase ponovno poškodbe. Po havariji v letu 1997, ko se je porušil vod med SM 9 in 24, se je pristopilo k resnejšim posegom v daljnovod ter kritični del trase preprojektiralo na dodatno breme 5,0 g<sub>n</sub>. Pri tem se je za ta odsek uporabilo 220 kV stebre, ki so v svoji osnovi projektirani za veliko večje obtežbe (na konstrukciji, ki je bila projektirana za obešanje vodnikov AlFe 490/65 mm<sup>2</sup>, so se montirali vodniki AlFe 240/40 mm<sup>2</sup>). Vendar so bile v najnovejši havariji, v februarju 2014, praktično na istem delu trase ponovne rušitve oziroma poškodbe stebrov na kar 19 stojnih mestih.

Pri analizi tega zadnjega dogodka lahko pridemo do analognih zaključkov, kot so zapisani za DV 400 kV Beričevo–Divača, le da so bile preokrajšive faktorja dodatnega bremena »samo« 2,4-kratnik projektne in očitno prevelike. V dani situaciji se je sicer sprejela odločitev o sanaciji daljnovoda na predhodno stanje, vendar je jasno, da bo za del daljnovoda v bodoče treba poiskati drugačno, za to območje trajnejšo tehnično rešitev. Možnosti je več, od rigorozne spremembe trase do eventualnega kabliranja posameznih odsekov trase.

## 5 • NAČINI PORUŠITEV KONSTRUKCIJ

Pri porušitvah je bilo tipično, da so poškodbe nastajale predvsem na jeklenih delih konstrukcij stebrov, pri čemer so bile poškodbe temeljev redke in še to omejene mestoma le na lokalne poškodbe betona glav temelja. Poškodbe drugih elementov daljnovoda, to je vodnikov, zaščitnih vrvi, izolatorskih verig in obešalnega materiala, so nastajale predvsem v kombinaciji s poškodbami oziroma porušitvami stebrov.

### 5.1 Stebri

Na daljnovodih, ki so bili poškodovani, so uporabljene jeklene konstrukcije stebrov, ki so s statičnega gledišča prostorska paličja, ki imajo različno oblikovane t. i. glave stebrov. Tako so na 400 kV daljnovodih uporabljeni Y-stebri, na 220- in 110 kV daljnovodih pa stebri z obliko glave »jelka« oziroma »donava« pri DV 2 x 110 kV Velenje–Slovenj Gradec.



Slika 9 • Daljnovod 400 kV Beričevo–Divača



Slika 10 • DV 220 kV Kleče–Divača in 220 kV stebri na DV 110 kV Cerkno–Idrija

Dodatno breme z žledom seveda uklešči v svoj objem poleg vodnikov tudi jekleno konstrukcijo stebra, vendar to nima odločujočega vpliva za nastop havarije. Bistvene so sile, ki se pojavijo v vodnikih zaradi dodatne obtežbe in se prenašajo preko obešišč vodnikov na konstrukcijo stebra. Kot že povedano, so te sile do petkrat presegle projektno predvidene. Glede na neenakomernost nabiranja žleda na posameznih vodnikih in tudi njegovega neenakomernega odpadanja so te sile v obešiščih istega stebra lahko zelo različne, kar povzroča torzijske obremenitve konstrukcije. Seveda so

stebri do predpisane mere tudi dimenzionirani na tovrstne obremenitve, vendar so bile tudi te večkratno prekoračene (sliki 9 in 10).

### 5.2 Temelji

Na stojnih mestih, kjer so bile poškodovane jeklene konstrukcije stebrov, temelji kot nosilna konstrukcija, ki prenaša obremenitve iz jeklene konstrukcije stebra v temeljna tla, v splošnem niso bili poškodovani (slika 12) in so se lahko ponovno uporabili pri postavitvi novih, saniranih jeklenih konstrukcij. Na nekaterih stojnih mestih se je zaradi rušenja jeklene konstrukcije stebra (vogalnikov) tik nad glavo temelja poškodoval beton, kar se je saniralo lokalno v območju glave (slika 13). Prav tako se je izvedlo posege v glave temeljev na stojnih mestih, kjer je bilo treba izvesti nov stik vogalnika z obstoječim, vbetoniranim sidrnim delom stebra.

Posebna situacija se je pojavila na stojnem mestu 122. daljnovoda 2 x 110 kV Slovenj



Slika 12 • Temelji so ostali v veliki večini nepoškodovani



Slika 13 • Temelj globalno nepoškodovan, poškodovana glava zaradi slabe izvedbe – armatura!?



Slika 14 • Izvlek temelja na SM 122 DV 2 x 110 kV Velenje–Slovenj Gradec

Gradec–Velenje, kjer se je pokazalo temeljne kot najšibkejši člen daljnovoda. Prišlo je namreč do izvleka tegnjene dvojice temeljev stebra (slika 14). Temelj, kakršen je bil originalno izveden, očitno ni bil primeren za konkretne geomehanske razmere na stojnem mestu.

### 5.3 Vodniki in druga oprema

Tudi v primerih, ko so na posameznih delih daljnovoda stebri prenesli povečane dodatne obtežbe, so nastajale poškodbe na vodnikih, izolatorskih verigah in/ali obešalni opremi, kar tudi prištevamo k rušitvi daljnovoda, saj je bilo treba vse te elemente zamenjati z novimi (slika 15).



Slika 15 • Poškodovane so bile tudi vrvi in obešalna oprema daljnovodov



## 6 • SANACIJSKA DELA

### 6.1 Splošno

Projekt potrebnih sanacijskih del na jeklenih konstrukcijah DV-stebrov je temeljil na podatkih posnetka dejanskega stanja konstrukcij na terenu ter PID-dokumentaciji iz arhivov lastnika in projektanta. V grobem bi lahko sanacijske posege razdelili v tri kategorije:

- 1. kategorija:** konstrukcija stebra je bila popolnoma porušena. Ta porušitev je vplivala tudi na temelje. Po tipskih načrtih stebra, ki je bil predviden za posamezno stojno mesto, je bil izdelan popolnoma novi steber. Navezavo na obstoječe temelje se je opravilo z izdelavo novega sidrnega dela stebra – vogalnika, ki se ga je z novo izdelanim stikom priključilo na obstoječi vbetonirani vogalnik.
- 2. kategorija:** konstrukcija stebra je bila porušena delno. To na temelje ni imelo nikakršnega vpliva. Spodnji jekleni del stebra je ostal ohranjen in nepoškodovan, tako da ni bilo treba narediti nikakršnih posegov v temelje. Zamenjati je bilo treba

posamezne sklope stebra (trup, glavo, most, rašlje (razcep pri Y-stebrih), konzole, vrh). Sanacija se je opravila tako, da se je demontiralo celoten poškodovani sklop stebra in se ga zamenjalo z novim, ki je bil predhodno sestavljen na tleh v bližini stebra.

- 3. kategorija:** na konstrukciji so bili poškodovani le posamezni elementi, ki jih je bilo treba zamenjati. Elementi so se menjevali posamezno, pri čemer je bilo treba paziti, da sta se z začasnim sidranjem ali notranjim opiranjem konstrukcije stebra ohranjali geometrija in stabilnost druge originalne konstrukcije.

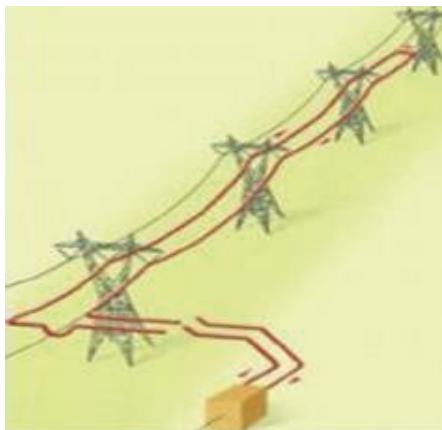
Pri vseh posegih v jekleno konstrukcijo stebrov se je za vse elemente uporabilo kvaliteto jekla S355 J2, za vijake zveze pa kvaliteto vijakov 8'8. Odločitev je bila sprejeta zaradi poenotjenja postopkov nabave materiala, izdelave konstrukcije in posledično hitrejšega napredovanja montažnih del na terenu.

Izvedba del je bila glede na obseg havarije in zahtevnost del opravljena v izredno kratkem času, pred pogodbeno dogovorjenimi roki. Tako so bili daljnovodi ponovno v uporabi, kot sledi: DV 400 kV Beričevo–Podlog sredi maja 2014, DV 2 x 110 kV Slovenj Gradec–Velenje konec maja 2014, DV 400 kV Beričevo–Divača 6. junija 2014, DV 220 kV Kleče–Divača 10. junija 2014 in DV 110 kV Cerkno–Idrija konec junija 2014.

Za to gre vsekakor zahvala vsem udeleženi v procesu obnovitvenih del, od lastnika in naročnika del ELES, projektanta IBE, izvajalcev konzorcija Dalekovid Zagreb in Ljubljana, Elektroservisov Ljubljana in do institucij, ki so spremljale kvaliteto izvedbe, kot so IMK Ljubljana, EIMV Ljubljana, Geoekspert ter številni drugi podizvajalci in dobavitelji. Strokovnost izvajalcev, organiziranost gradbišč, vodenja projekta in nadzora sta bili na visoki ravni, kar je omogočilo izvedbo pred zadanimi roki. Kakovost opravljenih del je skladna z vsemi veljavnimi tehničnimi standardi in pravilniki ter veljavno zakonodajo.

## 7 • REŠITEV ZA NAŠE OMREŽJE JE UVEDBA MONITORINGA IN SPROTNEGA ODSTRANJEVANJA OBLOG

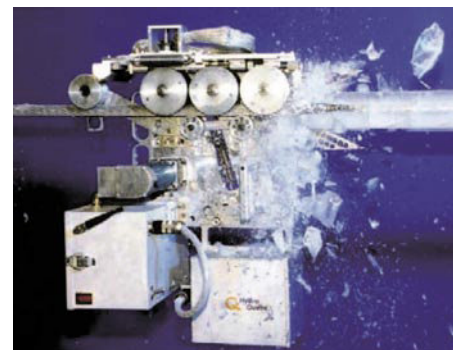
Stohastičnost in nepredvidljivost pojava prekoračitve predvidenih meteoroloških vplivov je narekovala, da so se v svetu, posebno v zadnjih petnajstih letih, pričele



Slika 16 • Gretje vodnikov z enosmernim tokom – ena od Al-metod, ki se lahko uporabi tudi kot DI-metoda (Farzaneh, 2010)

uvajati posebne metode in tehnologije, s katerimi naj bi se v kritičnih trenutkih zmanjšalo dodatne žledne obtežbe na vodnike in se tako razbremenilo konstrukcije stebrov. Enotne filozofije, standardnih rešitev ali splošne tehnične prakse na tem področju še ni. V bolj ogroženih in razvitih državah, kot so Kanada, Rusija pa tudi Belgija, Francija, Švedska, Nemčija, Japonska, celo v Ukrajini, Romuniji in na Češkem, se v zadnjih letih uvajajo v uporabo posebni postopki oziroma posebne dodatne naprave, s katerimi se skuša kontrolirati obtežbe z žledom. Končni namen teh, še vedno predvsem študijskih aktivnosti je zmanjšati sile na stebre v primeru izrednih obtežb z žledom. Te naprave in/ali procedure so običajno zasnovane po dveh načelih: po načelu preprečevanja nabiranja žlednih oblog na vodnikih – AI-metode (Anti-icing) (slika 16), in b) po načelu odstranjevanja že formiranih žlednih oblog z vodnika – DI-metode (De-icing) (slika 17). Za nadaljnje branje glej ((CIGRE, 2000), (CIGRE, 2010)).

Že omenjena dilema, ali po havariji čim prej vzpostaviti prvotno stanje daljnovoda ali daljnovod ob sanaciji na neki način ojačiti, za nikogar ni enostavna. Zato bomo morali v prihodnosti priti v stanje, ko bo možno odreagirati že ob nastopu vremenske ujme in preprečiti nabiranje žlednih oblog oziroma že nastali žled na vodnikih odstraniti. Aktiviranje katerekoli od omenjenih procedur zahteva poznavanje stanja vzdolž daljnovoda in uvedbo posebnega sistema opazovanja – monitoringa stanja daljnovoda v realnem času in prostoru. Kot rečeno, so tovrstne aktivnosti v



Slika 17 • Robot za odstranjevanje žleda na vodniku – ena od DI-metod (CIGRE, 2010)

svetu že poznane in deloma tudi praktično uveljavljene ((Zadnik, 2006), (CIGRE, 2010)). Pri nas se v tej smeri še vedno le razmišlja, čeprav so nekateri ukrepi dokaj enostavni in niti ne predragi. Posebno če upoštevamo, da s tem preprečimo porušitev daljnovodnih

stebrov in izpad prenosa električne energije. Danes ne bi smeli, kot se je to v preteklosti že večkrat zgodilo, o nedavni ujmi le govoriti, čez čas pa nanjo pozabiti. Žal imamo ponovno priložnost, podprto s konkretnimi dogodki, da se na nivoju elektrogospodarstva sprejme

strateška odločitev o tem, kakšen standard izgradnje in tudi obratovanja daljnovodov naj se v bodoče uporabi v Sloveniji, da bo mogoče aktivno spremljanje, preprečevanje nabiranja in/ali odstranjevanje žlednih oblog s prenosnih objektov.

## 8 • LITERATURA

ARSO, Javne informacije Slovenije, ARSO – met., <http://www.meteo.si>, 2014.

CIGRE, Load control devices on overhead transmission lines, CIGRE, WG 22.06, brošura št. 174, Pariz, december 2000.

CIGRE, Systems for prediction and monitoring of ice shedding, anti-icing and de-icing for power line conductors and ground wires, CIGRE, WG B2.29, brošura št. 438, Pariz, december 2010.

ELES, Havarija na prenosnih DV – žled 2014, CIGRE – CIRED, kolokvij, Ljubljana, april 2014.

Farzaneh, M., Ice melting methods for overhead lines, CIGRE, 2010.

IBE, Projektna dokumentacija za DV 400 kV Beričevo–Divača–Melina, odsek: Beričevo–Divača, večje število map, Ljubljana, IBE, 1975–1978.

Poredoš, A., Vertačnik, G., Blažica, V., Merše, J., Žled 2014 + uporabnost meteoroloških informacij, CIGRE – CIRED, kolokvij, Ljubljana, april 2014.

RS, SIST EN 50341-1:2002, Nadzemni vodi za izmenične napetosti nad 45 kV – 1. del: Splošne zahteve – Skupna določila, 2002.

RS, SIST EN 50423-1:2005, Nadzemni vodi za izmenične napetosti nad 1 kV do vključno 45 kV – 1. del: Splošne zahteve – Skupna določila, 2005.

RS, SIST EN 50341-3-21:2009, Nadzemni vodi za izmenične napetosti nad 45 kV – 3-21. del: Nacionalno normativna določila (NNA) za Slovenijo (na podlagi SIST EN 50431-1:2002), 2009a.

RS, Republika Slovenija, SIST EN 50423-3-21:2009, Nadzemni vodi za izmenične napetosti nad 1 kV do vključno 45 kV – 3-21. del: Nacionalno normativna določila (NNA) za Slovenijo (na podlagi SIST EN 50423-1:2005), 2009b.

RS, Republika Slovenija, Pravilnik o tehničnih pogojih za graditev nadzemnih elektroenergetskih visokonapetostnih vodov izmenične napetosti 1 kV do 400 kV, U. RS št. 52/11. 7. 2014.

SFRJ, Socialistična federativna republika Jugoslavija, Pravilnik o tehničnih normativih za graditev nadzemnih elektroenergetskih vodov z nazivno napetostjo od 1 kV do 400 kV, Uradni list SFRJ, št. 51/73, 1973.

Zadnik, B., Fenomen žleda in njegov vpliv na objekte za prenos električne energije, univerzitetni učbenik, FGG, Ljubljana, 2006.

ZGS, Zavod za gozdove Slovenije, <http://www.zgs.si/slo/delovna-podrocja/varstvo-gozdov/sanacija-posledic-ujme-2014/index.html#c2609>, 2014.

# NAPAČNA UPORABA STANDARDA SIST EN 1991-2 ZA PROMETNE OBTEŽBE MOSTOV NA GLAVNIH, REGIONALNIH IN LOKALNIH CESTAH

## INCORRECT USE OF STANDARD SIST EN 1991-2 FOR TRAFFIC LOADS ON BRIDGES ON MAJOR, REGIONAL AND LOCAL ROADS

**Milan Rajh, univ. dipl. inž. grad.**

milan.rajh@ko-biro.si

Ko-Biro, d. o. o., Gajštova ulica 22, 2000 Maribor

**Strokovni članek**

UDK 006.022:624.21.03(497.1)(497.4)

**Povzetek** | Z objavo Pravilnika o mehanski odpornosti in stabilnosti v Ur. l. RS, 101/2005, je za izpolnjevanje najpomembnejše bistvene zahteve za objekte (mehanska odpornost in stabilnost) postala obvezna uporaba skupine standardov SIST EN 1990-1999, med njimi standard SIST EN 1991-2, ki predpisuje obtežbe za nove mostove na glavnih evropskih prometnih koridorjih. Standard ne predpisuje obtežbe za mostove na glavnih, regionalnih in lokalnih cestah ter na obstoječih mostovih, ki niso zgrajeni v skladu z aktualno skupino standardov SIST EN. V Sloveniji je tovrstnih mostov prek 2500, med njimi več kot 300, ki jim zaradi nevzdrževanja grozi zmanjšanje nosilnosti. V nadaljevanju je predstavljen razvoj prometnih obtežb na cestnih mostovih od leta 1841 do danes. V luči razvoja mostnih obtežb je predstavljena nemška tehnična smernica, ki predstavlja racionalen pristop k analizi obstoječih cestnih mostov, ki niso projektirani skladno z aktualno skupino standardov EN.

Ključne besede: Nachrechnungsrichtlinie 2011, pruski gradbeni predpisi, bavarski gradbeni predpisi, predpisi o cestnih mostovih Kraljevine Jugoslavije, PTP-5, JUS, DIN 1072, EN 1991-2, obstoječi mostovi.

**Summary** | With the publication of the rulebook Mechanical resistance and stability in the official gazette Ur.l.RS. 101/2005, the application of the standards SIST EN 1990-1999 for the fulfilment of the most important and essential requirement for structures become mandatory, among them SIST EN 1991-2 for bridge loads. The standard EN 1991-2 prescribes traffic loads for new motorway and highway bridges. The standard EN 1991-2 does not prescribe traffic loads for bridges on major, regional and local roads or on the existing bridges that are not designed according to Eurocodes. In Slovenia, there are more than 2500 bridges that do not comply with Eurocodes, and more than 300 of them require imminent repair work or the reduction of bearing capacity. This paper discusses the development of traffic loads from the year 1841 up to the present day. In terms of the development of bridge traffic loads, the German technical guideline Nachrechnungsrichtlinie 2011 for the analysis of existing bridge structures is presented. It provides a rational and economical way of determining traffic loads on the existing bridges that are not designed in accordance with the group of EC standards.

Key words: Nachrechnungsrichtlinie 2011, Prussic building regulations, Bavarian building regulations, Regulations for bridge loads of Monarchy of Yugoslavia, PTP-5, JUS, DIN 1072, EN 1991-2, existing bridges.

## 1 • UVOD

Mostove projektiramo zaživiljenjsko dobo 100 let. V Sloveniji je takih mostov precej (npr. Stari most v Mariboru, Železniški most v Mariboru, Tromostovje v Ljubljani, Solkanski most), nemalo je mostov, ki so stari okoli 60 do 70 let (Most čez Dravo na Ptuju, Most čez Studenčnico na Ptuju, Viadukt Verd, Titov most v Mariboru itd.). Vsak most je zasnovan in zgrajen skladno z dognanji

stroke tedanjega časa, s predpisanim nivojem obtežbe in dopustnimi nosilnostmi materialov. Glede na pomen se je vloga mostov sčasoma spreminjala. Če mostovi niso bili na glavni trasi, je njihov pomen za odvijanje prometa upadal, saj se je z izgradnjo novih mostov promet preusmerjal na nove glavne prometne povezave. Po podatkih (DRC, 2008) je v Sloveniji skupaj prek 2500

mostov, ki so bili projektirani in zgrajeni pred letom 2008, zato je za obravnavo mostnih konstrukcij in predpisovanje obtežb v projektiranih nalogah ključno poznavanje prometnih obtežb, za katere so bili objekti zasnovani in dimenzionirani. V luči aktualnih zaostrenih gospodarskih razmer, ko primanjkuje sredstev za vzdrževanje objektov in ko več kot 300 mostovom zaradi nevdzdrževanja grozi omejitve nosilnosti, sta predstavljena zgodovinski razvoj standardiziranih prometnih obtežb za mostne konstrukcije in nemška smernica Nachrechnungsrichtlinie 2011.

## 2 • PREDPISI ZA OBTEŽBO MOSTOV

### 2.1 Pregled obtežb za mostove od leta 1841 do danes

V knjigi System of Military Bridges (Cullum, 1863) so predstavljene obtežbe za vojaške pontonske mostove iz časa avstro-ogrske monarhije vse od leta 1841. Knjiga analizira različne tipe mostnih konstrukcij v odvisnosti od posamezne vojske (pruske, avstro-ogrske, francoske, ameriške, britanske), njihove prednosti in pomanjkljivosti, sestavo, tehnologijo gradnje, tehnologijo rušenja in obnavljanja. V knjigi je navedena tudi sestava koristne obtežbe, in sicer za pehoto, konjenico in topništvo. Za težo vojaka navaja težo 180 lbs (81 kg). Osnovna dolžina pontona je 18 čevljev. Prav tako navaja, da na 1 yrd<sup>2</sup> odpade pet vojakov, odnosno preračunano 500 kg/m<sup>2</sup>. Ob prečkanju mostu znaša razmik med vojaki 2,6 ft (0,80 m). Pri tem velja opomba, da je vsaka vojska imela svoj sistem pontonske opreme s svojimi prednostmi in slabostmi ter dimenzijami. Obtežbe so v vojskah primerljive. Pri prečkanju konjenice so jezdeci morali razjahati in konja voditi. Teža konjenika s konjem je ocenjena na okoli 1300 lbs oziroma 590 kg. Pri jahanju zasede konjenik s konjem prostor 10 čevljev (3,05 m), če je konj na povodcu, pa 12 čevljev (3,65 m). Vplivi so podani v preglednici 1. Pri tem so uporabljene takrat veljavne enote. V preglednici 2 so podani vplivi topov.

Začetek standardizacije prometnih obtežb cestnih mostov definirajo pruski gradbeni predpisi iz leta 1910 (Bargmann, 2013). Glavno mostno obtežbo predstavljajo vozovi s konjsko vprego teški 6 t, 12 t in 20 t. Kot alternativna obtežba je predpisan parni valjar mase 23 t. Za obtežbo na hodnikih je predpisan vpliv 400–550 kg/m<sup>2</sup> (glej preglednico 3).

	lbs	kg	kg/m
konjenica, ena kolona	1950	884	161
konjenica, dve koloni	4080	1854	341
konjenica, tri kolone	5850	2653	484
konjenica, štiri kolone	7800	3538	645

	lbs	kg	kg/m
pehota, ena kolona	1240	562	102
pehota, dve koloni	2492	1130	206
pehota, tri kolone	3738	1695	309
pehota, štiri kolone	4984	2260	412
pehota, pet kolon	6230	2825	515

Preglednica 1 • Vpliv pehote in konjenice na pontonskem mostu

Kaliber	Tip topa	Voz	pripomočki	strelivo	SKUPAJ	SKUPAJ
6-Pdr	poljski	+	+	+	3178 lbs	1441 kg
12-Pdr	poljski	+	+	+	4428 lbs	2008 kg
12-Pdr	havbica	+	+	+	3178 lbs	1441 kg
24-Pdr	havbica	+	+	+	4002 lbs	1815 kg
24-Pdr	jurišni				9200 lbs	4173 kg

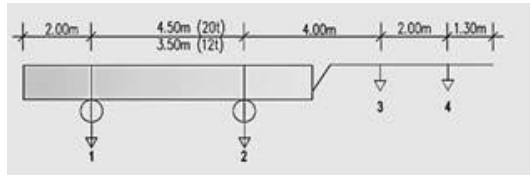
Preglednica 2 • Vpliv topov

vozilo	obtežba 1	obtežba 2	obtežba 3	obtežba 4	pločnik kg/m <sup>2</sup>
20 t voz s 4 konji	10 t (100 kN)	10 t (100 kN)	0,8 t (8 kN)	0,8 t (8 kN)	400–550 (4–5,5 kN/m <sup>2</sup> )
12 t voz s 4 konji	6 t (60 kN)	6 t (60 kN)	0,8 t (8 kN)	0,8 t (8 kN)	400–550 (4–5,5 kN/m <sup>2</sup> )
6 t voz z 2 konjema	6 t (60 kN)	6 t (60 kN)			400–550 (4–5,5 kN/m <sup>2</sup> )
valjar 23 t	10 t (100 kN)	13 t (130 kN)			400–550 (4–5,5 kN/m <sup>2</sup> )

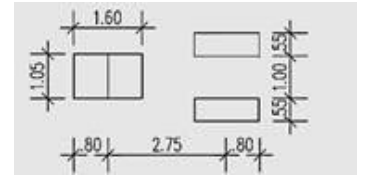
Preglednica 3 • Prometne obtežbe po pruskih gradbenih predpisih iz leta 1910

Leta 1924 bavarski gradbeni predpisi predpišejo obtežbo parnih strojev in tovornih vozil (BBO, 1924). Definirani so 4 mostni razredi/kategorije. Obtežbe parnih valjarjev sledijo vplivu konjskih vpreg, in sicer 7 t, 13 t, 23 t, iz leta 1910. Standardna tovorna vozila so teže 6 t in 9 t. Vpliv gneče na mostovih je opisan z obtežbo 300–500 kg/m<sup>2</sup> (slika 2). Leta 1932 v Kraljevini Jugoslaviji sprejmejo predpis št. 32303 (Ministrstvo za zgradbe Kraljevine Jugoslavije), na katerega sprejetje je imela vpliv ruska tehnična emigrantska inteligenca, ki je Rusijo zapustila po oktobrski revoluciji. (Kadijević, 2013) navaja, da so ruski inženirji na beograjski tehnični fakulteti zasedali vodilna mesta kot predavatelji konstruktorskih predmetov. Po ocenah je v Jugoslavijo emigriralo okoli 1200 ruskih inženirjev, kar znaša 40 % ruske emigrantske inženirske populacije.

Med svetovno vojno razvoj obtežb narekujejo vojaške obtežbe, kot so Panzerkampfwagen IV, ruski T-34 mase 25 t (250 kN) in 31 t (310 kN). Proti koncu druge svetovne vojne Nemci razvijejo tank Panzerkampfwagen IV – Tiger II, mase 56,9–68,5 t (569-685 kN), ki je zaznamoval razvoj prometnih obtežb na mostovih naslednjih 50 let (Pz IV, 2013). Nemški inženirji so leta 1943 zasnovali serijo supertežkih tankov E-90 do E-155, vendar



Slika 1 • Sheme konjske vprege in parnega valjarja iz leta 1910



		Brückenklassen				
		I	II	III	IV	
Dampfwaizen	Gesamtgewicht	t	23	18	7	
	Vorderrad	t	10	7	5	
	Hinterrad	t	6,6	4,8	1	
Lastkraftwagen	Erstzulast	t/m <sup>2</sup>	1,6	1,1	0,6	
	Gesamtgewicht	t	3	2,5	1	
	Vorderrad	t	1,6	1,1	0,7	
Menschenträger	Vorderrad	t	8	2,8	2,0	
	Hinterrad	t/m <sup>2</sup>	0,6	0,4	0,3	
	Erstzulast	t/m <sup>2</sup>	0,6	0,4	0,3	
Berechnung für	Haupträger bis zu einer Spannweite von	80m	t/m <sup>2</sup>	0,6	0,4	0,4
		100m	t/m <sup>2</sup>	0,4	0,4	0,3
		200m	t/m <sup>2</sup>	0,4	0,3	0,3
	aller übrigen Teile	t/m <sup>2</sup>	0,4	0,4	0,4	

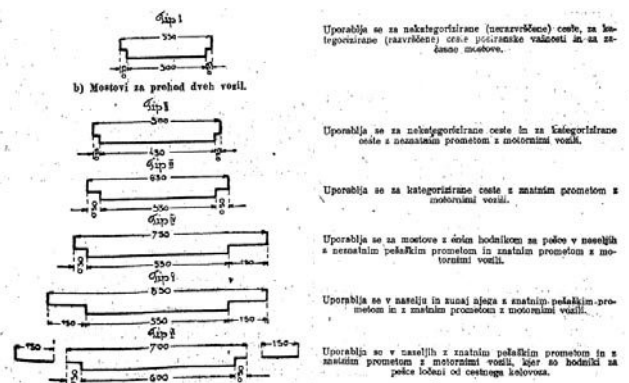
Slika 2 • Tipi standardnih vozil iz bavarskega gradbenega reda iz leta 1924 in postavitve

so zaradi pomanjkanja sredstev, neugodnih razmer na vzhodni fronti in neprimerne infrastrukture na zahtevo nemškega ministra za infrastrukturo Alfreda Speera zaustavili njihovo proizvodnjo. V Jugoslaviji so bili leta 1949 izdani začasni tehnični predpisi PTP-5 (Furundžić, 1963), ki pretežno povzemajo ruske predpise za obtežbe mostov. PTP-5 predpišejo obtežbe

goseničarjev 30 t (300 kN) in 60 t (600 kN), 23 t (230 kN) parnega valjarja, tovornjaka 13 t (130 kN) in vojaško vozilo M-25. Novost pri izračunu je upoštevanje vpliva gneče, ki je odvisna od dolžine mostne konstrukcije. Leta 1952 je v Nemčiji (NDR) stopila v veljavo prometna obtežba, definirana v skladu z DIN 1072. Zaradi višanja intenzitete prometa in zaradi izgradnje avtocest je DIN 1072 (1952)

		Konstrukcija mostu				
		I	II	III	IV	V
Spretni valjar	Celotrupna teža	t	24	18	14	7
	Sprednje kolo	t	10	8	6	5
	Zadnje kolo	t	7	5	4	1
Doborna vožnja	Celotrupna teža	t	12	12	9	6
	Sprednje kolo	t	1,75	1,75	1,5	0,75
	Zadnje kolo	t	4,25	4,25	3	2,25
Spretni valjar s 7 t	Zanemarljiva obtežba	t/m <sup>2</sup>	0,8	0,8	0,6	0,4
	0-25 m	t/m <sup>2</sup>	0,5	0,45	0,4	0,35
	25-125 m	t/m <sup>2</sup>	0,4	0,35	0,3	0,25
	125 m	t/m <sup>2</sup>	0,4	0,35	0,3	0,25
Spretni valjar s 9 t	Za vse ostale dele	t/m <sup>2</sup>	0,5	0,45	0,4	0,35

Slika 3 • Shema obtežb za cestne mostove Kraljevine Jugoslavija leta 1933



Slika 4 • Nemški tank Panzer IV – Tiger II, in ruski tank T-34 (Pz IV, 2013)

mostove delil v več razredov/kategorij: BKL60 (60 t), BKL30 (30 t), BKL12 (12 t), BKL6 (6 t), BKL3 (3 t). Standard je delil kategorije cest na avtoceste, regionalne ceste, pokrajinske, krajevne, gospodarske. Skladno s kategorijo ceste je bil predpisan razred/kategorija vozila (Bargmann, 2013). Leta 1967 so v Nemčiji aktualizirali DIN 1072. Nemci so se zavedali, da imajo mnogo obstoječih mostnih konstrukcij, za katere ne obstaja realna potreba, da bi jih ojačevali



in jim s tem povečevali nosilnost, ampak so se odločili, da jih bodo zgolj rehabilitirali. Predpisali so uporabo vmesnih razredov prometnih obtežb BKL45, BKL24, BKL16, BKL9 (Bargmann, 2013).

Prenovljeni jugoslovanski pravilnik za obtežbe mostov – Pravilnik o tehničnih normativih za določevanje velikosti obtežb mostov – je definiral vozila V600, V300, M25, goseničarja 30t in 60t ter valjar 23t. Vozila V300 in V600 je jugoslovanski pravilnik povzel po prenovljenem DIN1072 (1985).

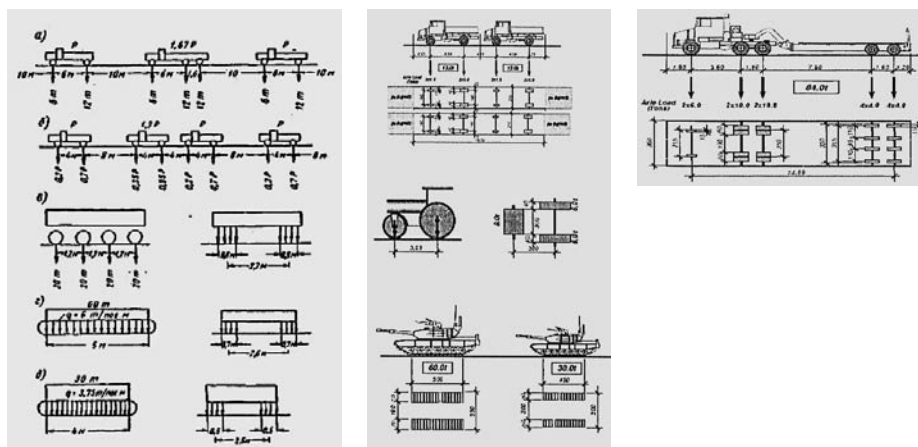
Leta 2005 je v Sloveniji začelo veljati prehodno obdobje za vpeljavo standardov Evrokod. Na območju gradnje mostov je bila neuradno uveljavljena uporaba standardov in predpisov v skladu z DIN Fachbericht – nemška različica standardov za prehodno obdobje za prevzem Evrokodov, ki jih je leta 2008 dokončno zamenjala skupina standardov SIST EN.

V prehodnem obdobju za uveljavitev standardov Evrokod je v Sloveniji pri izgradnji cestnega omrežja, za mostove zunaj avtocest, upravljavec cestnega omrežja DARS oziroma pred njim DRSC predpisoval obtežbe skladno s standardom DIN 1072 (1985).

## 2.2 Predstavitev Nachrechnungsrichtlinie 2011

Skladno z zahtevo standarda EN 1991-2 je nemško zvezno ministrstvo za promet leta 2011 objavilo smernico za preračunavanje obstoječih mostov z EC-standardom. S smernico so predpisali obtežbe in kombinacijske faktorje skladno z EC-standardom ter določili ciljni nivo prometnih obtežb za analizo obstoječih mostov. Smernica Nachrechnungsrichtlinie 2011 (BRD, 2011) obravnava različne tipe konstrukcij, od armiranobetonskih, sovprežnih, jeklenih do zidanih. S smernico se dokazuje izpolnjevanje najpomembnejše bistvene zahteve za obstoječe mostove, ki niso zasnovani skladno z aktualnimi standardi EN 1991. Podobno smernico za računsko analizo obstoječih mostov so sprejeli tudi Avstrijci, in sicer ONR 24008, ki ob cestnih mostovih obravnava še železniške. Pri tem pripominjamo, da obstajajo tudi smernice za analizo obstoječih mostov iz obdobja pred letom 2000.

Smernica Nachrechnungsrichtlinie 2011 je opremljena s preglednicami materialov (betonov, jekla, vrvi za prednapenjanje, opek) od leta 1900 dalje. Smernica skladno z EN 1991-2 glavno vlogo pri določitvi ciljne prometne obtežbe nalaga upravljavcu ceste in inženirju.



Slika 5 • Ruska prometna obtežena shema SNiP in obtežena shema PTP-5 s podobnostmi

Mostovi se skladno s smernico Nachrechnungsrichtlinie 2011 uvrščajo v štiri razrede.

V razred 1 so uvrščeni vsi mostovi, ki izpolnjujejo zahteve standardov DIN FC 102-104 in DIN EC 1992 do DIN EC 1994 z DIN EN 1996. (Haveresch, 2011) navaja, da za razred 1 ni treba zmanjševati življenjske dobe konstrukcij. Objekti, ki so uvrščeni v razred 1, morajo izpolnjevati dokaz mehanske odpornosti in stabilnosti v celoti – torej mejna stanja nosilnosti in uporabnosti brez omejitev.

V razred 2 so uvrščeni mostovi, ki v celoti ne izpolnjujejo aktualnih standardov. Sem spadajo mostovi, ki izpolnjujejo večino zahtev mejnih stanj nosilnosti in/ali mejnih stanj

uporabnosti, upoštevajoč obtežbeni model LM1. Za mostove, ki se uvrščajo v razred 2, smernica predvideva določitev ciljne prometne obtežbene sheme skladno z DIN 1072 (1985) standardom BK60/30, BK60, BK30/30, in sicer v odvisnosti od intenzitete težkega tovornega prometa in v odvisnosti od vrste cestne povezave. V razred 2 se uvršča večina obstoječih mostov v Sloveniji.

V razred 3 so uvrščeni mostovi, katerih nosilnost se določi na osnovi meritev z obtežnim preizkusom. Preskusna obtežba je realna, pri tem se merijo povesi in napetosti na izpostavljenih točkah, ki služijo kot ocena za določitev nosilnosti mostne konstrukcije.

1	2	3	4	5
Fahrzeuggruppe	Beispielfahrzeuge	Verkehrsart	Mittlere Entloernung	Ortsverkehr
LKW		Größe Entloernung	Mittlere Entloernung	Ortsverkehr
LKW > 3,5 t mit 2 oder 3 Achsen ohne Anhänger		25	50	65
Busse				
LKW > 3,5 t mit Anhänger		75	50	15
Straßenzüge				
Andere Schwerverfahrzeuge > 3,5 t				

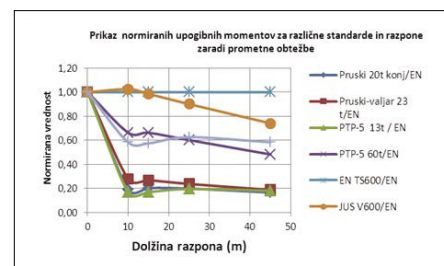
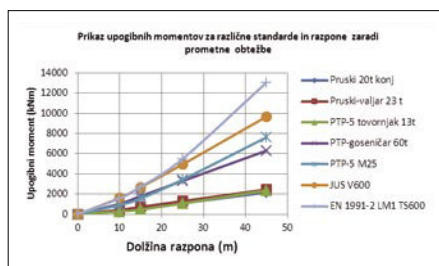
Preglednica 4 • Prikaz sestave prometa pri posameznih povezavah (BRD, 2011)

1	2	3	4
LKW	Achsabstand	Achslast	Rad- bzw. Achstyp
	4,50	70	A
	1,30	130	B
	4,20	70	A
	1,30	120	B
	3,20	70	A
	5,20	150	B
	1,30	90	C
	1,30	90	C

	1	2	3
	Größe Entloernung	Mittlere Entloernung	Ortsverkehr
1 DTV-SV < 2.000		BK60/30	BK60
2 2.000 ≤ DTV-SV < 20.000	LM1 <sup>1)</sup>	BK60/30	BK60
3 DTV-SV ≥ 20.000		LM1 <sup>1)</sup>	LM1 <sup>1)</sup>

Preglednica 5 • Preglednica za določitev ciljne prometne obtežbe (BRD, 2011)

	1	2	3
	Größe Entloernung	Mittlere Entloernung	Ortsverkehr
1 DTV-SV < 2.000	BK60/30	BK60	BK30/30
2 DTV-SV ≥ 2.000	LM1 <sup>1)</sup>	BK60/30	BK60



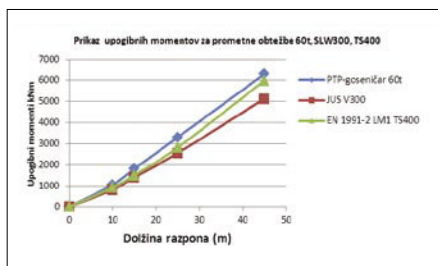
Slika 6 • Upogibni momenti v odvisnosti od standarda in razpona ter primerjava za w = 3 m

V razred 4 so uvrščeni mostovi, za katere je za potrebe določitve nosilnosti treba uporabiti verjetnostne znanstvene metode.

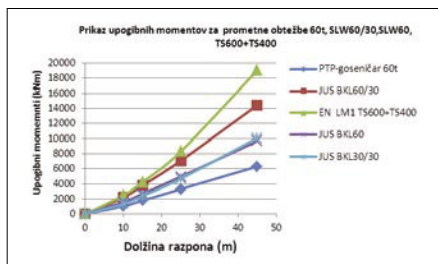
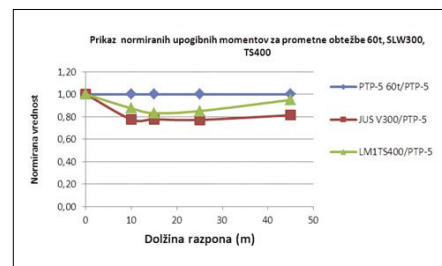
### 2.3 Primerjava vplivov obtežb med letoma 1910 in 2013

Projektne naloge pogosto zahtevajo, da se obstoječa mostna konstrukcija analizira na obtežbo 60 t (600 kN) in naj se skladno s standardom SIST EN 1991-2 uporabi shema tandemskega vozila LM1, kar za most širine 6 m pomeni težo vozil prek 100 t (1000 kN), upoštevajoč pripadajočo gnečo. Ob predpostavki, da je bil most projektiran za težo vozila 60 t (600 kN) skladno s PTP-5, pomeni zahteva 50 % povečanje prometne obtežbe. Ob upoštevanju dejanske intenzitete prometa (glej podatke DRSC) pomeni, da so zahteve po obnovi mostnih konstrukcij na nivo prometne obtežbe standarda SIST EN 1991-2 pogosto neracionalne.

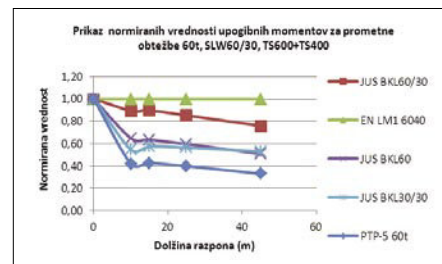
Nemška smernica Nachrechnungsrichtlinie 2011 za sestavo prometa na cestah za lokalni promet (gravitacija območja 50 km) navaja 85 % delež 2- in 3-osnih obremenitev, medtem ko je manj kot 15 % večosnih. Za srednje razdalje je sestava 50 % za 2,3-osne in 50 % za 4- in večosne. Za podrobno sestavo prometa na slovenskih regionalnih cestah je treba pogledati strukturo prometa. Iz preglednic 4 in 5 sledi, da je za mostove z relativno



Slika 7 • Upogibni momenti v odvisnosti od standarda in razpona ter primerjava za  $w = 3$  m



Slika 8 • Upogibni momenti v odvisnosti od standarda in razpona ter primerjava za  $w = 6$  m



majhnimi razponi na lokalnih povezavah še vedno aktualna 20 t (200 kN) konjska vprega odnošno 23 t (230 kN) valjar iz leta 1910 (Bargmann, 2013)

Primerjave obtežb skladno EC-1 in DIN 1072 je izvedel B. Kokol s sodelavci (Kokol, 2002), v katerih je izkazan prirastek vplivov

standardiziranih prometnih obtežb za okoli 24 % na avtocestnih mostovih, medtem ko (Haverasch, 2011) ugotavlja prirastek vplivov prometne obtežbe do 30 %. V nadaljevanju so izvedene primerjave prometnih obtežb za različne standardizirane obtežbe za primer prostoležečega nosilca.

## 3 • SKLEP

V prispevku je obravnavana zgodovina standardiziranih obtežb za mostne konstrukcije. Primerjava obtežb v 100-letnem obdobju kaže na razvoj prometne obtežbe od konjske vprege do tandemske obtežbe ter povečanje vpliva prometne obtežbe do 500 %. V prispevku je grobo predstavljena nemška smernica za analizo obstoječih obtežb, ki temelji na ugotavljanju dejanskih prometnih obremeni-

tev na mostnih konstrukcijah ter predstavlja racionalen in ekonomičen pristop k analizi obstoječih mostnih konstrukcij, ki niso zgrajene v skladu z evrokodi. Med opravljene primerjave sodi primerjava prometnih obtežb DIN 1072 in SIST EN 1991-2, iz katere sledi, da so vplivi prometne obtežbe skladno s SIST EN 1991-2 do 30 % večji kot za vozila DIN 1072 ter 50 % večji kot za obtežbeno shemo

skladno s PTP-5. Po desetih letih uporabe standardov SIST EN v Sloveniji še vedno nimamo nacionalnega dodatka in/ali smernice, ki bi predpisovala prometne obtežbe na mostovih zunaj glavnih evropskih prometnih koridorjev in za obstoječe mostove. Več kot 2500 obstoječih mostov v luči zaostrenih gospodarskih razmer kliče po sprejetju smernic in nacionalnih dodatkov. Z racionalnim predpisovanjem prometnih obtežb mora k razvoju in izhodu iz gospodarske krize prispevati tudi inženirska stroka.

## 4 • LITERATURA

Bargmann, H., Historische Bautabellen, str. 96–101, Werner Verlag 2013.

BBO, Bayrische Bauordnung, [http://hivobau.de/files/1924\\_din\\_1072\\_strassenbruecken\\_belastungsannahmen.pdf](http://hivobau.de/files/1924_din_1072_strassenbruecken_belastungsannahmen.pdf), 1924.

BRD; Bundesrepublik Deutschland, Richtlinie zur Nachrechnung von Strassenbruecken im Bestand, Bundesministerium fuer Verkehr, Bau und Stadtentwicklung – Abteilung Strassenbau, 05/2011.

Cullum, G. W., System of military bridges, New York, D. Van Nostrand 1863, University of Michigan Libraries, Artes Scientia Veritas, 1817.

DIN 1072 (1985) Strassen und Wegbruecken, 1985.

DRC, Družba za raziskave v cestni in prometni stroki, 9. kongres o cestah in prometu, 22.–24. oktober 2008, 25. 11. 2013.

- Furundžić, B., Privremeni tehnički propisi za opterećenje mostova na putovima PTP-5, Građevinska knjiga, Beograd, 1969.
- Haversch, K., Nachrechnen und Verstärken älterer Spannbetonbrücken. Beton und Stahlbeton, letnik 106, št. 2, str. 89–102, Ernst & Sohn, 2011.
- Kadijević, A., Uloga ruskih emigranata u beogradskoj arhitekturi između dva svetska rata, [http://www.arte.rs/sr/umetnici/teoreticari/aleksandar\\_kadijevic-4101/tekstovi/uloga\\_ruskih\\_emigranata\\_u\\_beogradskoj\\_arhitekturi\\_izmedju\\_dva\\_svetska\\_rata-2183/](http://www.arte.rs/sr/umetnici/teoreticari/aleksandar_kadijevic-4101/tekstovi/uloga_ruskih_emigranata_u_beogradskoj_arhitekturi_izmedju_dva_svetska_rata-2183/), 28. 11. 2013.
- Kokol, B., Skrinar, M., Kuhta, M., Prometna obtežba po DIN 1072 in EC1-3, Zborovanje gradbenih konstrukterjev Slovenije, Bled, november 2002. Pz IV, Panzerkampfwagen IV, [http://en.wikipedia.org/wiki/Panzer\\_IV](http://en.wikipedia.org/wiki/Panzer_IV), 15. 11. 2013.
- SFRJ, Socialistična federativna republika Jugoslavija, Pravilnik o tehničkih normativih za određivanje veličine opterećenja mostova, Službeni list 4. 1. 1991.
- Službeni list Kraljevske banske uprave Dravske Banovine št. 32303, 1933.
- SIST, Slovenski inštitut za standardizacijo, SIST EN 1991-2, evropski standard za obtežbe na mostovih, 2004.

## Obvestilo članom IZS MSG, prejemnikom Gradbenega vestnika

Zaradi krčenja finančnih sredstev za izdajanje revije in racionalizacije stroškov bralce Gradbenega vestnika obveščamo, da bomo naročnikom, ki prejema revijo prek članstva v IZS MSG, z januarjem 2015 prenehali pošiljati tiskane izvode publikacije. Revijo bodo člani IZS MSG še naprej lahko prebirali v elektronski obliki na naši spletni strani <http://www.zveza-dgits.si/gradbeni-vestnik>. Do spletne revije je moč dostopati z dodeljenim uporabniškim geslom, za katerega se zaprosi na e-poštni naslov: [gradbeni.vestnik@siol.net](mailto:gradbeni.vestnik@siol.net) in sicer z navedbo imena, priimka, naslova in osebnega e-naslova. Prosilec uporabniško geslo prejme s povratno e-pošto. Člani IZS MSG, ki bi tudi v letu 2015 želeli prejemati tiskane izvode revije, se lahko nanje naročijo, letna naročnina znaša 10,95 EUR (DDV je vključen v ceni) in se jo plača po položnici ob sklenitvi naročniškega razmerja. Naročilnice sprejemamo do 30. 10. 2014 na naslov ZDGITS, Karlovška cesta 3, 1000 Ljubljana ali na e-naslov [gradbeni.vestnik@siol.net](mailto:gradbeni.vestnik@siol.net).

### Naročilnica

Ime in priimek:

Naslov:

e-pošta:

Status: član IZS MSG

<b>UPN</b>		IBAN		Polog	Dvig	Podpis plačnika (neobvezno žig)
Ime plačnika		Referenca		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Namen / rok plačila		Ime in naslov				
Znesek	Koda namena	Namen / rok plačila		Nujno		
EUR ***10,95	ŠUBS	Naročnina Gradbeni vestnik		<input type="checkbox"/>		
IBAN prejemnika in BIC banke prejemnika	Znesek	Datum plačila	BIC banke prejemnika		Izjava	
SI56 0201 7001 5398 955 LJBAS12X	EUR ***10,95		LJBAS12X		<input type="checkbox"/>	
Referenca prejemnika	IBAN		Izjava			
SI00 0	SI56 0201 7001 5398 955		<input type="checkbox"/>			
Ime prejemnika	Referenca		UPN - Univerzalni plačilni nalog			
ZDGITS, Karlovška cesta 3 1000 LJUBLJANA	SI00					
	Ime in naslov					
	ZDGITS, Karlovška cesta 3 1000 LJUBLJANA					
Prostor za vpise ponudnika plačilnih storitev						
Potrditev plačila UPN	Prosimo, ne pišite in ne žigosajte v tem prostoru.		INO d.o.o., Celje, 2010		Obrazec UPN - Univerzalni plačilni nalog	

# PRENOVA ŠTUDIJA VODARSTVA IN OKOLJSKEGA INŽENIRSTVA NA UL FGG

## REFURBISHMENT OF THE STUDY PROGRAMME ON WATER MANAGEMENT AND ECOLOGICAL ENGINEERING AT UL FGG

**prof. dr. Matjaž Mikoš, univ. dipl. inž. grad.**

matjaz.mikos@fgg.uni-lj.si

**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

**Znanstveni članek**

UDK 378.016:502/504(497.4)

**Povzetek** | Leta 1998 smo na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani uvedli prvi univerzitetni program tehniškega varstva okolja v Sloveniji, in sicer je to bil štiriletni univerzitetni študijski program Vodarstvo in komunalno inženirstvo (VKI). Program se je leta 2009 preoblikoval v nov bolonjski dvostopenjski študijski program Vodarstvo in okoljsko inženirstvo (VOI) po shemi tri plus dve. Prispevek prikazuje prenovno študijskega programa VOI ter nakazuje smeri modernizacije in internacionalizacije univerzitetnega študija okoljskega inženirstva na UL FGG in na Univerzi v Ljubljani. Opravljena je bila analiza primerljivih študijskih programov univerzitetnega študija s poudarkom na vodarstvu in okoljskem inženirstvu. Prispevek tudi analizira organizacijsko umeščenost okoljskega inženirstva na odličnih svetovnih univerzah s področja tehnike in inženirstva, kjer je povezava gradbeništva in okoljskega inženirstva v skupen oddelek pogosta oblika organiziranosti.

Ključne besede: okoljsko inženirstvo, univerzitetni študijski programi, varstvo okolja, visoko šolstvo, vodarstvo

**Summary** | In 1998, Faculty of Civil and Geodetic Engineering at the University of Ljubljana introduced the first ever technical studies in environmental protection in Slovenia, namely the four-year university studies Water Management and Communal Engineering (VKI – Vodarstvo in komunalno inženirstvo). In 2009, the study VKI was transformed into a new Bologna two-stage study program Water Management and Environmental Engineering (VOI – Vodarstvo in okoljsko inženirstvo), after the scheme 3 (Bachelor) plus 2 (Master). The paper presents the refurbishment of the VKI studies and indicates the directions of modernization and internationalization of university studies in environmental engineering at UL FGG and the University of Ljubljana. An analysis of comparable university study programmes focused on water management and environmental engineering was done. The paper also analyses the organisational embedment of the field of ecological engineering at excellent world universities in the field of technology and engineering, where the connection between civil engineering and ecological engineering into a joint department is a common organisational form.

Key words: environmental engineering, environmental protection, higher education, university study programmes, water management

## 1 • UVOD

Približujemo se 20. obletnici uvedbe prvega univerzitetnega študija tehniškega varstva okolja v Sloveniji, tj. leta 1998 vpeljanega univerzitetnega študija vodarstva in komunalnega inženirstva (VKI) na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani (UL FGG) (Mikoš, 1998). Zadnji vpis v 1. letnik tega študija je bil v študijskem letu 2008/09, zadnja predavanja v 4. letniku so se izvedla v študijskem letu 2011/12; formalno pa se bo študij končal v študijskem letu 2015/16, ko bodo diplomirali po tem študijskem programu še zadnji študentje. V okviru dela pri raziskovalnem projektu RAZKORAK, ki ga v letih 2011–2014 financira Javna

agencija za raziskovalno dejavnost Republike Slovenije (ARRS), smo že podrobno analizirali dosežke študija VKI (Mikoš, poslano v objavo). Študij VKI je pomenil uvajanje študija okoljskega inženirstva na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani ter s tem v slovenski akademski in gospodarski prostor.

Pomen okoljskega inženirstva se je na UL FGG od leta 1998 stalno povečeval, danes imamo na fakulteti tri habilitacijska področja: Gradbeništvo in okoljsko inženirstvo (ang. Civil and Environmental Engineering), Geodezija in geoinformatika (ang. Geodesy and Geoinformatics) ter Načrtovanje in urejanje prostora

(ang. Spatial Planning and Management). V širokem habilitacijskem področju Gradbeništvo in okoljsko inženirstvo so združena naslednja »stara« habilitacijska področja, skupaj 14: geotehnika, gradbena informatika, gradbene konstrukcije, gradbeni materiali, inženirska hidrologija, hidrotehnika, mehanika, mehanika tekočin, okoljsko inženirstvo, operativno gradbeništvo, potresno inženirstvo, prometno inženirstvo, stavbarstvo, zdravstvena hidrotehnika. V habilitacijskem področju Načrtovanje in urejanje prostora pa smo združili komunalno gospodarstvo in prostorsko planiranje.

V prispevku analiziramo nadaljnji razvoj študija Vodarstvo in komunalno inženirstvo v okviru bolonjske prenove študijskih programov v Sloveniji in v luči spodbujanja internacionalizacije na Univerzi v Ljubljani.

## 2 • NADALJNI RAZVOJ ŠTUDIJA OKOLJSKEGA INŽENIRSTVA NA UL FGG

### 2.1 Prenova študija VKI v VOI

V okviru bolonjske prenove študijskih programov na UL FGG smo leta 2008 dotedanji štiri letni univerzitetni študijski program Vodarstvo in komunalno inženirstvo (VKI) preoblikovali v dvostopenjski študij Vodarstvo in okoljsko inženirstvo (VOI) po sistemu tri plus dve. S to spremembo smo se prilagodili tovrstnim programom v Sloveniji in širše v Evropi, kjer se je večina starih univerzitetnih programov, ki so trajali od osem do devet semestrov, preoblikovala v dvostopenjske študije zaradi zahteve po izobraževanju prvostopenjskih diplomantov (univerzitetnih diplomiranih inženirjev (UN) in diplomiranih inženirjev (VS)) za manj zahtevna dela in drugostopenjskih diplomantov (magistrov inženirjev) za bolj zahtevna dela, v skladu z gradbeno zakonodajo, ki objekte deli na zahtevne, manj zahtevne, nezahtevne in enostavne – 8. člen Zakona o graditvi objektov (RS, 2012), o razvrščanju objektov in ustrezni podzakonski akt (RS, 2008). Tovrstna ureditev študija okoljskega inženirstva naj bi omogočila prehajanje med poklici, ko bi se na drugo stopnjo lahko vpisali tudi drugi diplomanti s končanimi prvimi stopnjami zunaj okoljskega inženirstva (recimo kemijski inženirji, biologi, gozdarji ...).

Prvi vpis v prenovljeni študijski program VOI smo izvedli v študijskem letu 2009/10

in do konca študijskega leta 2013/14 pričakujemo prvega magistra inženirja okoljskega gradbeništva (to je akreditirani strokovni naslov na magistrskem študijskem programu VOI).

### 2.2 Mednarodna akreditacija in domača reakreditacija študija VOI

Leta 2012 je Univerza v Ljubljani pridobila sedemletno reakreditacijo v Nacionalni agenciji Republike Slovenije za kakovost v visokem šolstvu in UL FGG je v fazi, ko postopoma reakreditira posamezne študijske programe prve in druge stopnje. V postopkih reakreditacije je UL FGG naredila le manjše spremembe bolonjskih študijskih programov, saj smo jih izvajali šele prvič od začetka do konca (pet let). Izkušnje, ki smo jih pridobili v teh letih po uvedbi bolonjskih študijskih programov (torej po študijskem letu 2007/08, ko smo uvedli prve prvostopenjske študijske programe), bomo nadgradili z zaključki mednarodne evalvacije, ki poteka na UL FGG. V okviru projekta Kakovost na Univerzi v Ljubljani (KUL 2012-2015; [http://www.uni-lj.si/o\\_univerzi\\_v\\_ljubljani/kakovost/projekt\\_kul/](http://www.uni-lj.si/o_univerzi_v_ljubljani/kakovost/projekt_kul/)) poteka mednarodna evalvacija fakultete in njenih študijskih programov, ki jo izvaja v okviru dela pri tem projektu izbrana mednarodna agencija (ASIIN e. V., Düsseldorf, Nemčija; [www.asiin.de](http://www.asiin.de)). V nadaljevanju

je želja UL FGG, da pristopi še k akreditaciji svojih študijskih programov in gre po poti Fakultete za strojništvo UL, ki je akreditirala svoje študijske programe leta 2013. Pregled na svetovnem spletu namreč pove, da je akreditacijo svojih študijskih programov od agencije ASIIN e. V. pridobilo preko 3000 študijskih programov, veljavno akreditacijo pa ima preko 2000 študijskih programov. Zaradi zaostrovanja v visokem šolstvu in hitenja ustanov na tem področju k večji internacionalizaciji, kakovosti na različnih lestvicah in sploh večji mednarodni prepoznavnosti in konkurenčnosti, pridobivanje tovrstnih akreditacij ni več stvar prestiža, temveč vse bolj postaja nujnost. Hiter vpogled na podeljene akreditacije ASIIN pove, da so na primer akreditirani študij gradbeništva na Univerzi v Zagrebu, študij strojništva na Fakulteti za strojništvo UL in na Univerzi v Beogradu ter študij elektrotehnike in računalništva na Univerzi v Sarajevu. Menimo, da je nujno, da UL FGG pridobi ASIIN-akreditacijo za svoje študijske programe in s tem poveča svojo mednarodno primerljivost. Za okoljsko inženirstvo, ki mu je namenjen ta prispevek, predlagamo primerne študijske programe za primerjavo in pripravo prenove obstoječih študijskih programov na UL FGG, konkretno študija Vodarstva in okoljskega inženirstva, naslednje uveljavljene tuje študijske programe na znanih univerzah:

a. Environmental Engineering (B.Sc & M.Sc. Umweltingenieurwissenschaften) na ETH v Zürichu, Švica;

- b. Environmental Engineering (B.Sc. & M.Sc. Umweltingenieurwesen) na Tehniški univerzi Braunschweig, Nemčija in na Tehniški univerzi v Münchnu, Nemčija;
- c. Environmental Engineering (B.Sc. & M.Sc. Umweltingenieurwissenschaften) na RWTH v Aachnu, Nemčija in na TU Darmstadt, Nemčija;
- d. Civil and Environmental Engineering (B.Sc. Bau- und Umweltingenieurwesen) na Tehniški univerzi Hamburg-Harburg, Nemčija;
- e. Water and Environmental Engineering (M.Sc. Wasser- und Umweltingenieurwesen) na Tehniški univerzi Hamburg-Harburg, Nemčija;
- f. Water Management (B.Eng. & M.Eng. Wasserwirtschaft) na Hochschule Magdeburg-Stendal, Nemčija, in
- g. Environmental Civil Engineering (B.Sc.) na Glasgow Caledonian University, Glasgow, Škotska, VB.

Pregled primerljivih študijskih programov v Evropi, ki jih je v okviru reakreditacije študijskih programov nujno navesti in primerjati s predloženim študijskim programom VOI, kaže na zanimive študijske programe okoljskega inženirstva in na možnost samostojnega študijskega programa že na prvi stopnji (baka-laureat – B.Sc.). Ker je v Sloveniji voda izrazita prednostna naravna danost, ki je obenem zelo ranljiva in ogrožena (Volfand, 2011), je povsem logično, da se tej naravni dobrini na področju tehniških ved posveti samostojen študijski program in se vsebine vodarstva dopolnijo z vsebinami okoljskega inženirstva, ki se lahko umestijo v gradbeništvo – zato tudi poimenovanje diplomantov študija VOI na prvi stopnji z univerzitetnimi diplomiranimi inženirji okoljskega gradbeništva in na drugi stopnji z magistri inženirji okoljskega gradbeništva. Ob tem je nujno poudariti, da sta za okoljsko inženirstvo v nasprotju s klasičnim gradbeništvom (ang. civil engineering) nujna interdisciplinarni pristop in znanje (Semerjian, 2004) in da morajo bodoči inženirji okoljskega inženirstva pridobiti znanja okoljskega inženirstva, okoljskih znanosti in družboslovnih znanosti (Morgenroth, 2004). Posebno zanimiv je magistrski študijski program (magisterij – M.Sc.) na področju okoljskega inženirstva, ki ga ponuja Tehniška univerza v Münchnu (Disse, 2013). Ta program ponuja možnosti vsem tistim študentom, ki jih bolj zanimajo naravoslovne znanosti ali inženirska znanja, ki presegajo gradbeništvo. Tako študijski program na TU München ponuja

bodočim okoljskim inženirjem z usmeritvijo v vodarstvo naslednje tri usmeritve:

- a. urbano okolje in transport, ki se usmerja v preskrbo s pitno vodo, čiščenje odpadnih voda in upravljanje odpadkov;
- b. okoljska tveganja in upravljanje virov, ki se usmerjajo v modeliranje poplav in upravljanje poplavnih tveganj, v geološko pogojena tveganja in širjenje onesnaževal;
- c. kakovost okolja in obnovljivi viri energije in se usmerja v upravljanje vodnih virov, ponovno rabo voda in vodne moči.

Lahko ugotovimo, da je to zelo primerljiv študijski program programu VOI na UL FGG. Pri odgovoru na vprašanje, kam in kako naprej na UL FGG z razvojem okoljskega inženirstva, smo najprej želeli pogledati organiziranost tega področja na univerzah po svetu. Za primerjavo, kako je študij okoljskega inženirstva urejen v svetu, smo najprej pripravili seznam odličnih svetovnih univerz s področja tehnike in inženirstva ter pregledali, kam je umeščen študij okoljskega inženirstva na njih.

### 2.3 Svetovne lestvice odličnosti univerz

V zadnjem desetletju so se na svetovnem spletu pojavile vse številnejše primerjalne lestvice kakovosti univerz na svetu. Neposredne primerjave med njimi niso možne, ker so kazalniki kakovosti posameznih univerz, ki jih upoštevajo te lestvice, med lestvicami različne. Če se omejimo le na najbolj razširjene in največkrat uporabljane v akademskem okolju, so to naslednje:

- a. univerza Shanghai Jiao Tong, imenovana tudi Šangajska lestvica (ARWU – Academic Ranking of World Universities)
- b. QS World University Ranking (Quacquarelli Symonds Ltd.)
- c. Times Higher Education World University Rankings & World Reputation Rankings

Za našo obravnavo so predvsem zanimive tiste lestvice, ki nudijo tudi rangiranje univerz po področjih. Tako smo za našo analizo izbrali tudi lestvici ARWU (inženirstvo/Engineering), QS World University Ranking (inženirstvo in tehnologije/Engineering and Technology; posebno še gradbeništvo in konstruktiva/Civil & Structural Engineering) in Times Higher Education (inženirstvo in tehnologija/Engineering & Technology). Rezultate pregleda prikazujemo v preglednici 1, kjer smo izbrali preko 40 najboljših svetovnih univerz po treh izbranih lestvicah.

Zavedamo se, da je lestvic rangiranja svetovnih univerz že zelo veliko in da je v veliki meri tako rangiranje namenjeno tudi odnosom z javnostjo in dvigovanju ugleda univerz in morda manj povsem objektivno in dejanski prikaz kakovosti posameznih univerz v njihovi kompleksnosti (Safon, 2013). Zato tudi za posamezne letvice ne navajamo podrobno parametrov vrednotenja posameznih univerz, čeprav ima vsaka taka lestvica te podatke javno objavljene in si jih lahko bralec članka ogleda na spletu. Za našo obravnavo okoljskega inženirstva je tako manj pomembno, ali se na teh različnih lestvicah pojavljajo ena in ista imena univerz (kar v veliki meri drži in kaže na primerjalno težo različnih rangiranj), kot to, da je na večini univerz, ki so v vrhu izbranih lestvic odličnih svetovnih univerz s področja tehnike in inženirstva in podrobneje gradbeništva, okoljsko inženirstvo tesno povezano z gradbeništvom. To se kaže v organiziranosti obravnavanih odličnih svetovnih univerz, ki imajo kot poseben oddelek ali fakulteto prav oddelek za gradbeništvo in okoljsko inženirstvo (angl. Civil and Environmental Engineering). Zanimivi so tudi podatki o letnici ustanovitve univerze in razmerju med vpisanimi študenti in številom akademskega osebja. Ti podatki so zbrani iz različnih virov, deloma neposredno iz objav univerz na spletu, njihovih letnih poročil ali neposredno iz primerjalnih lestvic, kajti nekatere lestvice navajajo tudi ta podatke. Ker so podatki iz različnih let, ne gre za absolutno medsebojno primerjavo, nakazujejo pa znano dejstvo, da v odličnosti prednjačijo bogate zasebne univerze z odličnim razmerjem študent–pedagog (manj kot deset).

Z analizo vpetosti okoljskega inženirstva je potrjena domneva (hipoteza), da je bila pravilna odločitev leta 1998, ko smo na Oddelku za gradbeništvo UL FGG uvedli prvi univerzitetni študij tehniškega varstva okolja s poudarkom na vodah, ko so tovrstni študiji v Evropi bili še relativno redki (Alha, 2000). Pravilna se zdi tudi odločitev, da smo na UL FGG v okviru prenove organiziranosti leta 2009 ustanovili tretji oddelek: Oddelek za okoljsko gradbeništvo (angl. Environmental Civil Engineering) (Majes, 2009). Rezultati opravljene analize sicer govorijo v prid enotnega oddelka za gradbeništvo in okoljsko inženirstvo, vendar bi v tem primeru tak oddelek bil prevelik v primerjavi z Oddelkom za geodezijo na UL FGG. Če bi seveda gradbeništvo in geodezija bila sestavni del večje tehniške fakultete, bi enotni oddelek za gradbeništvo in okoljsko inženirstvo bil smiseln.

Univerza	Država	Leto ustanovitve	Akademsko osebje (št. profesorjev)/ št. vseh študentov*	ARWU 2013 Eng	QS 2013 Eng/Tech	QS 2013/14 Civil & Struct	THE 2013/14 Eng/Tech	THE 2014 Reputation	Oddelek, ki pokriva okoljsko inženirstvo
University of New South Wales	Avstralija	1949	?/49.000	51.-75.	33.	15.	68.	91.-100.	Faculty of Engineering, School of Civil and Environmental Engineering <a href="http://www.engineering.unsw.edu.au/civil-engineering/">www.engineering.unsw.edu.au/civil-engineering/</a>
University of Sydney	Avstralija	1850	3.000/49.000	51.-75.	50.	12.	50.	61.-70.	School of Civil Engineering <a href="http://sydney.edu.au/engineering/civil/">http://sydney.edu.au/engineering/civil/</a>
Vienna University of Technology	Avstrija	1815	1.800/17.600	-	132.	101.-150.	96.	-	Nimajo posebnega oddelka Research Center Energy and Environment
Hong Kong Polytechnic University	Hongkong (Kitajska)	1937	3.618(1250)/32.676	76.-100.	70.	16.	89.	-	Faculty of Construction and Environment, Dept. of Civil and Environmental Engineering <a href="http://www.cce.polyu.edu.hk/">http://www.cce.polyu.edu.hk/</a>
Hong Kong University of Science and Technology (HKUST)	Hong Kong (Kitajska)	1988	?(627)/12.596	34.	19.	17.	21.	51.-60.	School of Engineering, Dept. of Civil and Environmental Engineering <a href="http://www.seng.ust.hk/web/eng/">http://www.seng.ust.hk/web/eng/</a>
University of Hong Kong (HKU)	Hongkong (Kitajska)	1911	9.771(6.094)/27.005	101.-150.	48.	8.	42.	43.	Faculty of Engineering, Dept. of Civil Engineering <a href="http://www.civil.hku.hk/">http://www.civil.hku.hk/</a>
Politecnico di Milano	Italija	1863	2.526(1.180)/37.900	151.-200.	28.	18.	83.	-	Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (Department of Civil and Environmental Engineering) <a href="http://www.dica.polimi.it/en/">http://www.dica.polimi.it/en/</a>
Kyoto University	Japonska	1897	5.444(2.836)/22.759	36.	42.	7.	39.	19.	Faculty of Engineering, Dept. of Global Engineering <a href="http://www.f.kyoto-u.ac.jp/en/divisions/undergraduate/sge">www.f.kyoto-u.ac.jp/en/divisions/undergraduate/sge</a> Graduate School of Eng, Dept. of Environmental Eng – <a href="http://www.f.kyoto-u.ac.jp/en/divisions/departments/env">www.f.kyoto-u.ac.jp/en/divisions/departments/env</a>
Tokyo Institute of Technology	Japonska	1881	1.924(1.324)/10.036	42.	42.	31.	58.	51.-60.	School of Engineering Dept. of Civil and Environmental Engineering <a href="http://www.cv.titech.ac.jp/english/">http://www.cv.titech.ac.jp/english/</a>
University of Tokyo	Japonska	1887	7.672(3.919)/28.113	101.-150.	19.	3.	27.	11.	Faculty of Engineering Department of Civil Engineering <a href="http://www.civil.t.u-tokyo.ac.jp/en/">http://www.civil.t.u-tokyo.ac.jp/en/</a>
University of Toronto	Kanada	1827	11.581(6.017)/82.012	12.	25.	44.	22.	20.	Faculty of Applied Science and Engineering, Division of Environmental Eng and Energy Systems <a href="http://www.energy.engineering.utoronto.ca/">http://www.energy.engineering.utoronto.ca/</a>
Tongji University	Kitajska	1907	?(2559)/36.000	151.-200.	205.	18.	-	-	College of Environmental Science and Engineering <a href="http://www.tongji.edu.cn/">http://www.tongji.edu.cn/</a>
Tsinghua University	Kitajska	1911	7.234(3.133)/31.708	34.	12.	13.	24.	36.	School of Environment, Department of Environmental Engineering <a href="http://www.tsinghua.edu.cn">www.tsinghua.edu.cn</a>
Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST)	Koreja	1971	1.462(1.140)/10.249	44.	36.	45.	25.	51.-60.	College of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering <a href="http://civil.kaist.ac.kr/eng/index.html">http://civil.kaist.ac.kr/eng/index.html</a>
Karlsruhe Institute of Technology (KIT)	Nemčija	(1825)/2009	11.025(7.177)/22.146	76.-100.	33.	33.	52.	-	Department of Civil Engineering, Geo- and Environmental Sciences <a href="http://www.bgu.kit.edu/english/index.phr">http://www.bgu.kit.edu/english/index.phr</a>
RWTH Aachen University	Nemčija	1880?	8.047(4.988)/40.025	151.-200.	28.	51.-100.	39.	91.-100.	Fakultät für Bauingenieurwesen Bachelor & Master of Science in Umweltingenieurwissenschaften <a href="http://www.fb3.rwth-aachen.de/cms/Bauingenieurwesen/">http://www.fb3.rwth-aachen.de/cms/Bauingenieurwesen/</a>

Technical University Munich (TUM)	Nemčija	1868	9.704(?) / 35.797	51.-75.	17.	51.-100.	26.	61.-70.	Ingenieur fakultät Bau Geo Umwelt <a href="http://www.bgu.tum.de/">http://www.bgu.tum.de/</a>
Delft University of Technology	Nizozemska	1842	5.655(3.375) / 19.500	101.-150.	15.	4.	23.	42.	Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Department of Geoscience & Engineering Department of Geoscience & Remote Sensing <a href="http://www.citg.tudelft.nl/">http://www.citg.tudelft.nl/</a>
Nanyang Technological University (NTU)	Singapur	1981	4.200(2.500) / 33.500	47.	14.	8.	33.	91.-100.	College of Engineering, School of Civil and Environmental Engineering <a href="http://www.cee.ntu.edu.sg/">http://www.cee.ntu.edu.sg/</a>
National University of Singapore (NUS)	Singapur	1905	9.764(2.196) / 33.000	51.-75.	7.	11.	13.	21.	Faculty of Engineering, Dept. of Civil and Env Eng (CEE) <a href="http://www.eng.nus.edu.sg/cee/">http://www.eng.nus.edu.sg/cee/</a>
Royal Institute of Technology (KTH)	Švedska	1827	4.800(2.900) / 14.300	51.-75.	27.	41.	34.	-	School of Architecture and the Built Environment, Department of Civil and Architectural Engineering, Department of Sustainable development, Environmental science and Engineering <a href="http://www.kth.se/en/abe/om-skolan/organisation/inst/see/">http://www.kth.se/en/abe/om-skolan/organisation/inst/see/</a>
Swiss Federal Institute of Technology of Lausanne (EPFL)	Švica	1853	5.109(3.529) / 8.442	15.	8.	20.	15.	49.	ENAC - School of Architecture, Civil and Environmental Engineering <a href="http://enac.epfl.ch/">http://enac.epfl.ch/</a>
Swiss Federal Institute of Technology of Zurich (ETH Zurich)	Švica	1855	7.662(4.753) / 17.781	39.	5.	14.	8.	16.	Dept. of Civil, Environmental and Geomatic Engineering <a href="http://www.baug.ethz.ch/">www.baug.ethz.ch/</a>
National Taiwan University (NTU)	Tajvan	1928	?(3.882) / 33.416	26.	57.	32.	63.	51.-60.	College of Engineering, Department of Civil Engineering, Graduate Institute of Environmental Engineering (formerly Division of Sanitary Engineering, Graduate Institute of Civil Engineering) <a href="http://homepage.ntu.edu.tw/~gjee/e_Index.htm">http://homepage.ntu.edu.tw/~gjee/e_Index.htm</a>
Imperial College of Science, Technology and Medicine	VB	1907	1.200 / 13.000	19.	6.	1.	9.	13.	Faculty of Engineering, Dept. of Civil and Env Eng <a href="http://www3.imperial.ac.uk/civilengineering/">http://www3.imperial.ac.uk/civilengineering/</a>
University of Cambridge	VB	1318	8.500 / 18.300	14.	3.	22.	6.	4.	Dept. of Engineering, Division of Civil Engineering <a href="http://www.eng.cam.ac.uk/research/academic-divisions/civil-engineering/">www.eng.cam.ac.uk/research/academic-divisions/civil-engineering/</a>
California Institute of Technology	ZDA	1891	300 / 2.300	20.	10.	51.-100.	4.	9.	Division of Applied Science and Engineering, Dept. of Environmental Science and Engineering <a href="http://ese.caltech.edu/">http://ese.caltech.edu/</a>
Carnegie Mellon University (CMU)	ZDA	1900	? / 11.300	8.	19.	101.-150.	12.	29.	Carnegie Institute of Technology (College of Engineering), Department of Civil and Geodetic Engineering <a href="http://www.ce.cmu.edu/">http://www.ce.cmu.edu/</a>
Georgia Institute of Technology (Georgia Tech)	ZDA	1885	900 / 20.000	9.	13.	35.	11.	38.	College of Engineering, School of Civil and Environmental Engineering <a href="http://www.ce.gatech.edu/">http://www.ce.gatech.edu/</a>
Massachusetts Institute of Technology (MIT)	ZDA	1861	? / 10.000	1.	1.	5.	1.	2.	School of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering <a href="http://cee.mit.edu/">http://cee.mit.edu/</a> <a href="http://engineering.mit.edu/departments/cee/">http://engineering.mit.edu/departments/cee/</a>



Northwestern University	ZDA	1851	2.500/16.000	17.	37.	51.-100.	19.	37.	McCormick School of Engineering Dept. of Civil and Environmental Engineering <a href="http://www.civil.northwestern.edu/">http://www.civil.northwestern.edu/</a>
Pennsylvania State University - University Park	ZDA	1855	6.000/94.000	11.	66.	101.-150.	56.	39.	College of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering <a href="http://www.engr.psu.edu/ce/">http://www.engr.psu.edu/ce/</a>
Purdue University - West Lafayette	ZDA	1869	2.700/40.000	10.	40.	23.	50.	48.	College of Engineering, School of Civil Engineering, Division of Environmental Engineering <a href="http://engineering.purdue.edu/CE/">http://engineering.purdue.edu/CE/</a>
Stanford University	ZDA	1885	?(2.043)/15.877	2.	2.	24.	2.	3.	School of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering <a href="http://cee.stanford.edu/">http://cee.stanford.edu/</a>
University of California, Berkeley	ZDA	1868	?/36.000	3.	4.	2.	3.	6.	College of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering <a href="http://www.ce.berkeley.edu/">http://www.ce.berkeley.edu/</a>
University of California, Los Angeles (UCLA)	ZDA	1919	?(4.016)/41.812	32.	16.	51.-100.	10.	10.	Department of Civil and Environmental Engineering <a href="http://cee.ucla.edu/">http://cee.ucla.edu/</a>
University of California, Santa Barbara (UCSB)	ZDA	1909	1.000/23.000	6.	124.	-	20.	61.-70.	Bren School of Environmental Science & Management <a href="http://www.bren.ucsb.edu/">http://www.bren.ucsb.edu/</a>
University of California, San Diego	ZDA	1903	1.000/29.000	13.	63.	30.	43.	40.	Jacobs School of Engineering, Dept. of Mechanical and Aerospace Engineering <a href="http://maeweb.ucsd.edu/enviroeng/">http://maeweb.ucsd.edu/enviroeng/</a>
University of Illinois at Urbana-Champaign	ZDA	1867	?/43.000	5.	25.	6.	18.	23.	College of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering <a href="http://cee.illinois.edu/">http://cee.illinois.edu/</a>
University of Maryland, College Park	ZDA	1856	4.000/37.000	16.	136.	101.-150.	70.	81.-90.	A. James Clark School of Engineering, Dept. of Civil and Environmental Engineering <a href="http://www.civil.umd.edu/">http://www.civil.umd.edu/</a>
University of Michigan - Ann Arbor	ZDA	1817	?/58.000	7.	22.	49.	16.	15.	College of Engineering, Department of Civil and Environmental Engineering <a href="http://cee.engin.umich.edu/">http://cee.engin.umich.edu/</a>
University of Texas at Austin	ZDA	1883	24.000/50.000	4.	22.	10.	14.	33.	Cockrell School of Engineering, Dept. of Civil, Architectural and Environmental Engineering <a href="http://www.cae.utexas.edu/">http://www.cae.utexas.edu/</a>
Graz University of Technology	Avstrija	1811	1.168/12.323	-	198.	151.-200.	-	-	Technische Universität Graz, Fakultät für Bauingenieurwissenschaften <a href="http://bau.tugraz.at/">http://bau.tugraz.at/</a>

\* Podatke o akademskem osebju in številu vseh študentov je treba razumeti orientacijsko, saj primerljivih in popolnih podatkov ni enostavno pridobiti (različne ustanove različno poročajo o številu akademskega osebja), še toliko bolj, da bi se nanašali recimo na isto akademsko leto – vsekakor pa podatki kažejo na to, da številne (zasebne) odlične univerze izkazujejo nizka razmerja med številom študentov na učitelja, idealno se zdi, da je razmerje deset študentov na učitelja, odvisno je to razmerje nadalje še od razsikovalne odličnosri univerze in ali univerza nudi študijske programe tudi na 1. stopnji (bakalaur) ali samo na magistrski in doktorski stopnji.

Preglednica 1 • Pregled uvrstitev najelitnejših svetovnih univerz na različnih lestvicah: ARWU-lestvici za leto 2013 za inženirstvo/tehnologije in računalniške znanosti (ARWU, 2014), QS-lestvici za leto 2013 za inženirstvo in tehnologije (QS, 2014a) in za leto 2013/14 za gradbeništvo (QS, 2014b), THE-lestvici za leto 2013/14 za inženirstvo in tehnologije (THE, 2014a) in na lestvici svetovnega ugleda za leto 2014 (THE, 2014b)

## 2.4 Skupni ERASMUS MUNDUS magistrski študijski program Flood Risk Management

Na UL FGG od leta 2010 sodelujemo pri izvedbi magistrskega študijskega programa upravljanja poplavnih tveganj (Flood Risk Management), ki poteka v okviru programa Erasmus Mundus (<http://www.unesco-ihe.org/msc-programmes/specialization/flood-risk-management-0/>). V šolskem letu 2014/15 bo vpisana četrta generacija študentov. Zanimanje je veliko, kandidatov za štipendijo Erasmus Mundus, ki pokrije stroške študija, pa precej več od 20 vpisnih mest. Pri izvedbi programa sodelujejo naslednje univerze:

- UNESCO – IHE Institute for Water Education, Delft, Nizozemska (koordinatorica programa, ustanovitev 1958)
- Technical University of Dresden (TU Dresden, ustanovitev 1828), Nemčija
- Technical University of Catalonia (Universitat Politècnica de Catalunya – BarcelonaTech UPC, ustanovitev 1450), Španija
- Univerza v Ljubljani, FGG (ustanovitev 1919)

UL FGG v okviru študija ponuja študentom tematično o prostorskem planiranju ter socio-ekonomskih in institucionalnih okvirih upravljanja poplavnih tveganj. Ob prenovi študija, ki je načrtovan za leto 2015, je možno, da bi UL FGG ponudila še dodatne vsebine s področja upravljanja tveganj (zemeljski plazovi in hudournišтво) ter erozije in sedimentacije (hidrometrija, upravljanje sedimentov). V kako kakovostni mednarodni družbi univerze se je znašla UL FGG pri izvedbi mednarodnega magistrskega študija Flood Risk Management? Na lestvici ARWU Academic Ranking of World Universities 2013 je TU Dresden na 201.–300. mestu in UL na 401.–500. mestu, pri inženirstvu (ENG) pa je edina uvrščena TU Dresden na 151.–200. mesto. Na lestvici QS World Universities Ranking 2013 je TU Dresden na 262. mestu, Barcelona Tech na

345. mestu in UL na 551.–600. mestu, IHE je preveč specializirana in se ni uvrstila na to lestvico. Na lestvici QS World Universities Ranking 2013 na področju inženirstva je Barcelona Tech celo na 76. mestu na svetu, TU Dresden na 77. mestu, na področju Civil & Structural Engineering je Barcelona Tech na 47. mestu na svetu, TU Dresden pa na 151.–200. mestu.

Na lestvici 4th International Colleges and Universities ([www.4iuc.org](http://www.4iuc.org)) je na lestvici 2014 Univerza v Ljubljani uvrščena na 141. mesto, Barcelona Tech na 161. mesto, TU Dresden na 235. mesto, TU Graz na 363. mesto, Univerza v Beogradu na 575. mesto, Univerza v Zagrebu na 646. mesto, Univerza v Brescii na 720. mesto, UNESCO-IHE na 1209. mesto. Na lestvici THE World University Rankings je TU Dresden na 251.–275. mestu na svetu. Lahko zaključimo, da je UL FGG v odlični družbi drugega kakovostnega svetovnega razreda univerz, ki presegajo lokalne okvire in se približujejo boljšim na kontinentalni ravni. Tovrstnih priložnosti za krepitev akademskega ugleda UL ne bi smela izpustiti iz rok in bi morala bolj odločno zakorakati v smer internacionalizacije, predvsem tudi pri doktorskem študiju.

Obraavnani magistrski študijski program Flood Risk Management namreč ni edina možnost povezovanja okoljskega inženirstva na UL FGG v mednarodni učni prostor. Prednost takega povezovanja je v tem, da z akreditiranim mednarodnim študijskim programom, ki je prvenstveno namenjen tujim študentom, izrazito spodbujamo internacionalizacijo UL FGG: internacionalizacija za mednarodni pretok znanja in prepoznavnost je eno od petih strateških prednostnih področij delovanja Univerze v Ljubljani v obdobju 2012–2020 (Pejovnik, 2012). Obenem pa mednarodni program omogoča opravljanja dela akreditiranih študijskih programov (predvsem na drugi stopnji) v tujem jeziku brez kolizije z ustavno določbo, da je slovenščina uradni jezik v Republiki Sloveniji. Razpisi za pospeševanje

mednarodnega sodelovanja, kot je recimo ERASMUS+, so idealna priložnost za spodbujanje povezovanja študijskih programov z dobrimi univerzami v tujini s ponudbo skupnih diplom (ang. Joint Degree).

## 2.5 Prenova interdisciplinarnega doktorskega študija Varstvo okolja na Univerzi v Ljubljani

Možnosti za internacionalizacijo okoljskega inženirstva obstajajo tudi na področju interdisciplinarnega doktorskega študijskega programa Varstvo okolja ([http://www.uni-lj.si/studij/studijski\\_programi/podiplomski\\_studij\\_3\\_stopnja/varstvo\\_okolja/](http://www.uni-lj.si/studij/studijski_programi/podiplomski_studij_3_stopnja/varstvo_okolja/)) z željo, da se ponudi v angleškem jeziku kot Interdisciplinary university doctoral programme in Environmental protection (spletna različica: <http://envprotect.com/>). V tem doktorskem programu sodeluje kot ena od 13 članic Univerze v Ljubljani tudi UL FGG. Ta doktorski študij je eden od 21 doktorskih študijskih programov na Univerzi v Ljubljani in primer združevanja naporov posameznih članic (fakultet) ponuditi moderne in kakovostne doktorske študije, ki presegajo okvire posamezne članice. Prenova doktorskega študija naj bi šla v širitev področja varstva okolja s področjem obvladovanja tveganj ter v smeri ponudbe programa v angleškem jeziku in pridobivanje več tujih študentov, tudi z delno izvedbo na daljavo (ang. *blended lectures*). Uvajanje hibridnih tehnik učenja, ki vsebujejo različne pristope in omogočajo vsaj delno izvedbo pouka na daljavo, spreminjajo vlogo učiteljev (ang. *teacher*) v t.i. posrednike (ang. *facilitator*) (<http://www.mindflash.com/elearning/what-is-blended-learning>).

Področje okoljskega inženirstva na UL FGG se torej na prvi in drugi stopnji razvija v okviru študijskega programa Vodarstvo in okoljsko inženirstvo (VOI), na tretji stopnji pa je možnost izbire diplomantov VOI tako doktorski študijski program Varstvo okolja kot tudi doktorski študijski program Grajeno okolje (ang. Built Environment), ki ga skupaj izvajata UL FGG in UL NTF, Oddelek za geologijo.

sedem let in sedaj reakreditira svoje študijske programe; reakreditacija, ki poteka preko Nacionalne agencije za kakovost v visokem šolstvu Republike Slovenije (NAKVIS), bo veljala za obdobje pet let, pridobljena naj bi bila do konca 2014. Kot del Univerze v Ljubljani tudi FGG reakreditira vse svoje študijske programe, obenem pa v okviru posebnega projekta za dvig kakovosti na Univerzi v Ljubljani pridobiva evalvacijo nemške ustanove ASIIN. Po končani

## 3 • SKLEPI

Po uvedbi prvega univerzitetnega študija tehniškega varstva okolja v Sloveniji, to je štiriletnega univerzitetnega študija Vodarstvo in komunalno inženirstvo, ki ga je leta 1998 uvedla Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, je ta študij pred leti doživel

bolonjsko prenovu. Študij se je preoblikoval v dvostopenjski študij po shemi tri (bakalaureat) plus dva (magisterij) ter se preimenoval v študij Vodarstvo in okoljsko inženirstvo (VOI). Univerza v Ljubljani je leta 2012 pridobila akreditacijo akademske ustanove za obdobje

evalvaciji ustanove bo UL FGG poskušala pridobiti še akreditacijo ASIIN za svoje študijske programe, torej tudi študijski program VOI. V prispevku smo poleg postopkov mednarodne akreditacije in domače reakreditacije opisali tudi možnosti mednarodne uveljavitve študijskih programov na UL FGG na področju

okoljskega inženirstva, in sicer s povezovanjem fakultete v skupne mednarodne magistrske študijske programe in v podporo izvajanja univerzitetnega doktorskega študijskega programa Varstvo okolja v angleškem jeziku. Pregled organiziranosti nekaterih najboljših univerz na področju tehnike in inženirstva

v svetu je pokazal, da je bilo povezovanje okoljskega inženirstva in gradbeništva naravna pot v njihovem razvoju. To dejstvo daje spodbudo FGG, da nadaljuje uveljavljanje okoljskega inženirstva v Sloveniji, tudi s krepitevijo modernega univerzitetnega študijskega programa Vodarstvo in okoljsko inženirstvo.

## 4 • ZAHVALA

Prispevek je nastal v okviru raziskovanja pri temeljnem raziskovalnem projektu ARRS, J5-4281, RAZKORAK, Longitudinalna raziskava

kompetenčnega potenciala univerzitetnih diplomantov in razkoraka med aktualiziranimi kompetencami in potrebami na trgu

dela v tehniki, izobraževanju in zdravstvu (2011–2014).

## 5 • LITERATURA

- Alha, K., Holliger, C., Larsen, B.S., Purcell, P., Rauch, W., Environmental engineering education – summary report of the 1st European Seminar. *Water Science and Technology*, letnik 41, št. 2, 1–7, 2000.
- ARWU, Academic Ranking of World Universities in Engineering/Technology and Computer Sciences – 2013, <http://www.shanghairanking.com/FieldENG2013.html>, 31. 1. 2014.
- Disse, M., Drewes, J. E., Rutschmann, P., Presentation of the International Master Programme “Environmental Engineering” at the Technical University Munich (TUM), *Hydrologie und Wasserbewirtschaftung*, letnik 57, št. 3, 94–99, 2013.
- Hahn, H. H., Environmental engineering education in conjunction with or as part of social sciences curricula. *Water Science and Technology*, letnik 41, št. 2, 47–54, 2000.
- Majes, B. (ur.), Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 1989-2009: jubilejni zbornik ob devetdesetletnici Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, UL FGG, Ljubljana, 591 str., 2009.
- Mikoš, M., Na Fakulteti za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani bo stekel nov univerzitetni študijski program “Vodarstvo in komunalno inženirstvo”, *Gradbeni vestnik*, letnik 47, št. 3/4, 86–88, 1998.
- Mikoš, M., Lorber, M., Istenič-Starčič, A., Varstvo okolja v univerzitetnem študiju tehnike: primer študija vodarstva in komunalnega inženirstva, *Geodetski vestnik*, poslano v objavo.
- Morgenroth, E., Daigger, G. T., Ledin, A., Keller, J., International evaluation of current and future requirements for environmental engineering education, *Water Science and Technology*, letnik 49, št. 8, 11–18, 2004.
- Pejovnik, S. (ur.), Odlični in ustvarjalni: strategija Univerze v Ljubljani 2012–2020, Univerza v Ljubljani, Ljubljana, 20 str., 2012.
- QS, QS World University Rankings by Faculty 2013 – Engineering and Technology, <http://www.topuniversities.com/university-rankings/faculty-rankings/engineering-and-technology/2013>, 4. 2. 2014a.
- QS, QS World University Rankings by Subject 2013 - Engineering – Civil & Structural, <http://www.topuniversities.com/university-rankings/university-subject-rankings/2013/engineering-civil-and-structural>, 4. 2. 2014b.
- RS, Uredba o vrstah objektov glede na zahtevnost, *Uradni list RS*, št. 37/2008, 3789–3795, 2008.
- RS, Zakon o graditvi objektov, Zakon o graditvi objektov (ZGO-1E) čistopis, dostopno na <https://zakonodaja.com/zakon/zgo-1>, 2014.
- Safon, V., What do global university rankings really measure? The search for the X factor and the X entity, *Scientometrics*, letnik 97, št. 2, 223–244, 2013.
- Semerjian, L., El-Fadel, M., Zurayk, R., Nuwayhid, I., Interdisciplinary approach to environmental education, *Journal of professional issues in engineering education and practice*, 130, 3, 173–181, 2004.
- THE, The 2013-2014 Times Higher Education World University Rankings’ Engineering and Technology, <http://www.timeshighereducation.co.uk/world-university-rankings/2013-14/subject-ranking/subject/engineering-and-it>, 7. 2. 2014a.
- THE, The 2013-2014 Times Higher Education World Reputation Rankings, <http://www.timeshighereducation.co.uk/world-university-rankings/2014/reputation-ranking/range/01-50>, 14. 3. 2014b.
- Volfand, J. (ur.), Upravljanje voda v Sloveniji. Zbirka Zelena Slovenija, Fit Media, Celje, 268 str., 2011.

# KOLENDAR PRIREDITEV

15.-16.10.2014

**Vodni dnevi 2014**

Kongresni center Metropol, Portorož, Slovenija  
[www.vodnidnevi.si/index.php/si/](http://www.vodnidnevi.si/index.php/si/)

16.-17.10.2014

**Strokovni posvet: Zgradbe, energija in okolje 2014**

Plaza hotel Ljubljana, Slovenija  
<http://kubus.si/>

20.-22.10.2014

**EEBP7 – 7th International Symposium on Environmental Effects on Buildings and People – Actions, Influences, Interactions, Discomfort**

Krakov, Poljska  
<http://psiw.org.pl/eebp7>

23.-25.10.2014

**Expo Tunnel – Underground Technologies and Major Works Exhibition**

Bologna, Italija  
[www.expotunnel.it/index.html?lng=2](http://www.expotunnel.it/index.html?lng=2)

6.-8.11.2014

**International Conference on Sustainable Infrastructure 2014**

Long Beach, Kalifornija, ZDA  
<http://content.asce.org/conferences/icsi2014/index.html>

12.11.2014

**Infrastrukturna konferenca, InfraKon 2014**

Kristalna palača BTC, Ljubljana, Slovenija  
[www.infrakon.si](http://www.infrakon.si)

14.11.2014

**36. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije**

UL Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo Ljubljana, Slovenija  
[www.sdgk.si](http://www.sdgk.si)

10.-21.1.2015

**ICGCE 2015 – 2nd International Conference on Geological and Civil Engineering**

Dubaj, Združeni arabski emirati  
[www.icgce.org](http://www.icgce.org)

19.-24.1.2015

**BAU 2015**

München, Nemčija  
[www.bau-muenchen.com](http://www.bau-muenchen.com)

12.-17.4.2015

**7th World Water Forum**

Daegu-Gyeongbuk, Republika Koreja  
<http://worldwaterforum7.org/en>

14.-17.4.2015

**24. International Mining Congress and Exhibition of Turkey IMCET2015**

Antalya, Turčija  
<http://imcet.org.tr/defaulten.asp>

10.-13.5.2015

**ICSDEC 2015 – International Conference on Sustainable Design, Engineering and Construction**

Chicago, ZDA  
[www.icsdec.com/index.html](http://www.icsdec.com/index.html)

13.-15.5.2015

**IABSE Conference Nara 2015**

Nara, Japonska  
[www.iabse.org/Nara2015](http://www.iabse.org/Nara2015)

25.-29.5.2015

**XVth IWRA World Water Congress**

Edinburgh, Škotska  
[www.worldwatercongress.com](http://www.worldwatercongress.com)

3.-7.6.2015

**5th International Congress on Construction History**

Chicago, ZDA  
[www.5icch.org](http://www.5icch.org)

22.6.-2.7.2015

**XXVIth IUGG General Assembly**

Praga, Češka  
[www.iugg.org/programmes/grants2015.php](http://www.iugg.org/programmes/grants2015.php)

9.-11.7.2015

**International Scientific Conference Road Research and Administration, "CAR 2015"**

Bukarešta, Romunija  
[http://car.utcb.ro/page\\_id=17&lang=en](http://car.utcb.ro/page_id=17&lang=en)

2.-4.11.2015

**6th International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering**

Christchurch, Nova Zelandija  
[www.6icege.com](http://www.6icege.com)

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