





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

UDK-UDC 05 : 625; tiskana izdaja ISSN 0017-2774;  
spletna izdaja ISSN 2536-4332.  
Ljubljana, maj 2019, letnik 68, str. 109-132

Izdajatelj:

**Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS)**, Karlovška cesta 3, 1000 Ljubljana, telefon 01 52 40 200; faks 01 52 40 199 v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (MSG IZS)**, ob podpori **Javne agencije za raziskovalno dejavnost RS, Fakultete za gradbeništvo in geodezijo Univerze v Ljubljani, Fakultete za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo Univerze v Mariboru in Zavoda za gradbeništvo Slovenije**

Izdajateljski svet:

ZDGITS: **mag. Andrej Kerin**, predsednik  
**Dušan Jukič**  
**prof. dr. Matjaž Mikoš**  
IZS MSG: **Gorazd Humar**  
**Ana Brunčič**  
**dr. Branko Zadnik**  
UL FGG: **izr. prof. dr. Sebastjan Bratina**  
UM FGPA: **doc. dr. Milan Kuhta**

Glavni in odgovorni urednik:

**prof. dr. Janez Duhovnik**

Lektor:

**Jan Grabnar**

Lektorica angleških povzetkov:

**Romana Hudin**

Tajnica:

**Eva Okorn**

Oblikovalska zasnova:

**Mateja Goršič**

Tehnično urejanje, prelom in tisk:

**Kočevski tisk**

Naklada:

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

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

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

Letno izide 12 števil. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 23,16 EUR; za študente in upokojene 9,27 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 171,36 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 80,00 EUR. V ceni je 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](mailto: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 **110**

dr. Uroš Krajnc, univ. dipl. inž. grad.

**PODNEBNE SPREMEMBE IN POPLAVNA OGROŽENOST  
URBANIH OBMOČIJ Z LASTNIMI PADAVINSKIMI VODAMI**  
CLIMATE CHANGE AND URBAN PLUVIAL FLOODING RISK

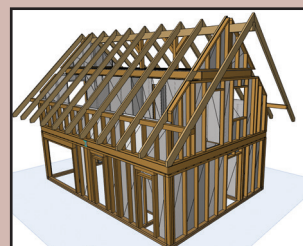


stran **120**

Mitja Furman, mag. inž. grad.

doc. dr. Milan Kuhta, univ. dipl. inž. grad.

**POVEZLJIVOST BIM-MODELA IN CNC-STROJA  
NA PRIMERU LESENE OKVIRNOPANELNE MONTAŽNE HIŠE**  
BIM-MODEL CONNECTION WITH CNC-MACHINE IN CASE  
OF PREFABRICATED TIMBER PANEL HOUSE



stran **128**

Domen Ivanšek, univ. dipl. inž. grad.

**PRAKTIČNE IZKUŠNJE Z NAČRTOVANJEM IN GRADNJO  
PRVE TRAJNOSTNO OVREDNOTENE STAVBE V SLOVENIJI  
S PLATINASTIM DGNB-CERTIFIKATOM**  
PRACTICAL EXPERIENCES WITH DESIGN AND CONSTRUCTION  
OF FIRST SLOVENIAN DGNB PLATINUM CERTIFIED  
SUSTAINABLE BUILDING



## Novi diplomanti

Eva Okorn

## Koledar prireditev

Eva Okorn

Slika na naslovnici: Knauf Insulation Experience Center v Škofji Loki, foto Žare Modlic

# PODNEBNE SPREMEMBE IN POPLAVNA OGROŽENOST URBANIH OBMOČIJ Z LASTNIMI PADAVINSKIMI VODAMI

## CLIMATE CHANGE AND URBAN PLUVIAL FLOODING RISK

dr. Uroš Krajnc, univ. dipl. inž. grad.

urosokrajncster@gmail.com

Koroška 57, 2000 Maribor

Strokovni članek

UDK 551.588.7:696.136(204)

**Povzetek** | V večini srednjeevropskih mest so zgrajeni mešani sistemi kanalizacije. Preplavitve mešanih sistemov kanalizacije se zgodijo zaradi poddimenzioniranih sistemov, ekstremnih padavin in slabo vzdrževanih sistemov. Podnebne spremembe se kažejo v vse večjih ekstremnih padavinah, ki jih mešani sistemi kanalizacije niso sposobni odvajati. Zato imamo v mestih poplave, tudi s smrtnimi žrtvami. Različne strategije za ublažitev teh problemov (zelena mesta, pametna mesta, vodna mesta, modro-zelena infrastruktura) imajo skupen cilj, da se zmanjšajo konice odtoka. Na voljo so ukrepi, kot so zelene strehe, ločeno odvodnjavanje odpadnih in padavinskih voda, zadrževanje in ponikanje padavinskih voda. Obstajajo inženirska orodja (matematični modeli) za načrtovanje gradbenih ukrepov z modeliranjem istočasnega odtoka padavinske vode v kanalizacijskem sistemu in površinskega odtoka. Ključna težava izvedbe potrebnih ukrepov je financiranje teh gradenj in prostorska problematika lociranja teh objektov.

Ključne besede: podnebne spremembe, kanalizacija, poplave v mestih, zelene strehe, modeliranje odtoka, operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode

**Summary** | In most Central European cities, combined sewage systems are built. The overflows of combined sewage systems have the following causes: under dimensioned systems, extraordinary precipitation and poorly maintained systems. Climate changes are manifested in the increasing extreme precipitation that combined sewage systems are not able to drain. That's why we have floods in cities, including fatalities. Several strategies for mitigating these problems (green cities, smart cities, water wise cities, blue-green infrastructure) have a common goal to reduce the rainwater peak. Measures are available such as green roofs, separate drainage of wastewater and rainwater, retention and precipitation of rain waters. There are engineering tools (mathematical models) for planning construction measures by modelling the simultaneous flow of rainwater in the sewer system and surface. The key problems for implementing the necessary measures are the financing of these works and the spatial problems where these facilities are to be located.

Key words: climate changes, sewage system, floods in cities, green roofs, mathematical models, operational programme for the discharge and treatment of urban wastewater



## 1 • PODNEBNE SPREMEMBE

### 1.1 Vpliv podnebnih sprememb

Podnebne spremembe so posledica tako naravnih procesov kot tudi človeških aktivnosti, dogajale so se skozi celotno zemeljsko zgodovino.

Pričakovani ekstremni pojavi v prihodnjem podnebnju so (Dolinar, 2014):

- višja temperatura zraka, zlasti huda vročina poleti,
- večja poletna spremenljivost temperature in padavin,
- več močnih padavinskih dogodkov (na splošno več vodne pare v ozračju), večje izhlapevanje,
- okrepitev hidrološkega cikla – kroženja vode,
- pogostejše zdajšnje 100-letne poplave,
- v naših krajih verjetno znatno povečanje pogostosti poletne suše,
- verjetno večanje števila dni z ugodnimi razmerami za nastanek poletnih neurij.

Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja (ARSO, 2018) podaja naslednje napovedi:

Naraščanje temperature zraka se bo v Sloveniji v 21. stoletju nadaljevalo, velikost dviga pa je zelo odvisna od scenarija izpustov toplogrednih plinov. V primeru optimističnega scenarija izpustov bo temperatura do konca stoletja v primerjavi z obdobjem 1981–2010 zrasla za približno 1,3 °C, v primeru zmerno optimističnega scenarija za približno 2 °C, v primeru pesimističnega scenarija pa za približno 4,1 °C. Verjetno bo najbolj zrasla temperatura pozimi, le nekoliko manj poleti in jeseni, najmanj pa spomladi.

Višina padavin na letni ravni in pozimi se bo po zmerno optimističnem in pesimističnem scenariju izpustov sredi ali konec 21. stoletja znatno povečala. V primeru obeh scenarijev izpustov bo povprečno povečanje letnih padavin konec stoletja v primerjavi z obdobjem 1981–2010 do 20 %. Kazalniki, s katerimi merimo izjemne padavine, kažejo, da se bosta povečali tako jakost kot pogostost izjemnih padavin.

Srednje letne konice pretokov rek se bodo v primerjavi z obdobjem 1981–2010 povečale povsod po državi v povprečju od 20 do 30 %. Povečanje se od bližnje prihodnosti proti koncu stoletja stopnjuje. Največje povečanje konic bo na severovzhodu države, kjer bo v primeru zmerno optimističnega scenarija izpustov znašalo do približno 30 %.

Podnebne spremembe bodo vplivale na počutje in zdravje ljudi ter v splošnem na kakovost življenja. Možne posledice podnebnih sprememb za zdravje ljudi bodo odvisne tako od velikosti in poteka podnebnih sprememb kot tudi od socioekonomskih dejavnikov. Podnebne spremembe bodo povzročale materialne škode, selitve prebivalstva, pomanjkanje hrane in vode, povečano smrtnost in širjenje bolezni. Ženska populacija bo bolj ranljiva. Vročinski valovi bodo usodni predvsem za starostnike, kot je bilo razvidno v Evropi poleti 2003. Podnebne spremembe bodo ogrožale tudi socioekonomski razvoj, demografske tokove, turizem in zdravstveno infrastrukturo. Učinki podnebnih sprememb bodo še posebej izraziti v velikih mestih (Kajfež Bogataj, 2005).

25. septembra 2017 je Inženirska zbornica Slovenije, Odbor regijske pisarne Maribor,

organizirala posvet z naslovom Podnebne spremembe v povezavi s kakovostjo življenja v urbanih območjih. Na posvetu je bilo izpostavljeno, kako se ekstremni vremenski pojavi, kot so poplave, suše, neurja, ekstremno visoke in nizke temperature, pojavljajo z vedno večjo intenziteto in bolj pogosto, kar slabša pogoje življenja in povečuje onesnaženje zraka, vode in tal. Zato je treba ukrepe, vezane na podnebne spremembe, močno vključiti že v urbanistično načrtovanje (Krajnc, 2017).

### 1.2 Evropska zakonodaja in podnebne spremembe

Preprečevanje nevarnih podnebnih sprememb je ključna prednostna naloga Evropske unije. Dolgoročni cilj politike Evropske unije do leta 2050 je znatno zmanjšanje emisij (80–95 % v primerjavi z letom) 1990. Evropska komisija je sprejela strategijo EU za prilagajanje podnebnim spremembam (EU, 2014) in pričakuje od držav članic, da do leta 2017 pripravijo svoje načrte za obvladovanje neizogibnih posledic podnebnih sprememb. Številne države so že pripravile svoje strategije z ukrepi, kot so manjša poraba vode, prilagoditev gradbenih predpisov ter gradnja infrastrukture za obrambo pred poplavami.

### 1.3 Slovenska zakonodaja in podnebne spremembe

Vlada RS je leta 2016 sprejela Strateški okvir prilagajanja podnebnim spremembam (Vlada RS, 2016). Program porabe sredstev Sklada za podnebne spremembe (Vlada RS, 2018) v letu 2019 prvič vsebuje pri postavkah glede prilagajanja podnebnim spremembam tudi postavko Izgradnja in obnova večnamenskih akumulacij v vrednosti 0,5 mio. €. Ni veliko, a prejšnja leta take postavke ni bilo, bili so le ukrepi, povezani s toplogrednimi plini.

sinoptične meteorološke postaje Ljubljana, Maribor, Savico, Šmartno pri Slovenj Gradcu, Novo mesto, Koper, Gamence in Temenico (Kolar, 1983).

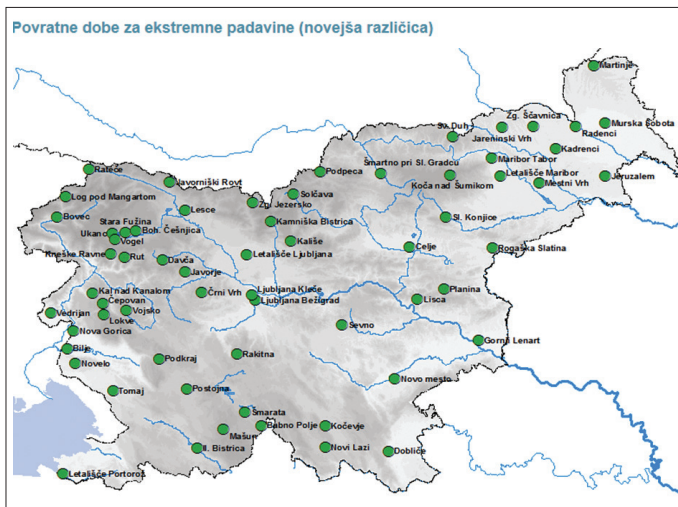
Panjan, Bogatajeva in Kompore (Panjan, 2005) so prikazali rezultate izračunov za vrednotenje padavin na podlagi statistične analize opazovanih nalivov na območju Ljubljane. Primerjavo teh izračunov za nalive povratne dobe 1 leta in 2 let podajamo v preglednici 1.

Takoj so očitna razhajanja med podatki Sketlja in ARSO pri kratkotrajnih nalivih. Ljubljanska Vodovod - Kanalizacija predpisuje v svojih Tehničnih navodilih za kanalizacijo (VOKA Ljubljana, 2019) Sketljeve vrednosti. Glede

## 2 • VPLIV PODNEBNIH SPREMEMB NA PADAVINE

Za dimenzioniranje kanalizacije za padavinske vode so še vedno ključni trije podatki: velikost prispevne površine  $A$ , odtočni koeficient  $\varphi$  in intenziteta padavin (računski naliv)  $i$ . Intenziteta padavini je funkcija časa trajanja naliva ter pogostosti (verjetnosti ali povratni dobi) pojava. Govorimo o tako imenovanih ITP-krivuljah (intenziteta, trajanje, pogostnost) oziroma v starejši literaturi o t. i. gospodarsko enakovrednih nalivih (GEN). Projektanti kanalizacije uporabljajo uradne podatke ARSO v tiskani obliki (ARSO, 2009) ali pa podatke na spletni strani (slika 1).

Z ovrednotenjem padavinskih podatkov za hidrološke izračune dimenzioniranja kanalizacijskih sistemov se je v Sloveniji prvi ukvarjal prof. Sketelj na Inštitutu za zdravstveno hidrotehniko na FAGG Ljubljana. Temeljna vprašanja, ki se pri tem delu pojavijo, so, kako natančni naj bodo padavinski podatki (mm/h), kakšen naj bo najmanjši časovni korak opazovanja nalivov in v kakšnem časovnem koraku naj bodo podani preprosti in sestavljeni nalivi (Panjan, 2005). Sketelj je izdelal podatke o izenačenih vrednostih gospodarsko enakovrednih nalivov za



Slika 1 • Povratne dobe za ekstremne padavine – prikaz merskih mest ([http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/precip\\_return\\_periods\\_newer/](http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/precip_return_periods_newer/)).

trajanje padav minute/ mm	povratne dobe padavin							
	1 leto	2 leti	5 let	10 let	25 let	50 let	100 let	250 let
5	6	8	11	12	15	17	18	21
10	8	11	15	18	22	24	27	30
15	10	14	19	23	27	30	33	38
20	11	16	22	26	30	34	38	42
30	14	18	25	29	35	39	43	48
45	16	21	29	34	40	44	49	55
60	17	23	31	36	43	48	53	60
90	19	26	35	41	49	55	60	68
120	21	28	37	44	52	58	64	72
180	25	32	41	47	55	61	67	74
240	28	35	45	51	59	65	71	79
29. 5. 2009								
22. 5. 2009								
29.8.2016								

Preglednica 2 • Primerjava ekstremnih padavin v Mariboru v letih 2009 in 2016 z vrednostmi ITP-krivulj (1948–2005).

na posledice podnebnih sprememb pri intenzivnejših nalivih je bila ta odločitev prav preroška!

V Mariboru smo zabeležili v letih 2009 in 2016 ekstremne padavine (preglednica 2). Okoli Maribora merimo padavine na Mariborskem letališču, na Taboru v bližini Mariborskega

vodovoda ter na čistilni napravi v Dogošah. Primerjave meritev padavin na treh točkah kažejo dobro ujemanje konic večjih padavin, ob tem pa odstopanja glede merjenih vrednosti zaradi lokacije. Uradni podatki ARSO imajo za izračun ekstremnih padavin na postaji Maribor Tabor ovrednotene padavine za obdobje 1948–2005.

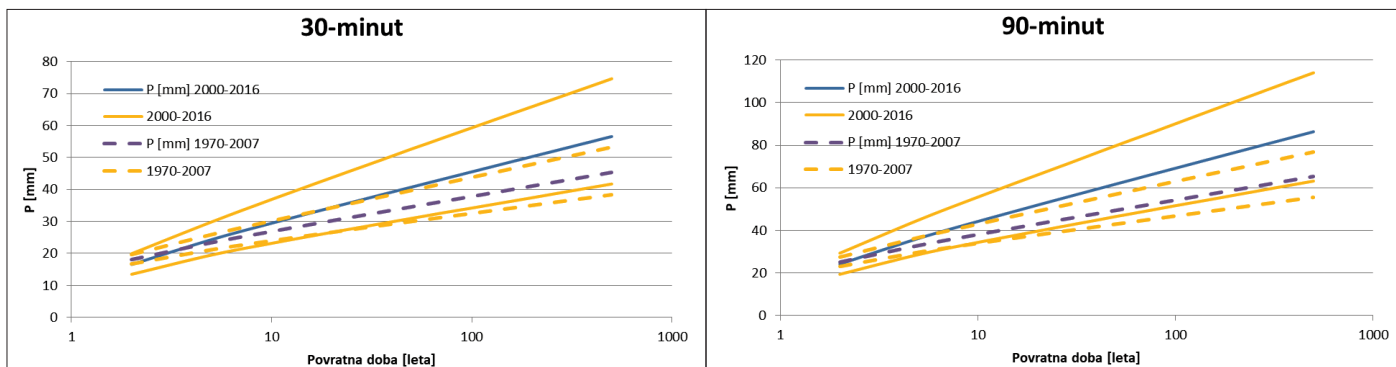
Seveda so te padavine povzročile preplavitve kanalizacije, kar je bilo najbolj boleče pri novozgrajeni kanalizaciji v Dobrovcah. Preplavitve so pri uporabnikih povzročale nezaupanje v projektantsko znanje.

Na FGG Ljubljana (Mikoš, 2016) so izvedli ponovne statistične obdelave padavin glede na podatke za obdobje med letoma 2000 in 2016. Vidna so precejšnja odstopanja od rezultatov za obdobje 1948–2005. Podane so srednje vrednosti ter vrednosti 90 % intervala zaupanja (slika 2).

Zaradi velikih odstopanj bo treba nujno za potrebe izračunov padavinskih voda v kanalizacijskih omrežjih izdelati nove statistične obdelave računskih nalivov, ki bodo upoštevale meritve v obdobju podnebnih sprememb. O vrednosti takšnih podatkov zaradi relativno kratkega obdobja opazovanja si hidrologi še niso edini. Vpliv podnebnih sprememb na poplavna tveganja v Sloveniji se že preučuje (Šraj, 2017). Enako velja za napoved za izvajanje ukrepov za poplave v mestih (Pogačnik, 2017).

Vir	Sketelj , VO-KA		ARSO 2009		ARSO 2019	Panjan s sod. 2005	
	1921-1964	1948-2008	1948-2008	1948-2002	1948-2002	1965-1996	1965-1996
Obdobje meritev	1921-1964	1948-2008	1948-2008	1948-2002	1948-2002	1965-1996	1965-1996
Trajanje meritev (leta)	43	60	60	64	64	32	32
povr. doba (leto)	1	2	1	2	2	1	2
čas trajanja (min)							
5	327,4	404,5	130	289	288	223,9	280,3
10	211,6	253,1	108	216	214	168,9	211,1
15	160,6	191,6	92	182	180	143,3	178,8
20	132,1	157,2	71	158	156	121,1	151,9
30	100,2	119	53	124	122	95	120,6
45			38	93	93		
60	62,5	73,9	38	77	76	63,6	81,3
90	47,6	56	32	58	58	50,1	64,6
120	39	45,9	25	48	47	39,6	50,5
180	26,9	34,8	21	35	35	24,8	35,8
300	20,9	24,5	15	25	25	18,7	28
360						15,1	18,8
420	16,6	19,4					
600	15,2						
720			7	14	14		

Preglednica 1 • Računski nalivi (ITP oz. GEN krivulje ) za Ljubljano (l/s/ha).



Slika 2 • Primerjave podatkov o nalivih za obdobji 1948–2005 in 2000–2016 za postajo Maribor – Tabor za 30- in 90-minutne nalive.

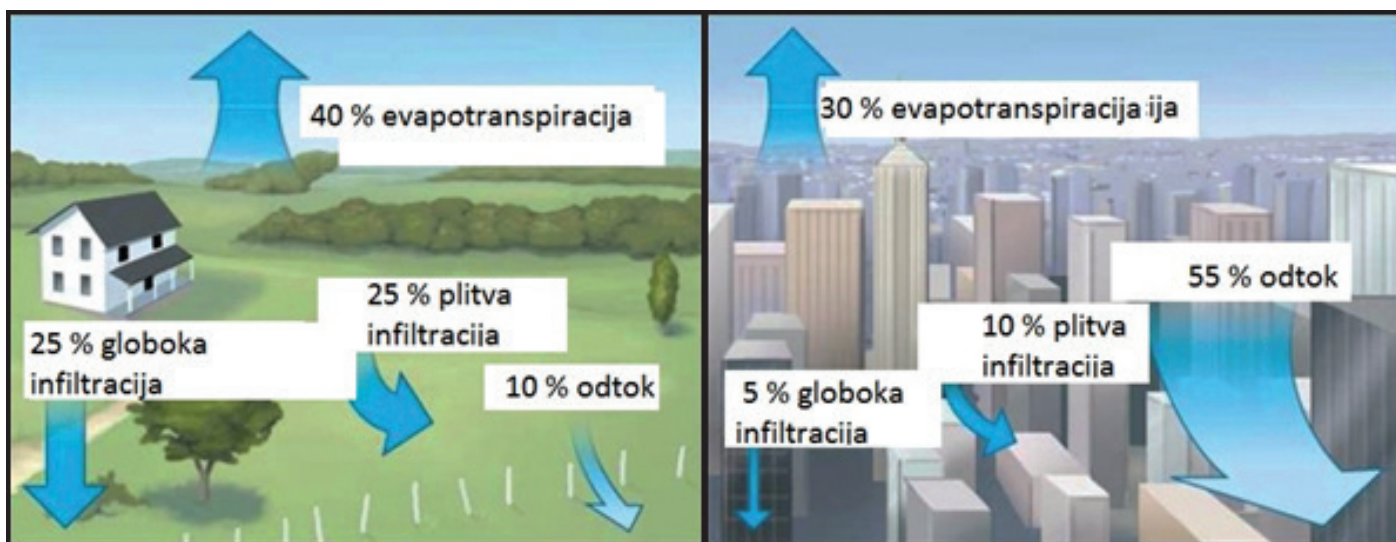
### 3 • URBANIZACIJA – MOČAN POSEG V NARAVNI HIDROLOŠKI KROG

Trend svetovnega prebivalstva je življenje v mestih. Po podatkih IWA-e (IWA, 2017) bo leta 2050 živel na svetu 9,7 milijarde ljudi,

66% v mestih, v Evropi že danes 70%. Vsak peti Zemljan bo ogrožen zaradi poplav, torej okoli 2 milijardi prebivalstva. V Sloveniji je

delež mestnega prebivalstva 50% (SURS, 2004).

Z urbanizacijo ključno zmanjšamo globoko in plitvo infiltracijo, nekoliko pa tudi evapotranspiracijo, ključno pa povečamo odtok (slika 3).



Slika 3 • Sprememba hidrološkega cikla v mestih (Maksimović, 2013).

### 4 • PROBLEMI ODVODNJE PADAVINSKE VODE V MESTIH

Zakaj se dogajajo preplavitve kanalizacije v mestih? Večina večjih slovenskih mest ima zgrajeno kanalizacijo v mešanem sistemu, v ločenem sistemu so zgrajena predvsem nova primestna naselja ter nove industrijske in trgovske cone. Prejšnja projektantska praksa je dovoljevala pri projektiranju kanalizacije za padavinske vode računsko nalive s povratno dobo 1 leta.

Za Slovenijo je tipična ureditev parkirišč in robnikov cest, ki vso padavinsko vodo vodijo

v kanalizacijski sistem in ne omogočajo ponikanja te vode (Oberžan, 2018).

Problem odvodnje podvozov v urbaniziranih naseljih nastane, ker so v večini primerov padavinske vode podvozov v urbaniziranih naseljih priključene na mešani sistem kanalizacije. Vzrok za to je bodisi odsotnost površinskih odvodnikov bodisi problem s ponikanjem teh voda (previsoke gladine podzemnih voda, vodovarstveni pasovi). Projektanti cest večkrat tudi obvoznice okoli

naselij na silo priključujejo na mestno kanalizacijo, pri čemer pozabljajo, da je treba v takem primeru z ustreznim hidravličnim izračunom dokazati transportno sposobnost mestne kanalizacije vse do čistilne naprave oziroma prvega razbremenilnega objekta (slika 4) (Krajnc, 2016).

Poseben problem pa je varnost pešcev pri prečkanju preplavljenih prehodov za pešce ob močnih nalivih. Takrat nastopi nervoza in neprimerno obnašanje pešcev in voznikov (slika 5).

Despotović je s sodelavci (Despotović, 2018) opravljal meritve kapacitete požiral-

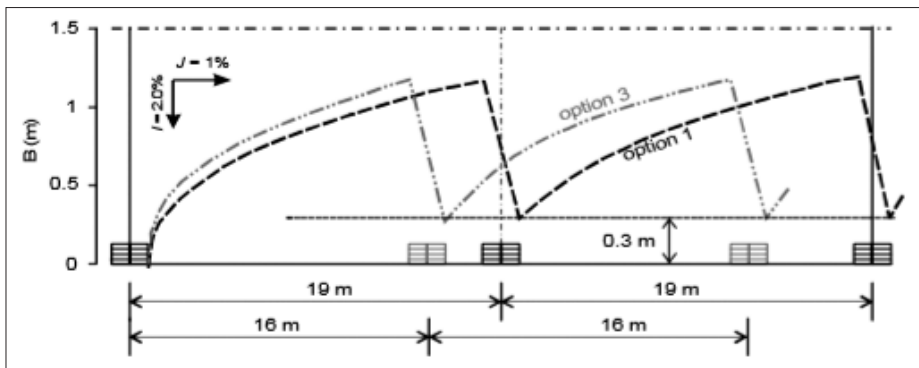




Slika 4 • Preplavitev podvoza v Ljubljani, Ponoči bo najhujše, Zastoji na Celovški cesti v Ljubljani, Slovenske novice, 17. september 2010.



Slika 5 • Nevarnost za pešce in cestni promet pri preplavitvi celotne ulice (Despotović, 2018).



Slika 6 • Površinski odtok po cestišču (Despotović, 2018).

nikov. Meritve so pokazale, da praviloma požiralniki ne delujejo, kot je bilo predvideno s projektom. Velikokrat požiralnik ne sprejme vse padavinske vode, zato del dotoka odteče v smeri naslednjega požiralnika, predvsem pri večjih vzdolžnih padcih. Vzdolžni in prečni padec cestišča, hrapavost vozišča, prisotnost robnika, intenziteta naliva, razdalja med požiralniki, oblika požiralnika so vhodni podatki za zapleten račun površinskega toka na cestišču. Ob prisotnosti robnikov lahko postavimo dve omejitvi (Despotović, 2009):

- dovoljeno širino vode na cestišču pri prehodu za pešce (običajno 0,3 m),
- dovoljena globina vode ob robniku.

Na sliki 6 lahko razberemo širjenje površinskega odtoka na cestišču v odvisnosti od položaja požiralnikov, točneje od velikosti prispevne površine in odgovarjajočega pretoka.

Požiralnikom je tako namenjeno celo poglavje v Tehničnih specifikacijah za odvodnjo cest (MP, 2011), in sicer v poglavjih Požiralniki (vtočni jaški) (6.2.5), Sprejemna kapaciteta in učinkovitost požiralnikov (6.2.5.3), Lociranje požiralnikov (6.2.5.4), Razdalje med požiralniki (6.2.5.4). Tehnične specifikacije, čeprav uradno niso uzakonjene, uporabljajo projektanti cest.



## 5 • ZELENO-MODRA INFRASTRUKTURA

Vodno pametna mesta (angl. Water wise cities) so aktualni pristop pametnega gospodarjenja z vodo. IWA je objavila 17 principov, kako jih uresničiti. Principi so naštetih v štirih skupinah: regenerativne vodne storitve, vodno občutljiva mestna zasnova, povezovanje mest v porečju, skupnosti vodno pametnih mest (IWA, 2019).

V teku je nešteto strategij različnih dejavnosti za reševanje različnih problemov življenja v mestih. Naštejmo jih le nekaj:

### Pametna mesta

Da bi človeštvo ob takih napovedih posledic podnebnih sprememb lahko živelo kakovostno, so nujno potrebne spremembe v pristopu upravljanja mest. Trend sprememb se je začel s t. i. konceptom pametnih mest (angl. Smart Cities).

### Zelena mesta

Namen zelenih mest je, da mesta postanejo bolj trajnostna in s čim manjšim ogljičnim odtisom. S tremi ključnimi elementi – zgradbami, energijo in prometom (trajnostno mobilnostjo) – je treba pospešiti prehod mest v čistejšo, bolj zdravo in gospodarsko uspešnejšo prihodnost z izboljšavami v učinkovitosti in naložbami v obnovljive tehnologije.

### Zelena-modra infrastruktura

Zelena-modra infrastruktura predstavlja strategijo načrtovanja urbanih okolij, ki pri zagotavljanju učinkovitega upravljanja voda v mestih vključuje naravo – gre za prepletanje in povezovanje upravljanja voda in načrtovanja zelenih površin. V nasprotju z neprepustnimi površinami pa je zelena infrastruktura sposobna prestrezati, zadrževati in filtrirati padavine. Zelena infra-

strukturo v mestih predstavljajo urbani gozdovi, parki, posamezna ulična drevesa in druge zelene površine. Drevesne krošnje prestrezajo padavine in uravnavajo količino padavin, ki dosežejo tla, s črpanjem vode preko korenin pa drevesa porabljajo vodo iz tal in izboljšujejo mikroklimo. Vodne površine v mestih uspešno blažijo visoke temperature (Stražar, 2018). Vpliv dreves na zmanjšanje konice padavinskega odтока se preučuje tudi v Sloveniji (Zabret, 2015).

Prof. Maksimović z Imperial Collegea v Londonu, prej profesor na Gradbeni fakulteti v Beogradu in sodelavec pri modelnih izračunih kanalizacije v Mariboru, se z modro-zelena infrastrukturo ukvarja v svetovnem merilu že daljše obdobje. Sinergijski učinki zelene infrastrukture z modrimi sistemi urbanih voda so prikazani na sliki 7.



Slika 7 • Sinergijski učinki zelene infrastrukture z modrimi sistemi urbane vode (Maksimović, 2013).

Na konferenci Integrated BGS (Blue Green Solution) for Advanced Urban Planning for Sustainability and Resilience – Beyond Fake News je bil podan pregled, kako so se razvijali pristopi pri analizah poplav v mestih. Standardni pristop analize poplav (Maksimović, 2018) obsega naslednje korake:

- a) zaščita pred poplavami s strukturnimi ukrepi,
- b) koncept ravnanja v primeru poplav.

Modro-zeleni pristop pa predlaga:

- a) analize vseh predhodnih modelnih izračunov,
- b) zmanjšanje poplavne ogroženosti z interaktivnimi rešitvami strukturnih in nestrukturnih rešitev v porečju nad urbaniziranim območjem ter urbaniziranim območjem,
- c) rehabilitacija urbanih površinskih tokov,
- d) natančne napovedi padavin in poplav, upravljanje poplav (pod enim upravljavskim telesom).

## 6 • KLASIČNI UKREPI PRI ZAGOTAVLJANJU POPLAVNE VARNOSTI URBANIZIRANIH POVRŠIN ZARADI LASTNIH VODA

### 6.1 Zadrževalniki

Zadrževalnike lahko lociramo znotraj kanalizacijskega sistema v primeru, ko je že izgrajeno kanalizacijsko omrežje dodatno obremenjeno z novimi zazidavami, ki ob projektiranju prvotnega omrežja niso bili znani. Zadrževalniki so potrebni tudi takrat, ko skromen odvodnik ne prenese sunkovite obremenitve z izpustom padavinske vode v dežnem času. Običajno so zadrževalniki betonski objekti, poznamo tudi izvedbo s

cevnimi zadrževalniki. Zadrževalniki v zemeljski izvedbi so redkejši, več jih je na sistemih odvodnje padavinskih voda z avtocest. Poznamo pa tudi zadrževalnike pred vtokom vode v javno kanalizacijsko omrežje, ki so lahko betonski, zadnje čase pa tudi montažni plastični elementi. Druga rešitev so odprti zadrževalniki, ki pa s svojo odprto gladino lahko pomembno vplivajo tudi na mestno klimo.

Večkrat se ponuja rešitev s preureditvijo mešanega kanalizacijskega sistema v loče-

nega. Običajno se zgradi dodaten sistem za odpadne vode, obstoječi kanalizacijski cevodovi pa se porabijo za odvod padavinske vode. Vendar je hidravlična razbremenitev zaradi izločitve odpadnih voda minimalna in za zagotavljanje poplavne varnosti je potrebna mnogokrat tudi rekonstrukcija teh cevodov (povečanje profilov, zadrževalniki).

Odtok padavinske vode lahko zmanjšamo ali pa zadržimo in zmanjšamo konico odtoka tudi z zelenimi strehami. Vsekakor je potrebno zmanjšanje prispevnih površin – parkirišč, asfaltne in betonirane površine pa bi morale biti prepletene z zatravitvijo in vgradnjo propustnih drenažnih betonov (Oberžan, 2017).

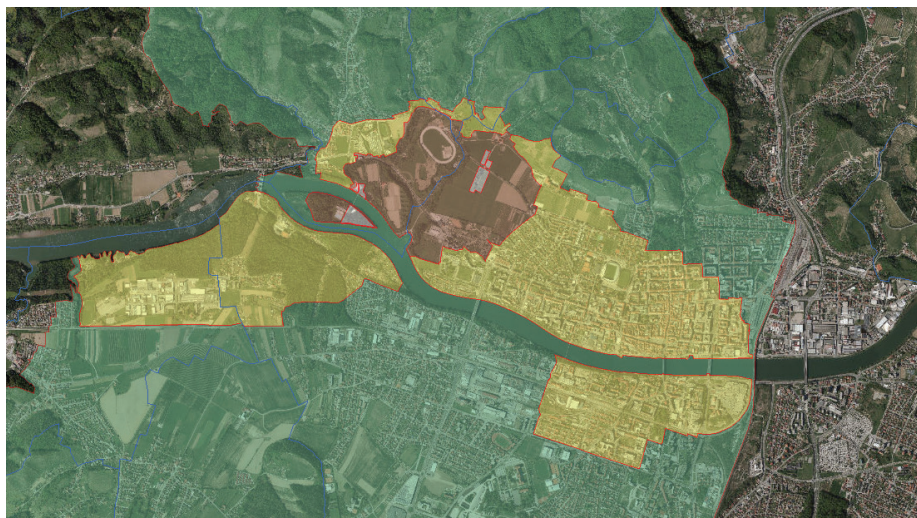
## 6.2 Razbremenilniki s ponikalniki

Na obstoječih mešanih kanalizacijskih sistemih brez možnosti razbremenjevanja padavinskih voda v površinske odvodnike bi lahko zmanjšali preplavitve sistemov z razbremenjevanjem preko ponikalnikov. Tu pa nastopi težava, saj ležijo mesta znotraj meja vodovarstvenih pasov (slika 8), kjer je ponikanje odpadnih voda prepovedano.

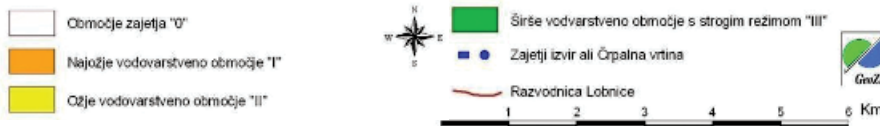
Vidimo, da je večji del Maribora na levem bregu Drave v ožjem vodovarstvenem območju II. Morali bi najti zakonsko rešitev za ponikanje močno razredčenih odpadnih voda ob nalivih majhne verjetnosti (na primer od 10-letnih voda navzgor). Prelite vode v teh razbremenilnikih pa bi lahko pred ponikanjem dodatno čistili s filtri.

## 6.3 Individualne rešitve – velik učinek z majhnimi stroški

Padavinska voda vstopa v kanalizacijski sistem preko požiralnikov, ki so običajno ozko grlo. Zato je na primer civilna zaščita pred napovedanimi obilnimi poplavlami konec oktobra 2018 objavila naslednji poziv: »Zaradi vetrovnega vremena v preteklih dneh je povsod ogromno listja, ki lahko zamaši odtočne sisteme in povzroči zalivanje površin, ki jih po navadi ne zaliva. Zato naj ljudje pomislijo, ali imajo doma, okrog hiš, odtoke in druge površine, ki bi jih lahko očistili in tako preprečili zalivanje.«



Legenda: VODOVARSTVENO OBMOČJE ZA VODNO TELO VODONOSNIKA DRAVSKEGA POLJA



Slika 8 • Vodovarstvena območja v Mariboru (Atlas voda).

Za omilitev hitrega odtoka padavinskih voda v kanalizacijo in potoke lahko veliko naredimo tudi sami z individualnimi rešitvami. Naštetimo nekaj rešitev (Vo-Ka Celje, 2019): zatravitev in uporaba travnih plovč na parkirnih površinah, dvoriščih, sprehajalnih poteh, polaganje pro-

pustnega asfalta oziroma drugih bolj propustnih materialov, uporaba ponikovalnih bazenov z visoko sposobnostjo ponikanja, izgradnja zadrževalnih bazenov, v katerih se zbira padavinska voda, ter preureditev opuščenen greznic v zadrževalne ali ponikovalne bazene.

# 7 • ZAKONODAJA IN PRAKSA ODVODNAVANJA PADAVINSKIH VODA

## 7.1 Zakonodaja EU o odvodnjavanju

Nekaj usmeritev o preplavitvah kanalizacije ob neurjih najdemo že v Direktivi o očiščenju komunalne odpadne vode (EU, 1991). Ta zahteva, da je pri načrtovanju treba pozornost nameniti omejevanju onesnaženja sprejemnih voda zaradi poplavljanja ob neurjih. Ker v praksi ni mogoče zgraditi kanalizacijskih sistemov in čistilnih naprav, ki bi lahko prečistile vso odpadno vodo v razmerah neobičajno močnega deževja, morajo države članice določiti merila za zmanjševanje onesnaženja zaradi preplavljanja vode ob neurjih. Ta merila lahko temeljijo na stopnji redčenja ali zmogljivosti v razmerju na pretok ob suhem vremenu ali pa določajo neko sprejemljivo število preplavljan na leto. Direktiva 1991 jih navaja v Prilogi I. Zahteve za komunalno odpadno vodo.

Slovenija mora kot članica Evropske unije spoštovati evropsko zakonodajo. Standard EN752 Drain and sewer systems outside

buildings iz julija 1996 (EN, 1996) je prevzel Urad RS za standardizacijo in meroslovje v Ljubljani po metodi razglasitve decembra 1996. Drugi del tega standarda z naslovom »Performance Requirements« priporoča povratne dobe računskih nali-

vov, na katere projektiramo kanalizacijska omrežja za odvod padavinskih voda (preglednica 3).

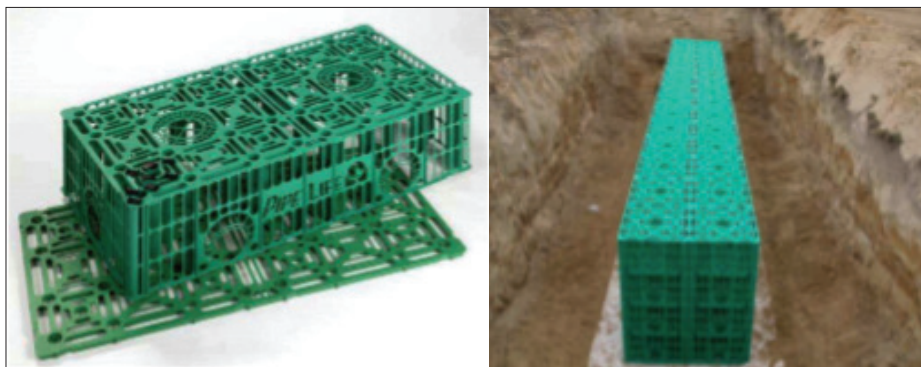
Te zahteve je prevzelo veliko slovenskih izvajalcev gospodarskih javnih služb odvajanja odpadnih voda v svoje predpise, kar se upošteva pri novogradnjah. Obstoječa kanalizacijska omrežja praviloma ne izpolnjujejo teh zahtev.

Pogostost nalivov <sup>1</sup> (1x v "n" letih)	Lokacija	Pogostost poplav (1x v "n" letih)
1 v 1	Podeželje	1 v 10
1 v 2	Stanovanjska območja	1 v 20
1 v 2 1 v 5	Mestna središča, industrijska in obrtna območja: – s preskusom poplavljanja – brez preskusa poplavljanja	1 v 30 -
1 v 10	Podzemna železnica, podvozi	1 v 50

<sup>1</sup> Pri nalivih ne sme biti preobremenitve.

Preglednica 3 • Pogostosti računskih nalivov za preračune kanalizacije po EN 752.





Slika 9 • Ponikalni blok in ponikalno polje iz plastike (Pipelife [https://www.google.com/search?q=%C4%8Dendak+moderne+ponikalnice&rlz=1C1ASUM\\_enSI669SI669&oeq=%C4%8Dendak+moderne+ponikalnice&aqs=chrome..69i57](https://www.google.com/search?q=%C4%8Dendak+moderne+ponikalnice&rlz=1C1ASUM_enSI669SI669&oeq=%C4%8Dendak+moderne+ponikalnice&aqs=chrome..69i57)).

## 7.2 Slovenska zakonodaja o odvodnjavanju padavinske vode v naseljih

Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode iz leta 2015 je posodobitev Operativnega programa odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode (za obdobje od 2005 do 2017) iz leta 2004 in na več mestih obravnava padavinske vode. Uredba opredeljuje naslednje: padavinska odpadna voda je padavinska odpadna voda v skladu s predpisom, ki ureja emisijo snovi in toplote pri odvajanju odpadnih voda v vode in javno kanalizacijo. 26. člen Uredbe zahteva, da mora Program izvajanja javne službe vsebovati tudi vsebinski sklop načrta ukrepov za zmanjševanje količin padavinske odpadne vode, ki se odvaja v javno kanalizacijo. Praksa kaže, da Programi izvajanja vsebujejo le zakonske obveze brez konkretnih ter merljivih ciljev. V pripravi je novi operativni Program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode, ki pa se ukvarja v glavnem s seznamom in mejami aglomeracij.

Glede ravnanja s padavinsko vodo je bil narejen velik korak z Uredbo o metodologiji okolja (MP, 2012), ki narekuje občinam, da oblikujejo ločeno ceno za odvajanje padavinske vode s streh. Namen te Uredbe je bil spodbuditi uporabnike, da bi svojo padavinsko vodo zadržali (zelene strehe, zaprti ali odprti zadrževalniki) ali poniknili (če to dopuščajo sestav tal in vodovarstvena območja). Namen te finančne politike je dvig nivoja podzemne vode in zmanjšanje poplavne ogroženosti.

V občinah, ki so že uvedle tak obračun, se običajno uvaja tri načine oblikovanja cen za odvajanje padavinske vode s streh:

- kdor nima speljanih padavinskih odpadnih voda v javno kanalizacijo, ne plača nič;
- kdor ima padavinske odpadne vode s streh speljane v kanalizacijo preko urejenega zadrževanja, plača ceno za 50 % količin odpadnih padavinskih voda s strehe;
- kdor odvaja padavinske odpadne vode s streh neposredno v kanal, plača ceno za

celotno količino odpadnih padavinskih voda s strehe.

Na voljo je bogata ponudba proizvajalcev opreme za zadrževanje in ponikanje padavinskih voda.

## 7.3 Praksa izračunov kanalizacije v Sloveniji

V praksi se upoštevajo računski nalivi, preverbe preplavitvev omrežij pa se ne opravljajo. Zakaj? Za preverbo preplavitvev omrežij potrebuje projektant ustrezno orodje, hidrološko-hidravlični model. In zakaj bi projektant izvedel te zahtevne in drage izračune, če pa dobijo vodna soglasja in gradbena dovoljenja projekti brez teh izračunov? Za izliv padavinske vode iz kanalizacije so kritične točke požiralniki na cesti, robniki v mešanih sistemih kanalizacije ter propusti na naravnih porečjih (Despotović, 2009). V Sloveniji pogosto uporabljen model ameriške agencije za okolje EPA SWMM izračuna, v katerem jašku bo prišlo do izliva padavinske vode, in poda

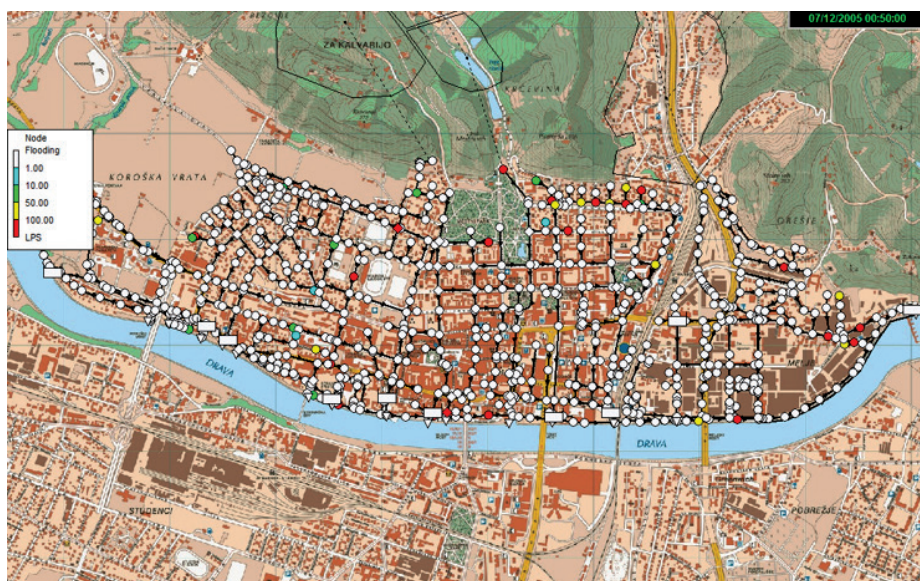
velikostni razred pretoka izlivajoče se vode, več pa ne (slika 10).

Danes že razpolagamo z matematičnimi modeli, ki obravnavajo tako tok v kanalizacijskem omrežju in ob preplavitvi površinski tok po mestnih cestah in drugih površinah, na primer Giswater (Radinja, 2018).

## 7.4 Primer Maribor

V okviru izdelave idejnih projektov za projekt »Odvajanje in čiščenje odpadne vode na območju Maribora – širše prispevno območje ČN Maribor« je Institut za ekološki inženjering Maribor skupaj s podjetjem CEKIBEO iz Beograda izdelal hidravlične izračune mariborske kanalizacije z dinamičnim modelom z uporabo programskega paketa SWMM 5.0 (slika 10). Ker Barbarin potok teče v mestno kanalizacijo na začetku Trubarjeve ceste, smo predlagali izgradnjo suhega zadrževalnika v severozahodnem vogalu mestnega parka. Na levem bregu Maribora je hidravlični izračun dokazal potrebo po izgradnji zadrževalnika Tabor prostornine približno 6000 m<sup>3</sup>. Hidravlični model smo ponovno uporabili zaradi močnih nalivov v letu 2009, preverili prejšnje rešitve ter jih nadgradili z novimi ugotovitvami (IEI, 2009).

Z modelom smo določili koncept zaščite desnega brega Maribora pred poplavami z izgradnjo več zadrževalnikov. Ključni namen modelnih izračunov pa je bil prelitvanje onesnažene vode v obstoječih razbremenilnikih zaradi optimalne obremenitve čistilne naprave. Rezultati teh izračunov so predstavljali podlage za natančnejše izračune konkretnih posegov v kanalizacijo (Štrossmayerjeva, Svetozarevska, objekti nove Medicinske fakultete, Stražunski jarek).



Slika 10 • Hidravlični izračun z modelom SWMM za levi breg Maribora, ki prikazuje izlivanje kanalizacije za nalive povratnih dob 2 in 5 let (IEI, 2008).

## 8 • POTREBNI KORAKI ZA REŠITEV PROBLEMA

Ugotovimo lahko, da je problem znan, vzroki za problem in tudi rešitve so znane. Vendar ne obstaja, pa tudi ne nastaja noben operativni program. Predlagamo izvedbo potrebnih ukrepov v naslednjih korakih:

1. Postaviti jasne dolgoročne in merljive cilje (povečanje obsega ločene kanalizacije, zmanjšanje količine padavinskih voda v kanalizaciji s povečanjem zelenih površin, površin zelenih streh, vodnih površin, kar

vpliva tudi na spremembo mestne klime, zmanjšanje poletne temperature zraka ipd).

2. Izdelati tehnične rešitve za navedene cilje in določiti (conirati), kje v mestu so ti ukrepi najbolj potrebni za izpostavljen naselja znotraj urbanega območja. Finančno oceniti problem in izdelati optimizacijo rešitev z večkriterijskimi analizami, ki morajo upoštevati ekonomske, sociološke, okoljske in zdravstvene kriterije.

3. Preveriti prostorske pogoje izvedbe ukrepov. Kje dobiti nove površine za zelene in modre površine? Provokacija: spremembe velikih parkirišč v večetažna – del parkirišča se spremeni v zeleno ali vodno površino, obveza ob izgradnji novih parkirišč (trgovski centri) še izgradnja zelenih in vodnih površin. Ustrezno dopolniti mestne urbanistične dokumente. Po potrebi spremeniti zakonodajo.
4. Izdelati operativni program s kratkoročnimi in dolgoročnimi cilji in mehanizmom zagotavljanja finančnih sredstev za investicije in obratovanje z zagotavljanjem finančnih sredstev (EU, slovenska).

## 9 • SKLEP

Posledica podnebnih sprememb so tudi intenzivnejše padavine. V središčih slovenskih mest so zgrajeni pretežno mešani sistemi kanalizacije. Intenzivnejši nalivi povečujejo

poplavno ogroženost mest z lastnimi padavinskimi vodami. Rešitev problema predstavlja tako imenovana modro-zelena vizija oz. zelene in vodne površine v mestih. Za izvedbo potre-

bujemo dolgoročno operativno strategijo v obliki operativnega programa, ki bi zastavila dolgoročne cilje, potrebni obseg finančnih sredstev ter faznost izvedbe. Možni viri financiranja so Sklad za podnebne spremembe ter Okoljski sklad za individualne rešitve. Dodaten problem je umeščanje potrebnih objektov v mestih.

## 10 • LITERATURA

ARSO, Ocena podnebnih sprememb v Sloveniji do konca 21. stoletja, Sintezno poročilo – prvi del, ARSO, 2018.

ARSO, Povratne dobe za ekstremne padavine po Gumbelovi metodi, [http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/precip\\_return\\_periods\\_newer/](http://meteo.arso.gov.si/met/sl/climate/tables/precip_return_periods_newer/), 2009.

Atlas voda, <https://gisportal.gov.si/portal/apps/webappviewer/index.html?id=11785b60acdf4f599157f33aac8556a6>, pridobljeno 8. 4. 2019.

CZ, Civilna zaščita opozarja: Očistite odtočne sisteme, <https://www.24ur.com/novice/slovenija/civilna-zascita-opozarja-ocistite-odtocne-sisteme.html>, 26. 10. 2018.

Čendak, B., Moderne ponikalnice, [https://www.google.com/search?q=%C4%8Dendak+moderne+ponikalnice&rlz=1C1ASUM\\_enSI669SI669&oq=%C4%8Dendak+moderne+ponikalnice&aqs=chrome..69i57j6730j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8](https://www.google.com/search?q=%C4%8Dendak+moderne+ponikalnice&rlz=1C1ASUM_enSI669SI669&oq=%C4%8Dendak+moderne+ponikalnice&aqs=chrome..69i57j6730j8&sourceid=chrome&ie=UTF-8), pridobljeno 8. 4. 2019.

Despotović, J., Kanalisiranje kišnih voda, Građevinski fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd, 2009.

Despotović, J., Plavšič, J., Đukić, A., Stanić, M., Prodanović, D., Todorović, A., Janković, I., Jaćimović, N., Upravljanje kišnim oticajem u gradovima u 7 koraka - Gospodarjenje s padavinskim odtokom v mestih v 7 korakih, Mišičev vodarski dan, str. 36–51, 2018.

Dolinar, M., Podnebne spremembe v Sloveniji: kaj smo izmerili in kaj pričakujemo, Agencija RS za okolje, september 2014.

Dolinar, M., Vpliv podnebnih sprememb na vodni krog, Agencija Republike Slovenije za okolje, 2014.

EGS, Direktiva Sveta z dne 21. maja 1991 o čiščenju komunalne odpadne vode, 91/271/EGS, 1991.

EN, EN752, Drain and sewer systems outside buildings - Sewer system management, 1996.

EU, Strategy on adaptation to climate change 2014, [http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/documentation\\_en.htm](http://ec.europa.eu/clima/policies/adaptation/what/documentation_en.htm), pridobljeno 8. 4. 2019.

IEI, Institut za ekološki inženiring, Hidravlični izračun kanalizacije mesta Maribor za konkretne primere ekstremnih padavin junij – avgust 2008 in maj 2009, Maribor, 2009.

IEI, Institut za ekološki inženiring. Mešan sistem kanalizacije mesta Maribor, predstavitev matematičnega modela, Maribor, CEKIBEO, Beograd, 2008.

IWA, The Journey to Water-Wise Cities, Principles Water Wise Cities, <http://www.iwa-network.org/projects/water-wise-cities/#the17iwaprinciplesforwaterwisecities>, pridobljeno 8. 4. 2019.

Kajfež Bogataj, L., Podnebne spremembe in njihovi vplivi na kakovost življenja ljudi. Acta agriculturae Slovenica, 2005.

Kobold, M., Vpliv podnebnih sprememb na ekstremne hidrološke pojave, Ujma, številka 23, 2009.

Kolar, J., Odvod odpadne vode iz naselij in zaščita voda, Državna založba Slovenije, 1983.



- Krajnc, U., Despotović, J., Preplavitve cestnih podvozov, 13. Kongres o cestah in prometu, Portorož, 2017a.
- Krajnc, U., posvet Podnebne spremembe v povezavi s kakovostjo življenja v urbanih območjih, Ekolist revija o okolju 14, str. 56, 2017b.
- Krajnc, U., Sanitarna hidrotehnika v funkciji zaščite urbaniziranih območij, ogroženih zaradi poplav; Mišičev vodarski dan, str. 76–83, 2009.
- LUZ, Ljubljanski urbanistični zavod, Zelena mesta dobrodošla voda - celovito upravljanje s padavinsko vodo, [http://www.luz.si/sites/default/files/predstavitev\\_celovitega\\_upravljanja\\_s\\_padavinsko\\_vodo\\_3.pdf](http://www.luz.si/sites/default/files/predstavitev_celovitega_upravljanja_s_padavinsko_vodo_3.pdf), pridobljeno 8. 4. 2019.
- Maksimović, Č., Atanasova, N., Banovec, P., Blue Green Dream, FGG Ljubljana, 2013.
- Maksimović, Č., Božinović, R., Integrated BSG (Blue Green Solution) for Advanced Urban Planning for Sustainability and Resilience – Beyond Fake News SDEWES Conference, Novi Sad, 2018.
- Matoz, A., Podnebne spremembe – kaj, kako, kdo? Pravno-informacijski center nevladnih organizacij – PIC, [pic.si/wp-content/uploads/2014/01/brosura.pdf](http://pic.si/wp-content/uploads/2014/01/brosura.pdf), pridobljeno 8. 4. 2019.
- Mikoš, M., Bezak, N., Izvrednoteni podatki o ekstremnih padavinah za Maribor, FGG Oddelek za okoljsko inženirstvo, 2016.
- MOP, Operativni program odvajanja in čiščenja komunalne odpadne vode za obdobje od 2005 do 2017 s poudarkom na ukrepih programa, ki bodo izvedeni do 31. decembra 2008, 2004.
- MOP, Uredba o odvajanju in čiščenju komunalne odpadne vode, Uradni list RS, št. 98/15, 2015.
- MP, Ministrstvo za promet RS, Tehnična specifikacija TSC 03.380 Odvodnjavanje cest, 2011.
- MP, Ministrstvo za promet RS, Uredba o metodologiji za oblikovanje cen storitev obveznih občinskih gospodarskih javnih služb varstva okolja, Ur. L RS 87/12 in 109/12, 2012.
- Oberžan, T., Sedanje stanje kanalizacijskih sistemov v Sloveniji in potrebne aktivnosti, ki jih bodo morali upravljavci izvajati v prihodnosti; Izzivi in priložnosti pri odvajanju odpadne vode – kaj nas uči izkušnje?, Celje, marec 2018.
- Panjan, J., Bogataj, M., Kompare, B., Statistična analiza gospodarsko enakovrednih nalivov, Strojniški vestnik, 51, 600–611, 2005.
- Pogačnik, N., Pomen hidrološke napovedi za učinkovit odziv ob mestnih poplavah, Naravne nesreče 4, Trajnostni razvoj mest in naravne nesreče, Geografski inštitut Antona Melika, ZRC SAZU, 2017.
- Radinja, M., Atanasova, N., Banovec, P., Uporaba modelov za učinkovito upravljanje s padavinskimi vodami v urbanih okoljih, 8. konferenca komunalnega gospodarstva Podčetrtek, 2018.
- SLONEP, Plačevanje dežja, <https://www.slonep.net/predpisi/zakonodaja/novice/placevanje-dezja>, pridobljeno 8. 4. 2019
- Stražar, M., Modro (-) zeleno ravnanje z vodo, 8. konferenca komunalnega gospodarstva, Podčetrtek, 2018.
- SURS, Statistični urad RS, Mestna naselja v Republiki Sloveniji 2003, 2004.
- Šraj, M., Menih, M., Bezak, N., Mikoš, M., Poplavno tveganje v Sloveniji in podnebna spremenljivost, Naravne nesreče 4, Trajnostni razvoj mest in naravne nesreče, Geografski inštitut Antona Melika, ZRC SAZU, 2017.
- Vlada RS, Odlok o Programu porabe sredstev Sklada za podnebne spremembe v letu 2019, 20. 12. 2018.
- Vlada RS, Strateški okvir prilagajanja podnebnim spremembam, december 2016.
- VO-KA Celje, Kaj lahko naredimo sami za večjo poplavno varnost, <http://www.vo-ka-celje.si/sl/ uporabniski-center-63>, pridobljeno 8. 4. 2019.
- VOKA Ljubljana, Vodovod-Kanalizacija Ljubljana, Tehničnih navodilih za kanalizacijo, EAD-116244, pridobljeno 8. 4. 2019.
- Zabret, K., Šraj, M., Can, U., Trees Reduce the Impact of Climate Change on Storm Runoff? Urbani izziv, Vol. 26, supplement: GREEN INFRASTRUCTURE IN CENTRAL, EASTERN AND SOUTH EASTERN EUROPE, pp. S165-S178, Urbanistični inštitut Republike Slovenije, 2015.

# POVEZLJIVOST BIM-MODELA IN CNC-STROJA NA PRIMERU LESENE OKVIRNOPANELNE MONTAŽNE HIŠE

## BIM-MODEL CONNECTION WITH CNC-MACHINE IN CASE OF PREFABRICATED TIMBER PANEL HOUSE

**Mitja Furman, mag. inž. grad.**

mitja.furman@marles.com

Ošelj 1 a, 2315 Šmartno na Pohorju

**doc. dr. Milan Kuhta, univ. dipl. inž. grad.**

miso.kuhta@um.si

UM Fakulteta za gradbeništvo, prometno

inženirstvo in arhitekturo

Smetanova ulica 17, 2000 Maribor

**Znanstveni članek**

UDK 62-112.6:674.038.5

**Povzetek** | Industrija 4.0 povezuje digitalni, fizični in biološki svet. V Gradbeništvu 4.0 se BIM (Building Information Modeling) navaja kot vodilni način digitalizacije in povezljivosti delovnih procesov. Gradnja lesenih montažnih okvirnopanelnih stanovanjskih hiš predstavlja trend časovno hitre gradnje. Članek predstavlja raziskavo povezljivosti digitalnega in fizičnega na področju lesenih montažnih hiš. Analizirana je možnost digitalizirane proizvodnje na primeru izdelave BIM-modela montažne hiše in njegove povezljivosti z lesnoobdelovalnimi CNC-stroji (Computer Numerical Control). Hkrati se je analiziralo tudi modeliranje v programskem orodju Archicad in njegovem vtičniku Archiframe. V okviru raziskave so bili v podjetju Marles proizvedeni leseni gradniki montažnega stenskega elementa. Ključne besede: lesene gradnje, okvirnopanelna montažna gradnja, BIM, Archicad, Archiframe, povezljivost, CNC-stroji

**Summary** | Industry 4.0 is the fusion of digital, physical and biological worlds. In AEC (Architecture, Engineering and Construction) industry BIM (Building Information Modelling) represents the leading process of digitalization and connectivity. Prefabricated timber panel houses are modern trend of quick construction process. This article describes how digital and physical world in timber construction can be connected. The research of CNC (Computer Numerical Control) manufacturing based on BIM modelling of prefabricated timber panel house was done. For this purpose, modelling in software Archicad and add-on Archiframe were analysed. Production and assembly of a single prefabricated element was realized in company Marles.

Key words: timber construction, prefabricated timber panel house, BIM, Archicad, Archiframe, fusion, CNC machines

## 1 • UVOD

### 1.1 Industrija 4.0/Gradbeništvo 4.0

»Edina stalnica v življenju so spremembe« je misel starogrškega filozofa Heraklita iz obdobja 500 let pr. n. št. Veliko pred Heraklitom sta človeško savansko življenje spremenili

kognitivna in kmetijska revolucija, za njima pa znanstvena in industrijska revolucija. Slednja je v svoji evoluciji danes na četrtem nivoju, smo v času Industrije 4.0 in Gradbeništva 4.0, na obzoru je Industrija 5.0.

Prva industrijska revolucija je temeljila na pretvarjanju toplotne energije v mehansko, začevši z izumom parnega stroja in izgradnjo železnic v obdobju med letoma 1760 in 1840. Osnova druge industrijske revolucije je bila izraba električne energije v drugi polovici 19. stoletja, ki je omogočila masovno, serijsko proizvodnjo na tekočem traku. Tretjo industrijsko revolucijo je Evropa doživljala nekje



Slika 1 • Od 1. do 4. industrijske revolucije (FrodX, 2019).

od leta 1970 naprej, Slovenija z zamikom desetih let. Pojavili so se računalniki, serijska proizvodnja se je avtomatizirala, naučili smo se računalniško podprtega načrtovanja – CAD (Computer Aided Design), pričeli uporabljati računalniško podprto proizvodnjo – CAM (Computer Aided Manufacturing) in numerično krmiljene stroje – CNC (Computer Numerical Control). V začetku 21. stoletja je nastopila četrta industrijska revolucija, za katero so značilne hitro razvijajoče se tehnologije, ki povezujejo digitalni, fizični in biološki svet (Schwab, 2016). Čas trajanja vsake industrijske revolucije je znatno krajši od trajanja njene predhodnice, spremembe v uporabljenih tehnologijah in njihovo medsebojno zlivanje se danes odvijajo hitreje kot kadarkoli prej. V Gradbeništvo 4.0 naj bi revolucijo in izboljšanje nižje produktivnosti gradbene industrije (v primerjavi z drugimi industrijskimi panogami) z digitalizacijo, s povezljivostjo in z direktno izmenjavo informacij prineslo tudi informacijsko modeliranje BIM. Poleg BIM spadajo v koncept Gradbeništva 4.0 še npr. robotika, 3D-tiskanje, virtualna resničnost (VR – Virtual Reality), razširjena resničnost (AR – Augmented Reality), uporaba dronov, umetna inteligenca idr. Če je CAD iz projektiranja izrinil tuš, paus papir in kopiranje s pomočjo amonijaka, bo BIM morda izrinil papir.

## 1.2 Lesena okvirnopenelna montažna gradnja

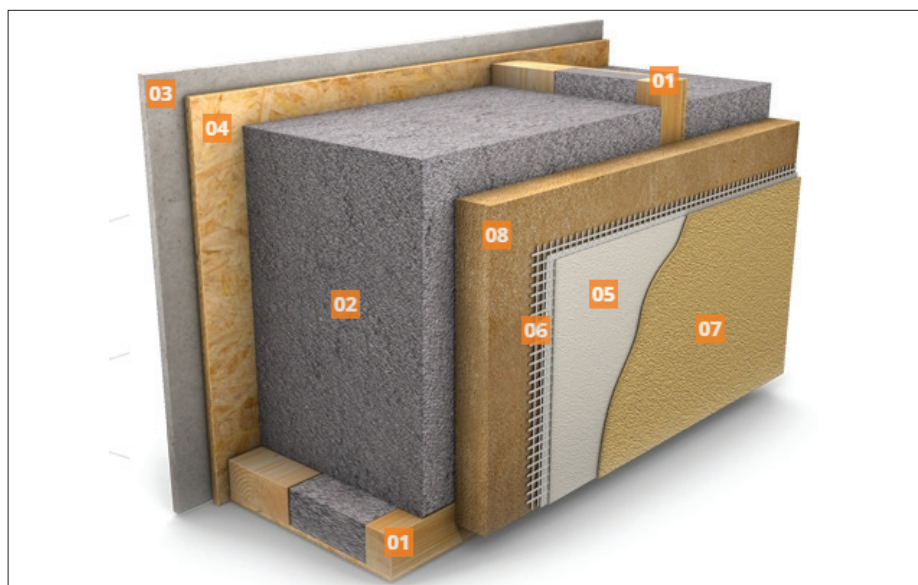
Lesena okvirnopenelna montažna gradnja spada med okvirne sisteme lesenih konstrukcij. Montažni okvirnopenelni konstrukcijski sistem je sestavljen iz ploskovnih montažnih konstrukcijskih elementov – osnovni gradnik tega je t. i. malopanelni sistem stene (dolžine 125 cm), v praksi pa precej pogosteje uporabljen velikopanelni sistem, ki je večkratnik dolžine 125 cm.

Pri obeh sistemih so osnovni gradniki stebrički in grede, oziroma kot jim pravijo v praksi, pokončniki in venci. Skupaj z obložni-

mi ploščami, ki so lahko izdelane iz lesenih (OSB) ali mavčnih vlaken (MVP), tvorijo



Slika 2 • Montaža stenskih panelov (Marles, 2019).



Slika 3 • Prerez stene Marles Pasiv Natura (Marles, 2019).

nosilni stenski element za prevzem vertikalnih in horizontalnih sil. Vrsta obložne plošče je odvisna od gradbenofizikalnih potreb ali od obtežb, ki delujejo na objekt. Pritrjevanje obložnih plošč na leseni okvir se izvede s pomočjo kovinskih sponk. Za medsebojno spajanje posameznih elementov ter sidranje elementov se uporabljajo različna kovinska vezna sredstva.

V osnovi bistvenih razlik med konstrukcijskimi sistemi različnih proizvajalcev lesenih okvirnopenelnih montažnih hiš ni. Jedro predstavlja lesena nosilna konstrukcija, ki je načeloma izdelana iz elementov pravokotnega prereza.



Izjeme nastajajo pri različnih pasivnih hiš, kjer se zaradi želje, doseči čim manjšo toplotno prehodnost, uporabljajo sestavljeni prerezi (slika 3). Namen sestavljenih prerezov je zmanjšanje deleža lesa in posledično povečanje količine toplotne izolacije v nosilni

konstrukciji. Za toplotno izolacijo v nosilni konstrukciji se načeloma uporablja mineralna volna. Zadnji trendi trajnostnih gradenj so sprožili uporabo materialov, ki so bolj ekološki in jih je možno reciklirati. Tako se v nosilno konstrukcijo vse pogosteje vpiguje celuloza

ali vgradijo lesnovlasknene plošče. Za zunanji sloj izolacije se najpogosteje uporabljata ekspandirani polistiren in mineralna volna, v zadnjem obdobju tudi lesnovlasknene plošče, izbira je odvisna od želenih gradbenofizikalnih lastnosti.

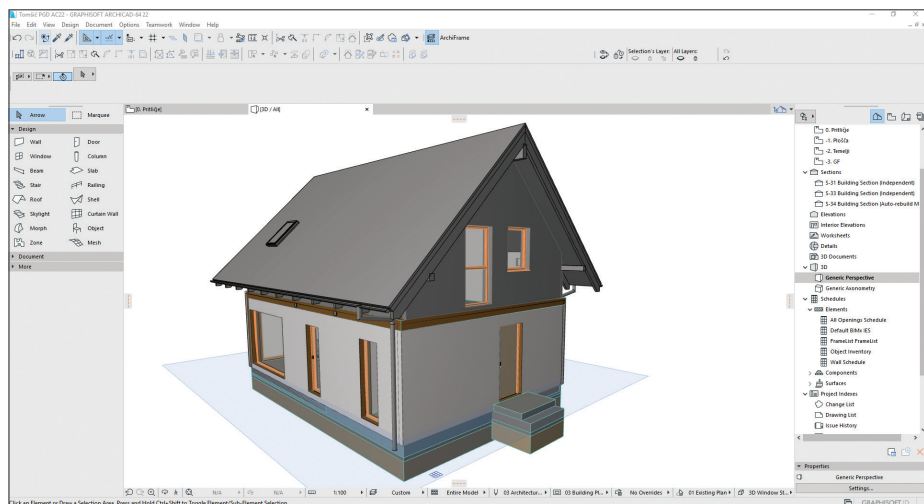
## 2 • UPORABLJENO BIM ORODJE – ARCHICAD, ARCHIFRAME

### 2.1 Archicad

Archicad je programsko orodje, primarno namenjeno arhitektom, oblikovalcem

(MEP – mechanical, electrical, and plumbing) vključni tudi projektiranje strojnih, električnih in drugih instalacij. S po-

močjo BIM-strežnika se lahko vzpostavi sočasno delo pri enem projektu, ki se ga lahko s pomočjo namenske programske opreme dodatno razširi do te mere, da je možno sodelovanje in komuniciranje s pametnimi tablicami ali mobilnimi telefoni (Graphisoft, 2019).



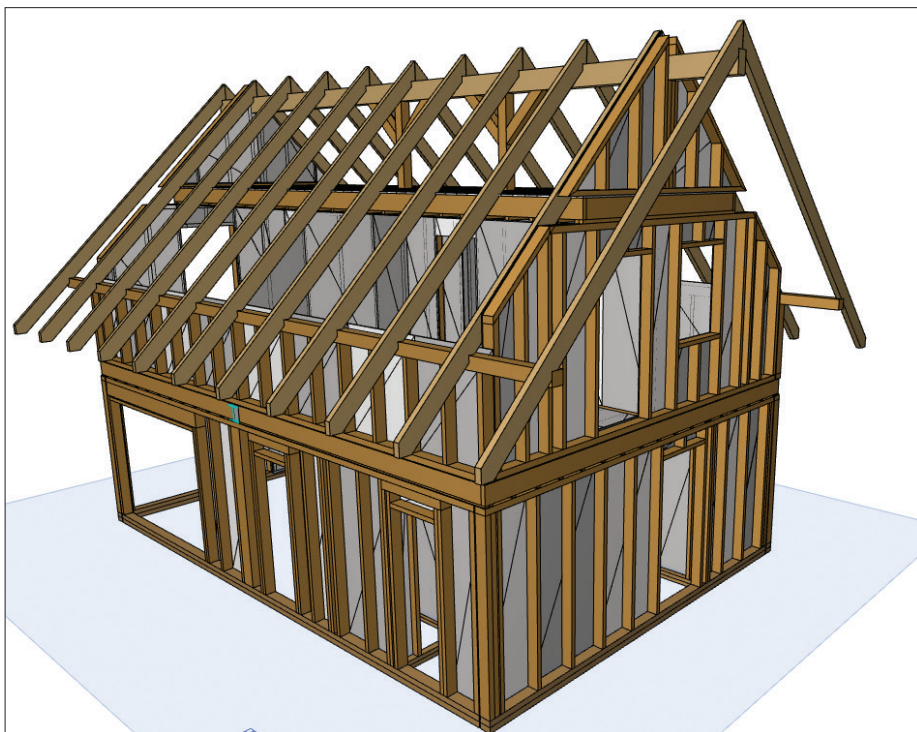
Slika 4 • Model obravnavane hiše v Archicadu.

### 2.2 Archiframe

Archiframe je dodatek (vtičnik) za programsko orodje Archicad, namenjen projektiranju lesenih konstrukcij. Ponuja nam orodja za izdelavo posameznih elementov objekta, od stebrov in nosilcev do okvirnih stenskih elementov, stropnih elementov in ostrešij. Prav tako lahko projektiramo masivne skladovne sisteme. Archiframe omogoča tudi detajliranje v leseni gradnji, kot je prikazano na sliki 6.

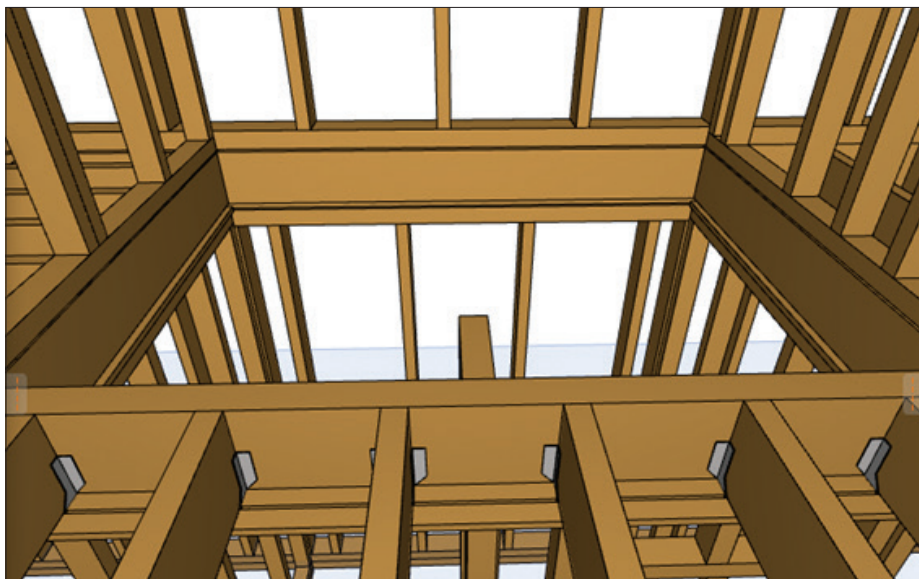
Z Archiframe lahko natančno izdelamo delavniške risbe, popise materialov in informacije za lesnoobdelovalne stroje (Archiframe, 2019).

in gradbeni industriji. Na voljo je v 17 jezikih in 27 lokaliziranih različicah, ki upoštevajo lokalne standarde in načine projektiranja. Archicad je začetnik pristopa »open BIM« za skupno oblikovanje, gradnjo in vzdrževanje zgradbe, ki temelji na odprtih standardih ter postopkih IFC (Industry Foundation Classes) in BCF (BIM Collaboration Format). Je eno izmed redkih programski orodij, ki ga neposredno podpirata operacijska sistema Microsoft Windows in Apple macOS. Archicad je programsko BIM-orodje madžarskega podjetja Graphisoft. Razvoj se je začel leta 1982, trenutna in analizirana verzija je 22. Velja za programsko orodje s prvo implementacijo BIM in prvi program, ki je bil zmožen ustvarjati tako 2D- kot 3D-geometrijo. Z možnostjo vključevanja grafičnega programiranja se lahko izdelajo poljubne oblike, ki se lahko parametrično obdelujejo. Dodatno se lahko prek vtičnika MEP-Modeler



Slika 5 • Model obravnavane hiše, obdelan v Archiframe.





Slika 6 • Menjalnik stopnišča in jekleni čevlji na končnem modelu v Archiframe.

Po kriteriju razvitosti BIM-modela smo model obravnavane hiše izdelali na nivoju LOD 400 (LOD – Level of Development), primernem za izdelavo delavniških risb (natančna geometrija, oblika, količina, lokacija, orientacija), in druge dokumentacije, potrebne za izdelavo montažnih elementov, vključno z vsemi potrebnimi informacijami za nadaljnje delo na CNC-strojih (Borrmann, 2018).

### 3 • MODELIRANJE ELEMENTOV HIŠE Z ARCHICAD IN ARCHIFRAME

#### 3.1 Modeliranje okvirnih stenskih in stropnih elementov

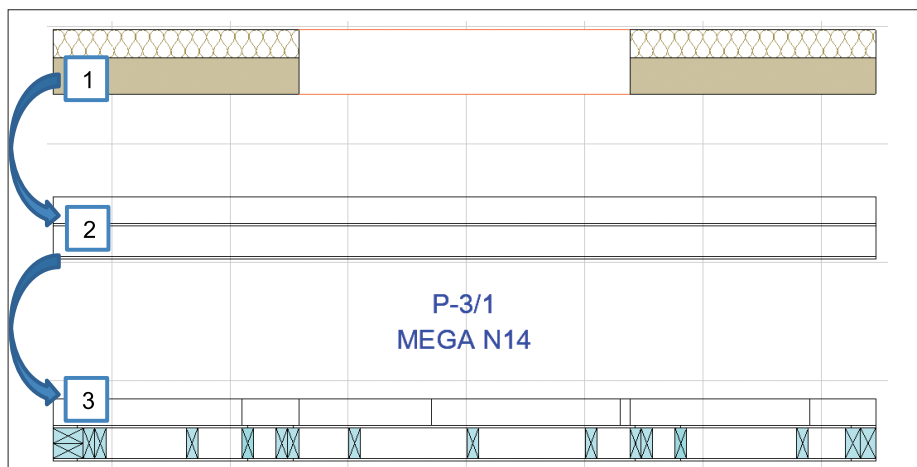
Z namenom testiranja interoperabilnosti Archicada smo vanj uspešno uvozili IFC-model hiše, ki je prikazan na sliki 4. Po uvozu se lahko prične modeliranje okvirnih elementov hiše s pomočjo vtičnika Archiframe. Za lažje in hitrejše delo je priporočljiv natančno pripravljen arhitekturni model, to pomeni, da so zmodelirane natančne debeline oz. sestave elementov (stena, strop, streha), višine posameznih elementov in medsebojno stikanje (stena pritličja–strop pritličja–stena mansarde). Če ni tako, so potrebni popravki arhitekturnega modela. Za delo z vtičnikom Archiframe je treba vsakemu okvirnemu elementu (kompozitu) predhodno definirati sloje, ki ga sestavljajo, in njihove lastnosti.

Okvirne elemente (stene, stropi) so lahko pripravljene za različne konstrukcijske sisteme (okvirnpanelni ali masivni), poleg tega tudi za različne tipe kompozitov, kot je na primer stenski element z instalacijsko ravnino ali strop pritličja oziroma strop mansarde. Vsi ti elementi, ki jih moramo definirati, so shranjeni v bazi in jih lahko uporabimo za nadaljnje projekte. Sistem modeliranja okvirnega elementa je prikazan na sliki 7:

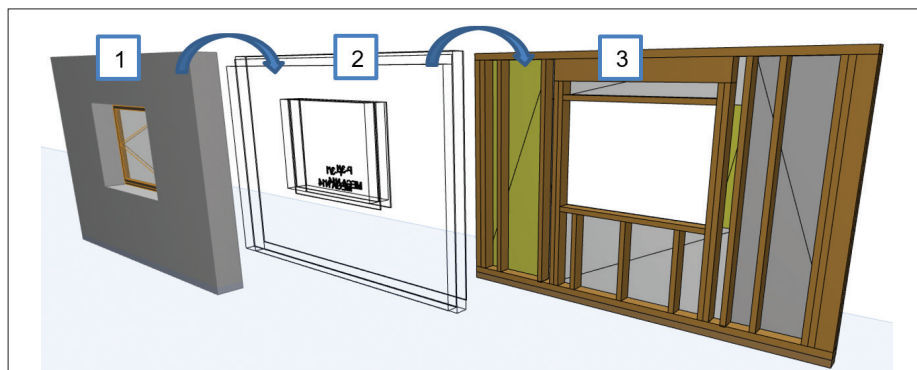
- »1« stenski element, uvožen v program Archicad (arhitekturni model),
- »2« stenski element, izdelan z vtičnikom »Archiframe okvirni elementi«,

- »3« končni stenski element z generiranimi vsemi sloji elementa.

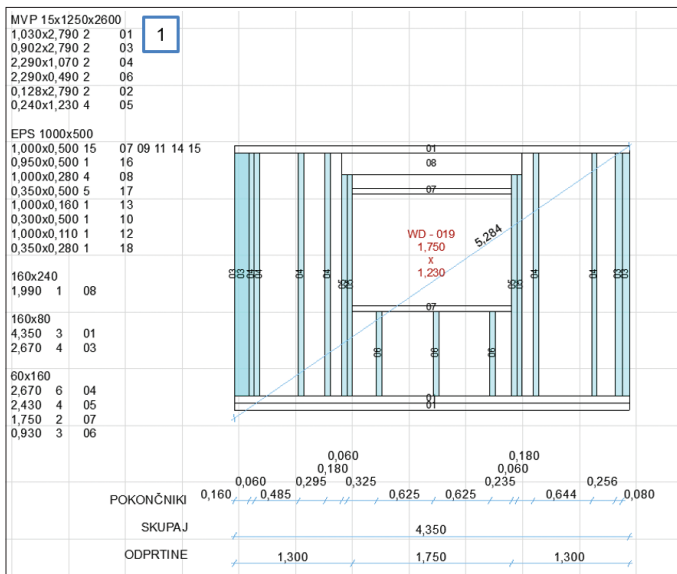
Generiranje posameznih slojev elementa se izvede avtomatsko s pravili generiranja, ki so določena v sklopu definiranja posameznih slojev okvirnega elementa. Programska oprema dopušča izbiro med številnimi vnaprej definiranimi možnostmi samodejnega gene-



Slika 7 • Postopek izdelave obravnavane stene.



Slika 8 • Postopek izdelave obravnavane stene v 3D-pogledu.



Slika 9 • Delavniška risba – pogled iz notranje strani.

riranja tako za osnovno nosilno konstrukcijo kot za obložne plošče. Postopek izdelave stene s pomočjo programske opreme je na sliki 8 prikazan še v 3D-pogledu. Pri fazi 3 smo za lažji pregled zakrili zunanji sloj izolacije in zunanjo obložno ploščo.

Po končanem generiranju posameznih slojev elementov lahko pripravimo delavniške risbe in naredimo popis materiala. Tega lahko izvozimo v tekstovni datoteki ali v datoteki .xls (Excel). Slika 9 prikazuje samodejno izdelano delavniško risbo za steno na slikah 7 in 8 z vključenim prikazom lesene nosilne konstrukcije. S številko »1« je označen del risbe, ki predstavlja popis materiala. Prva številka predstavlja velikost ali dolžino elementa (MVP, velikost 15 x 1,250 x 2,600 mm), druga številka število kosov (2) in tretja številka oznako elementa (01).

Postopek modeliranja stenskih elementov je treba ponoviti za stropne elemente, kot je prikazano na sliki 10. Pri tem je pod točko »1« prikazano predhodno definiranje slojev in nji-

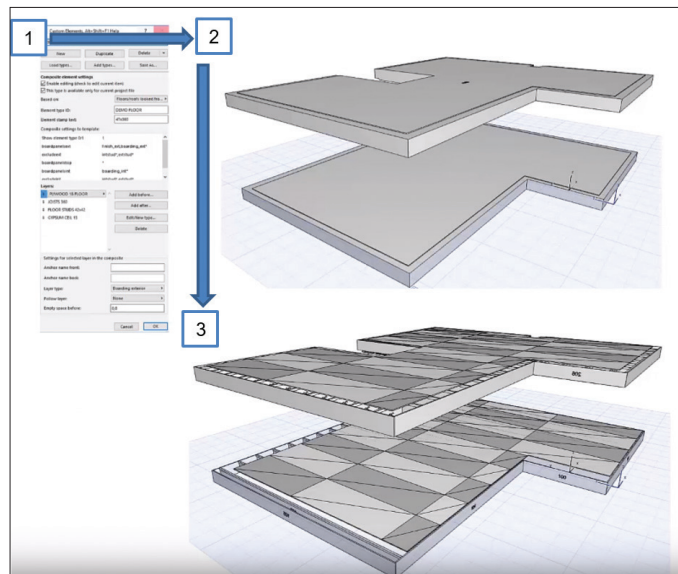
hovih lastnosti za celoten kompozit, pod točko »2« je prikazan stropni element, izdelan z »Archiframe okvirni elementi«, in pod točko »3« je prikazan celoten kompozit z generiranimi vsemi sloji.

V sklopu vtičnika Archiframe imamo možnost izvoza informacij v različne CNC-stroje. V osnovi je izvoz prilagojen strojem proizvajalca Hundegger, poleg teh pa še strojem proizvajalca Weinmann.

### 3.2 Možnosti detajliranja

Programska oprema omogoča modeliranje številnih standardnih spojev in priključkov med elementi. Primer priključevanja z lastovičjim repom je prikazan na sliki 11.

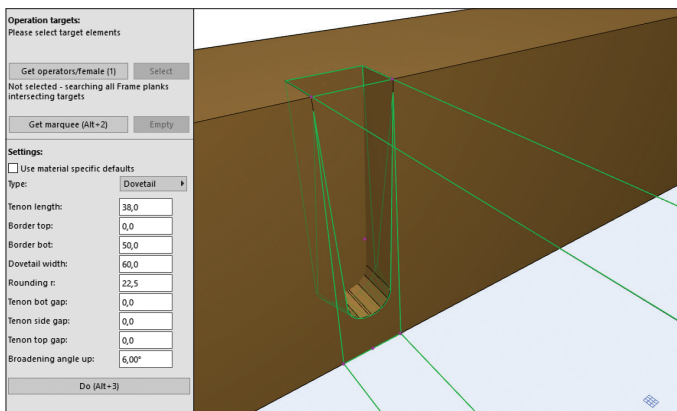
Če imamo pripravljene strojne in elektroinstalacije, jih lahko uvozimo prek dokumenta v formatu IFC v program Archicad in nato s pomočjo vtičnika Archiframe prilagodimo konstrukcijske elemente in po potrebi izvedemo preboje, katerih informacije se prav tako pre-



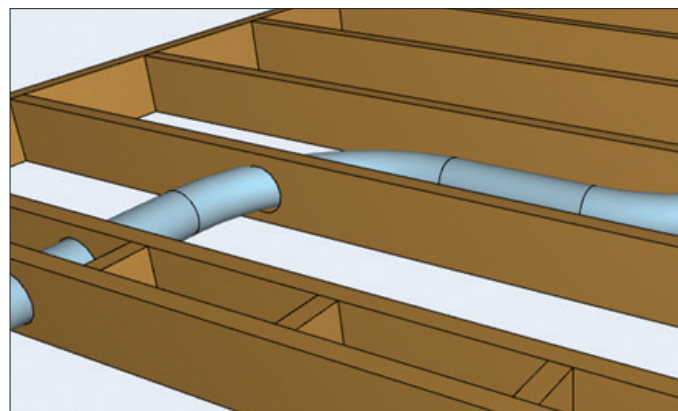
Slika 10 • Postopek izdelave stropnih elementov (Archiframe, 2019).

nesejo v CNC-stroje. Primer preboja je prikazan na sliki 12.

Za arhitekturni model, prikazan na sliki 4, smo s pomočjo orodja za okvirne elemente generirali vse plasti, ki so v posameznem okvirnem elementu. Na sliki 5 je prikazan končni BIM-model obravnavane hiše, pri katerem so zaradi lepšega pregleda v celoti zakrite fasadne plošče in zunanje obložne plošče. V končnem modelu so vključeni tudi vsi dodatni elementi, potrebni z vidika mehanske odpornosti in stabilnosti, vključno z vsemi jeklenimi elementi. Prav tako so vključeni vsi drugi elementi, kot so menjalniki, čevlji, preboji in drugi detajli. V tej fazi imamo pripravljene samodejno generirane delavniške risbe in lahko glede na risbe izdelamo popise materiala in datoteke za CNC-stroj. Končni model lahko shranimo kot datoteko Archicad ali v formatu IFC. V primeru hrambe v IFC-formatu lahko model uporabimo tudi v drugih programskih orodjih BIM.



Slika 11 • Priključek z lastovičjim repom.



Slika 12 • Preboj.

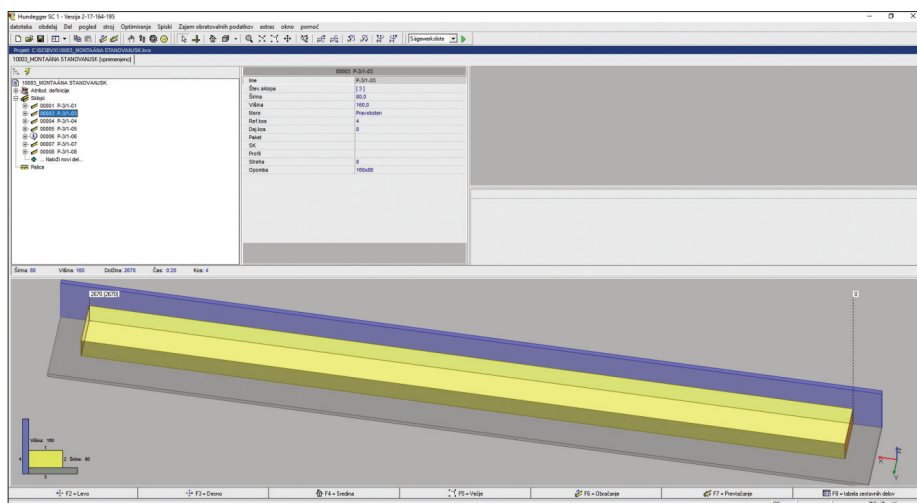


## 4 • POVEZLJIVOST BIM-CNC

Povezljivosti BIM-modela stenskega elementa z lesnoobdelovalnim CNC-strojem smo preverili s prenosom podatkov iz Archicad BIM-modela v CNC-stroj in uspešnost prenosa potrdili z izdelavo lesenih elementov stenskega elementa, obravnavanega v poglavju 3. S pomočjo Archiframe smo za obravnavano steno ustvarili datoteko s končnico .bvn, ki jo uporabljajo stroji proizvajalca Hundegger. Uporabniški vmesnik stroja Hundegger Speed-Cut, v katerega smo uvozili datoteko .bvn za obravnavani stenski element, je prikazan na sliki 13. Z vmesnikom lahko lesene elemente BIM-modela pred končnim razrezom po potrebi še dodatno obdelujemo.

S strojem Hundegger Speed-Cut (slika 14) so bili za obravnavani stenski element razrezani vsi leseni elementi (pokončniki, venci in preklade). Stroj Hundegger Speed-Cut SC2 omogoča natančen in hiter razrez lesa dimenzij od 20 mm x 40 mm do 160 mm x 450 mm poljubne dolžine (Hundegger, 2019).

Po razrezu vseh lesenih elementov se ti položijo na delovno mizo, kjer se s pomočjo delavniške risbe sestavijo in medsebojno spojijo. Na sliki 15 je prikazana dokončana lesena nosilna konstrukcija, sestavljena iz pokončnikov, vencev in preklade. Na konstrukcijo se položi parna zapora, pritrdijo notranje obložne mavčno-vlaknene plošče, izvede se zatesnitev stikov med ploščami, vgradi izolacijska mineralna volna in na koncu se pritrdijo še zunanje obložne plošče. Po vgradnji stavbnega pohištva in fasadnega sloja je stenski element pripravljen za montažo na gradbišču.



Slika 13 • Uporabniški vmesnik Hundegger Speed-Cut.



Slika 14 • Uvoz podatkov na stroj Hundegger Speed-Cut in razrez lesa.



Slika 15 • Dokončana lesena nosilna konstrukcija stenskega elementa.

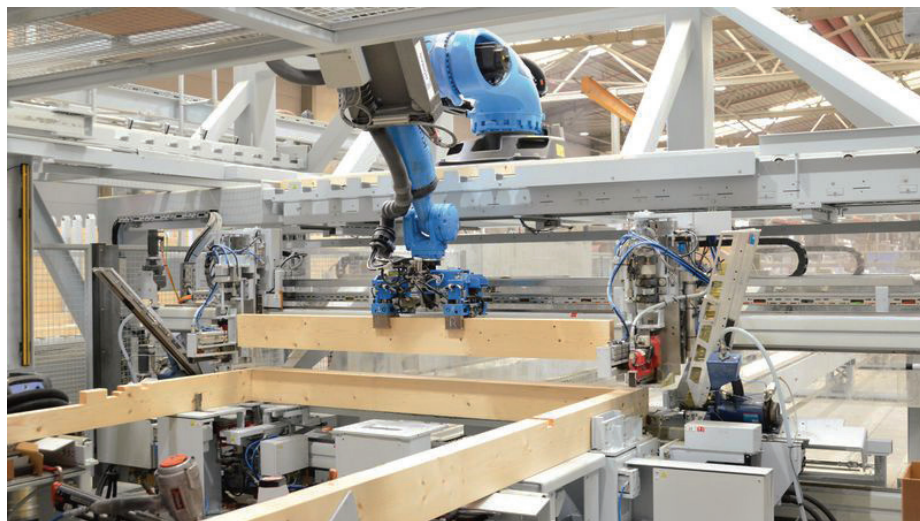
## 5 • SKLEP

Archicad in vtičnik Archiframe sta se v obravnavanem primeru izkazala za uspešno orodje. Z izdelanim BIM-modelom se lahko izdelajo kvalitetne delavniške risbe, ki se jih lahko uporabi v primeru nedigitalizirane proizvodnje. S programskim orodjem se lahko uspešno izvede tudi detajliranje, z vključitvijo strojnih in elektroinstalacij pa lahko izvajamo tudi teste kolizij. S programskim orodjem Archicad in vtičnikom Archiframe smo izdelali BIM-model lesene okvirnpanelne montažne hiše, ki smo ga uspešno prenesli v CNC-stroj Hundegger Speed-Cut in z njim izdelali osnovne gradnike lesenega okvirja. Takšen razrez s CNC-strojem je hiter in natančen, pod poljubnim kotom in nagibom, ročno merjenje, označevanje in dodajanje posameznih kosov lesa niso potrebni.

Pokazali smo, čeprav v manjšem obsegu in na specifičnem področju, da Industrija 4.0 in Gradbeništvo 4.0 nista le moden termin, da je iz digitalnega sveta možno priti neposredno v fizičnega. Način proizvodnje v gradbeništvu se lahko spremeni in se (lahko) spreminja tudi pri nas. Podjetje Marles še v letošnjem letu načrtuje uporabo prikazanega načina

modeliranja in izdelavo stenskih in stropnih elementov za celotno hišo.

V Sloveniji se vrednost opravljenih gradbenih del od leta 2016 neprestano povečuje (SURS, 2019). Priložnosti za Gradbeništvo 4.0 je in bo v slovenskem gradbeništvu veliko, problem ni znanje, problem sta volja in doslednost.



Slika 16 • Robot v lesni okvirni gradnji (Homag, 2019).

Naslednji korak v leseni okvirnpanelni montažni gradnji je vpeljava robotov za sestavo celotnega stenskega panela. Robotika v gradbeništvu namreč ni več vizija, postaja realnost. Robot na sliki 16 sestavlja leseni okvir s šestimi takti na minuto. V Južni Koreji in Singapurju, ki sta vodilni državi po uporabi robotov v industriji, število industrijskih robotov znaša že okoli 700 robotov na 10.000 zaposlenih (IFR, 2019).

## 6 • LITERATURA

- Archiframe, <https://www.archiframe.fi/en/in-brief>, 2019.
- Borrmann, A., König, M., Koch, C., Beetz, J., Building Information Modeling, Springer International Publishing, 2018.
- FrodX, Četrta industrijska revolucija, <https://frodX.com/cetrta-industrijska-revolucija/>, 2019.
- Furman, M., Izdelava BIM-modela lesene montažne hiše in povezljivost s CNC-stroji, Univerza v Mariboru, Fakulteta za gradbeništvo, prometno inženirstvo in arhitekturo, 2019.
- Graphisoft, Archicad 22, <https://www.graphisoft.com/archicad/> in <http://archicad.com/si/all-about-archicad/>, 2019.
- Homag, Roboter im Holzbau, <https://www.homag.com/news-events/news/artikel/roboer-im-holzbau/>, 2019.
- Hundegger, Innovationen für den Holzbau, <https://www.hundegger.de/de/maschinenbau/unternehmen.html>, 2019.
- IFR, International Federation of Robotics, <https://ifr.org/>, 2019.
- Marles d.d., Marles, <https://www.marles.com/hise/>, 2019.
- Schwab, K., Četrta industrijska revolucija, World Economic Forum, FrodX, d. o. o., 2016.
- SURS, Statistični urad, Republika Slovenija, <https://www.stat.si/StatWeb/Field/Index/6>, 2019.



# PILON AEC

Rhythmic Gymnastics Center in the Luzhniki Complex, Moscow  
Irina Viner-Usmanova, PRIDE | www.prideproject.pro



## #ARCHICAD je BIM

Program ARCHICAD že več kot 30 let postavlja standarde za računalniško podprto arhitekturno načrtovanje. Program ne omejuje vaše ustvarjalnosti, pri tem pa omogoča največjo produktivnost pri izdelavi dokumentacije. Močno zavedanje potreb po trajnostni gradnji je vodilo do integracije orodja za oceno energijskih potreb zgradb že v idejni fazi. Nudi edinstvene možnosti simulacij vpliva arhitekturne zasnove na energetski in ogljični odtis in možnost uporabe raznovrstnih predstavitev za komunikacijo z investitorjem ali izvajalci na gradbišču. Vključena rešitev BIMcloud omogoča sodelovanje neomejenega števila udeležencev na poljubno velikem BIM projektu v realnem času in postavlja nove standarde v BIM procesu. Te in mnogo drugih funkcionalnosti programa ARCHICAD so prepoznali tudi večkrat nagrajeni uporabniki pri nas in v tujini, ki so ga že osmo leto zapored izbrali kot najboljši BIM program. Pokličite nas ali pošljite mail za brezplačno predstavitev in osebno preverite zakaj vam lahko prehod na BIM poveča produktivnost in konkurenčnost.



Več informacij na [www.pilon.si](http://www.pilon.si) in [info@pilon.si](mailto:info@pilon.si)

# PRAKTIČNE IZKUŠNJE Z NAČRTOVANJEM IN GRADNJO PRVE TRAJNOSTNO OVREDNOTENE STAVBE V SLOVENIJI S PLATINASTIM DGNB- CERTIFIKATOM

## PRACTICAL EXPERIENCES WITH DESIGN AND CONSTRUCTION OF FIRST SLOVENIAN DGNB PLATINUM CERTIFIED SUSTAINABLE BUILDING

**Domen Ivanšek, univ. dipl. inž. grad.**

domen.ivansekk@knaufinsulation.com

Knauf Insulation, d. o. o.,

Trata 32, 4220 Škofja Loka

**Strokovni članek**

UDK 69.03:725(088.85)(497.4)

**Povzetek** | V članku je opisan novozgrajeni izobraževalno-demonstracijski objekt, imenovan Knauf Insulation Experience Center (KIEXC). Poleg zelo raznolike arhitekturne sestave stavbnega ovoja in BIM-modeliranja je njegova posebnost predvsem dejstvo, da gre za prvo novozgrajeno stavbo v Sloveniji, ki je bila certificirana po trajnostni shemi DGNB (dosežen je bil najvišji, platinasti certifikat). Je tudi prva stavba v Sloveniji s trajnostnim certifikatom Active House. Obenem je KIEXC tudi eden prvih prijavljenih pilotnih projektov v Evropi za ocenjevanje stavb po novem okviru trajnostnih kazalnikov Level(s), ki ga je razvila Evropska komisija. V vsebini članka so podrobneje opisane omenjene trajnostne sheme in Level(s) ter naše praktične izkušnje, rezultati in glavne ugotovitve tega pionirskega projekta.

**Ključne besede:** Knauf Insulation Experience Center, trajnostni certifikat, DGNB, Active house, Level(s)

**Summary** | The article describes a newly built educational and demonstration facility called Knauf Insulation Experience Center (KIEXC). In addition to the very diverse architectural structure of the building envelope and BIM modelling, its particularity is in the fact that it is the first newly built building in Slovenia, which was certified under the sustainable DGNB scheme (the highest platinum certificate was achieved), and the first building in Slovenia with Active House certificate. KIEXC is also one of the first pilot projects for the new sustainable buildings assessment framework called Level (s), developed by the European Commission. The article describes the above mentioned sustainable schemes and Level(s), followed by our practical experiences, results and main findings of this pioneering project.

**Key words:** Knauf insulation experience center, sustainability certificate, DGNB, Active house, Level(s)



## 1 • UVOD

Na gradbenem trgu je veliko trajnostnih zgradb, materialov in rešitev. Nekateri so resnično trajnostni, nekateri pa so se opre-

delili sami. Kako lahko razločimo ali primerjamo takšne rešitve in zgradbe ter ugotovimo, kako so vidiki trajnosti resnično izpolnjeni? V

slovenski gradbeni industriji je pomanjkanje takšnih meril, dobrih praks in praktičnega znanja. Po drugi strani obstaja več vidikov trajnosti, ki so že vključeni v nacionalne politike v zvezi z gradnjo, pojavil pa se je tudi evropski okvir trajnostnih kazalnikov stavb Levels(s). Ali res vemo, kako se z njimi spoprijeti?

## 2 • KNAUF INSULATION EXPERIENCE CENTER – O STAVBI

### 2.1 Splošno

Knauf Insulation Experience Center je regionalni demonstracijsko-izobraževalni center, namenjen izobraževalnim, dogodkovnim in poslovnim dejavnostim podjetja Knauf Insulation, d. o. o. (slika na naslovnici). Tu se izvajajo izobraževanja in praktične delavnice s področij toplotne izolacije, zvočne izolacije, požarne varnosti, bivalnega ugodja, trajnostne gradnje in gradbenih materialov ter projektiranja za vse tipe naših strank in partnerjev, tako slovenskih kot mednarodnih. Center stoji med sedežem podjetja Knauf Insulation, d. o. o., v Škofji Loki in stanovanjskim naseljem.

### 2.2. Arhitekturna zasnova

Stavba že s samo arhitekturno zasnovo načrtno demonstrira zelo široke in raznolike možnosti oblikovanja in kakovostne trajnostne gradnje s sistemi in gradbenimi materiali koncernov Knauf, Knauf Insulation, Knauf AMF ter pridruženih partnerjev. Ovoj stavbe tvori kar 6 različnih sestavov fasad ter 3 različne sestave ravne strehe. Frontalna valovita prezračevana fasada je izdelana iz cementno-vlaknenih plošč Aquapanel, sledita še dve ravni prezračevani fasadi z drugačnima oblogama in zeleno vegetacijsko steno Urbanscape. Dve fasadi sta kontaktni (ETICS), izvedeni s fasadnim sistemom Knauf v belem in skoraj črnem zaključnem barvnem odtenku. Na delu stavbe pa je tudi obešeni fasadni sistem iz fasadnih izolacijskih panelov Trimo. Večji del ravne strehe je deloma prekrit s sistemom ekstenzivne zelene strehe Urbanscape, deloma pa pohoden. Debelina izolacije iz kamene ali steklene volne na fasadah je od 20 do 25 cm, na strehi 28 cm, na tleh proti terenu pa 18 cm ekstrudiranega polistirena. Fasadne zasteklitve so troslojne nizkoemisivne. Nosilna konstrukcija frontalnega dela objekta s stopniščem in dvigalnim jaškom je izdelana iz litega armiranega betona, drugi, večji del stavbe pa iz predizdelanih armiranobetonskih elementov. V tem delu so zunanje stene zapol-

odpadne tople. Stavba spada v energijski razred A2 in je skoraj ničenergijska (nZEB). Notranje stene so večinoma suhomontažne,



Slika 1 • Knauf Insulation Experience Center – notranjost.

njene z opečnatimi zidovi s protipotresnimi vezmi. Etažnost objekta ortogonalne oblike je P + 1 + 2 (del), bruto tlorisna površina pa znaša 832 m<sup>2</sup>. Stavba se ogreva z odpadno toploto iz bližnjega proizvodnega kompleksa, prezračevanje je mehansko z rekuperacijo

za dobro akustiko prostorov pa so nameščene različne izvedbe akustičnih spuščeni in rastrov Knauf in Knauf AMF. Za odlično zaščito proti udarnemu zvoku je poskrbljeno z zadostno debelino kamene volne pod estrihi (sliki 1 in 2).

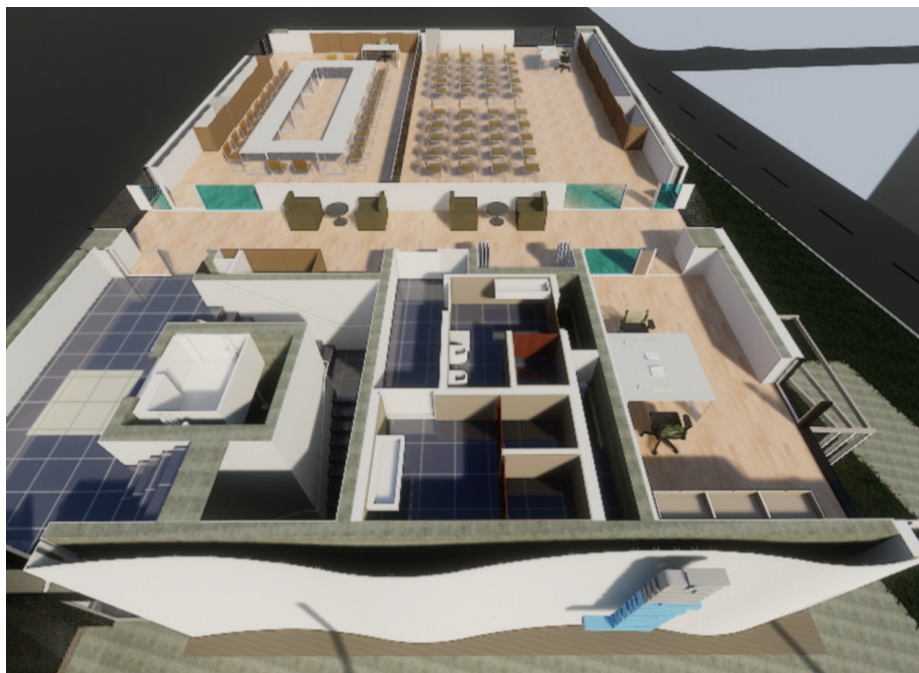


Slika 2 • Knauf Insulation Experience Center – zelena streha.



### 2.3. BIM-projektiranje

Arhitektura stavbe je bila projektirana s pomočjo BIM-metodologije v modelirniku Revit pri projektantskem podjetju Protim Ržišnik Perc. To nam je omogočalo enostavno uporabo naših že pripravljenih BIM-knjižnic produktov Knauf Insulation in Knauf, s čimer imamo v enem modelu na voljo vse glavne tehnične karakteristike in druge informacije. Kot investitorji smo se lahko po izdelanem BIM-modelu stavbe virtualno sprehajali že v zgodnjih fazah pred pričetkom gradnje in s tem bistveno učinkoviteje načrtovali interjerne rešitve in pozicije delovnih mest (slika 3). BIM-pristop po drugi strani tudi sili tako projektanta kot investitorja, da se večji del projektantskega dela interdisciplinarno izvede že v začetnih fazah projekta. Na ta način se prej opazi in odpravi morebitne skrite napake, kar ugodno vpliva na celotne stroške in čas projekta. Omenjeno pa tudi popolnoma sovпада s principom trajnostnega načrtovanja in gradnje stavb.



Slika 3 • Knauf Insulation Experience Center – pregledovanje BIM-modela.

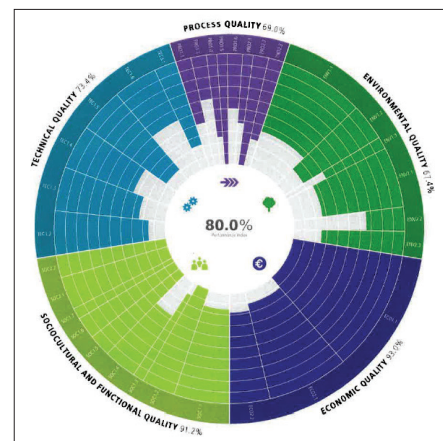
## 3 • TRAJNOSTNA GRADNJA IN OCENJEVALNE SCHEME

Že davno nazaj smo v podjetju Knauf Insulation presegli miselnost fokusiranja na energetsko učinkovitost in imamo v mislih gradbeništvo in stavbe kot celoto, z vsemi trajnostnimi vidiki. Težko pa je oceniti, koliko je neka stavba zares trajnostna. Zato smo želeli kvantitativno in kvalitativno dokazati najprej sebi in nato tudi drugim, da lahko naši materiali, rešitve in znanje zagotovijo sodobne, resnično trajnostne zgradbe. Ker v času odločanja o ocenjevanju ni bilo uveljavljene nacionalne ali druge, npr. evropske ocenjevalne metode ali sheme trajnostnih stavb, smo se odločali med štirimi svetovno najbolj razširjenimi in uveljavljenimi nevladnimi trajnostnimi certifikacijskimi shemami za stavbe: ameriški LEED, britanski BREEAM, nemški DGNB in francoski HQE. Odločili smo se za nemško certifikacijsko shemo DGNB, saj je od naštetih najbolj podrobna in detajlna, poleg tega pa smo na slovenskem gradbenem trgu zgodovinsko bolj vezani na DIN kot na druge standarde. Po splošni definiciji morajo biti za trajnostno gradnjo v čim večji meri izpolnjeni vsi trije glavni stebri: okoljski, ekonomski in družbeni vpliv. Trajnostna stavba dramatično zmanjšuje svoj škodljiv vpliv na okolje skozi celotno življenjsko dobo, hkrati pa zagotavlja zelo zdravo in udobno bivalno ali delovno okolje po ekonomsko dostopnih dolgoročnih stroških.

### 3.1. DGNB

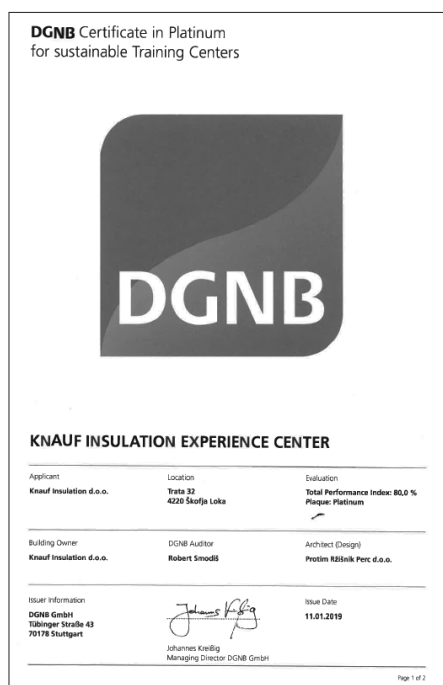
DGNB (Nemško združenje za trajnostno gradnjo) je v svoji vlogi neprofitna, nevladna organizacija, ki je l. 2009 razvila DGNB-sistem – trajnostno certifikacijsko shemo, ki temelji na konceptu celostne trajnosti, pri čemer je enak poudarek na okoljski, komercialni ter družbenokulturni in funkcionalni kakovosti, vse to pa povezuje še tehnična in procesna kakovost ob upoštevanju lastnosti lokacije (DGNB, 2015). Uporablja se po vsem svetu in velja za najnaprednejšo trajnostno shemo in orodje zagotavljanja trajnostnih kakovosti stavb. Vseh šest navedenih kakovosti stavbe se ocenjuje z mnogimi podkriteriji (v sistemski varianti NBI15 jih je 36). Ocenjevalna dokumentacija po podkriterijih zahteva izvedbe različnih izračunov, simulacij, opisov in drugih aktivnosti, podkrepljenih s fotografijami. Boljši rezultati teh aktivnosti prinesejo več ocenjevalnih točk po podanih kriterijih. Končni rezultat ocenjevanja je tortni diagram (slika 4), ki pregledno izkazuje trajnostne lastnosti stavbe po vseh podkriterijih ter skupni seštevek. Glede na dosežen skupni rezultat in rezultat pri posameznih kakovostih stavbe se projektu podeli enega od DGNB-certifikatov: bronasti (ni mogoče podeliti novogradnjam), srebrni, zlati in platinasti.

Načrtovanje in gradnja stavbe po taki trajnostni certifikacijski shemi je v več pogledih za stopnjo ali dve zahtevnejša od podobne gradnje po nacionalnih predpisih.



Slika 4 • Diagram rezultata DGNB-ocenjevanja Knauf Insulation Experience Centra.

Pri okoljski kakovosti je treba voditi zelo podroben popis gradbenih materialov in njihovih količin, saj se pri gradnji sme uporabljati le čim bolj neoporečne gradbene materiale. Del DGNB-dokumentacije je namreč seznam potencialno oporečnih gradbenih materialov z navedbami okolju ali zdravju škodljivih komponent, ki jih le-ti lahko vsebujejo (npr. gradbeni produkti iz lesa: vsebnost VOC (organskih hlapljivih snovi), sredstva za zaščito lesa – biocidi, vsebnost bora (dodani kemični



Slika 5 • Platinasti DGNB-certifikat za stavbo Knauf Insulation Experience Center.

požarni retardanti), izvor lesa – trajnostni certifikat PEFC/FSC ...). DGNB te materiale razvršča v 4 kakovostne stopnje, najvišja ima teh škodljivih komponent najmanj oz. idealno nič. V fazi projektiranja smo si zadali, da bomo uporabili čim več materialov iz kakovostne stopnje 4 ali vsaj 3. To je pomenilo, da smo morali pred dobavo gradbenih materialov pridobiti vse ustrezne dokumente, vključno z nestandardnimi izkazi (tehnični list, varnostni list, okoljske produktno deklaracije, okoljski certifikati – Ecodecode, Blue Angel, izjave ali testna poročila o vsebnosti VOC, biocidov, težkih kovin, ftalatov ...). Nujni sta tudi izvedba LCA-analize vpliva stavbe na okolje v celotni življenjski dobi, ki predstavlja velik del skupne ocene, ter analiza rabe pitne vode.

Pri ekonomski kakovosti je nujna izvedba LCC-analize, ki poleg začetne finančne investicije obsega tudi stroške obratovanja, vzdrževanja, čiščenja, energentov in pitne vode v celotni življenjski dobi. Dodatno se ocenjuje tudi fleksibilnost zasnove stavbe in instalacij z možnostmi poznejše spremembe namembnosti in komercialno zanimivost.

Pri družbeno-kulturni in funkcionalni kakovosti se ocenjuje doseženo toplotno, akustično in vizualno ugodje, kjer so potrebne dodatne analize, simulacije in izračuni dnevne in umetne svetlobe ter akustike. Izredno pomembna je tudi varnost, enostavnost uporabe in dostopnost za invalide osebe.

Zelo veliko težo pa ima obvezna izvedba meritev VOC in formaldehida v notranjih prostorih, ki se opravi v roku do štiri tedne po končani gradnji po standardu EN 16000 (brez povišanja). Po odvzemu vzorcev se v laboratoriju opravi analiza na 128 kemikalij in formaldehid. Možnost za opravljanje meritev je samo ena – če vsebnosti VOC in formaldehida presegajo največje dovoljene vrednosti, trajnostnega certifikata ne glede na vse ostale izvedene ukrepe ni možno pridobiti. KIEXC je bil prva stavba v Sloveniji, kjer so se opravljale take meritve – analiza je pokazala najnižje možne vsebnosti VOC, formaldehid pa ni bil zaznan.

V okviru tehnične kakovosti se ocenjuje kakovost zunanjega ovoja, zvočna izolirnost, trajnostna mobilnost, enostavnost vzdrževanja in čiščenja ter možnosti demontaže in razgradnje objekta. Pri procesni kakovosti se spodbujajo integralno načrtovanje, izdelava primerjalnih analiz in simulacij, vključevanje trajnostnih vidikov v razpisno dokumentacijo, poostren nadzor gradnje, sprotno teste kvalitete izvedbe, nadzor nad odpadki in izdelavo popolne uporabniške dokumentacije. Kakovost lokacije pa se ocenjuje na podlagi predhodne rabe zemljišča, nevarnosti naravnih ujm in bližine transportnih in parkirnih možnosti ter storitvenih in drugih komoditet.

Osnovno ocenjevanje izvaja neodvisni DGNB Auditor (najvišja, tretja stopnja ocenjevalca), ki je v Sloveniji trenutno samo g. Robert Smodiš. Odgovorna projektantka je imela opravljeno 2. stopnjo ocenjevalca – DGNB konzultat, sam pa sem imel pred pričetkom projekta opravljeno 1. stopnjo ocenjevalca, DGNB Registered Professional. Končna projektna in ocenjevalna dokumentacija z vsemi avditorjevimi ocenami in opombami se nato pošlje na sedež centralne organizacije DGNB na končno revizijo in ocenjevanje. Na podlagi vseh izvedenih ukrepov in uporabljenih materialov smo dosegli visok končni rezultat, s čimer je bil centru KIEXC podeljen najvišji možen, platinasti DGNB-certifikat (slika 5). Trenutno je na svetu DGNB certificiranih 1114 stavb, od tega 18 % s platinastim certifikatom.

### 3.2. Active House

Zveza Active House (Active House Alliance (AHA, 2013)) je leta 2011 ustanovljeno ne-profitno združenje, ki ga upravljajo in podpirajo člani in partnerji združenja. Certifikacijska shema za ocenjevanje trajnostnih lastnosti stavb Active House se opira na tri glavne stebre: ugodje (dnevna svetloba, zdrav in svež zrak, toplotno udobje), okolje (LCA-analiza,

raba vode) in energija, skupno obravnava 9 ocenjevalnih podkriterijev. Na podlagi prejete dokumentacije in orodij se izvede vrednotenje podkriterijev po stopnjah od 1 do 4, končno ocenjevanje pa se opravi pri neodvisnem specialistu. Rezultat ocenjevanja je »radarski« diagram dosežene stopnje vsakega podkriterija in enotni certifikat Active House. Namen sheme je pomoč projektantom in investitorjem za lažje upoštevanje in doseganje trajnostnih vidikov stavb, predvsem v fazi projektiranja. Prirejena je stanovanjskim stavbam, uporablja pa se lahko tudi za druge. Za razliko od DGNB sheme je Active House manj zahtevna, hitrejša za izvedbo, vendar se ne osredotoča toliko na samo izvedbo in ne razlikuje med posameznimi tipi stavb ali državami, kar za stavbo, ki ni stanovanjska in ima drugačne projektantske prioritete in izhodišča, morda ne poda najbolj objektivne ocene. Veliko rezultatov glavnih analiz (LCA, raba pitne vode, meritve VOC in formaldehidov, dnevna svetloba) smo lahko uporabili iz DGNB-ocenjevanja. KIEXC je prva stavba v Sloveniji s pridobljenim certifikatom Active House.

### 3.3. Level(s)

Po pričetku DGNB-vrednotenja in gradnje smo izvedeli tudi za novi okvir trajnostnih kazalnikov stavb Level(s), ki ga je razvila Evropska komisija (Dodd, 2017). Cilj te iniciative je, da trajnostno vrednotenje oz. gradnja postane enostavnejši ali celo integralni del masovnega trga z uporabo enotnih metod in standardov na ravni Evropske unije, saj je trenutno na svetu trajnostno certificiranih le približno 1 % stavb. Do leta 2021 je iniciativa v fazi prostovoljnega vrednotenja (namenjeno predvsem pisarniškim in stanovanjskim stavbam, tako za novogradnje kot renovacije) po enemu od treh nivojev, ki se razlikujejo po poglobljenosti: Level 1, 2 ali 3. Ker smo želeli prispevati k raziskavam in razvoju te iniciative, smo KIEXC prijavili kot enega prvih pilotnih projektov v Evropi. Trenutno izvajamo vrednotenje po Level 1. Ker je bil okvir Level(s) razvit v sodelovanju z DGNB, imata zelo podobne zahteve – ravno tako je treba izvesti LCA-, LCC-analizo in analizo porabe pitne vode, voditi detajlni popis materialov in njihovih okoljskih lastnosti ter opraviti meritve VOC v notranjem zraku. Po letu 2021 bo okvir Level(s) uradno zagnan in bo lahko služil kot mednarodna platforma oz. orodje za potencialno implementacijo v uporabo članic Evropske unije. Gre za orodje vrednotenja, in ni certifikacijska shema, pri kateri bi stavbam podeljevali certifikate različnih nivojev.

## 4 • PRAKTIČNE IZKUŠNJE IN GLAVNE UGOTOVITVE

Načrtovanje in gradnja po eni od trajnostnih shem je v nekaterih pogledih na višjem zahtevnostnem nivoju od primerljive gradnje po standardnih predpisih. Najpomembnejša je kvalitetna interdisciplinarna faza projektiranja, kjer se že v začetku vključi trajnostne dejavnike iz izbrane certifikacijske sheme. Izvedba različnih variant, simulacij in analiz v začetnih projektnih fazah lahko močno izboljša kakovost končnega produkta in zadovoljstvo investitorja. Spremembe v poznejših fazah projekta lahko podaljšajo čas gradnje in povečajo stroške. Trajnostna certifikacijska shema je lahko zelo obsežna. Ne gre zgolj za nabiranje točk – gre predvsem za orodje za sledenje seznamu koristnih ali nujnih ukrepov in napotkov pri načrtovanju in gradnji za doseganje kvalitetnega produkta. Vključevanje meril v razpisno dokumentacijo mora biti jasno, prijaviteljem na razpis (npr. za izvedbo del) pa je treba posebnosti in višje zahteve jasno razložiti še pred zaključkom razpisa. Z vsemi udeleženci je priporočeno imeti stalen

izobraževalni pristop, sploh na področjih izbire in okoljskih izkazov gradbenih materialov. Tu je namreč treba pridobiti kar nekaj težje dostopne dodatne dokumentacije, ki vsebuje mnogo manj poznanih strokovnih izrazov. Ravno pravočasno pridobivanje vse te dokumentacije vnaprej, pred dobavo na gradbišče, vendar brez zamud zaradi tega postopka, je bil eden največjih izzivov projekta. Zelo pomemben je tudi poostren nadzor na gradbišču – predvsem v smislu preverjanja ustreznosti dobavljenih in vgrajenih gradbenih materialov. Trajnostne sheme pri lesenih gradbenih izdelkih običajno predpisujejo les iz trajnostno gospodarjenih gozdov (produkti s certifikatom PEFC/FSC) s sledljivostjo (CoC). Nekateri taki produkti so v gradbenih trgovinah normalno dostopni (npr. OSB-plošče). Še posebej pri stavbnem pohištvu pa se izpolnjevanje teh zahtev lahko izkaže za težavno, saj nekateri mizarji les kupujejo v večjih količinah in ga vgradijo v produkte za več različnih strank, za te produkte pa težko pridobijo ustrezne

papirje. Ob tem upoštevajmo še dejstvo, da večina trajnostno certificiranega lesa k nam pride z uvozom, medtem ko imamo v Sloveniji več kot dovolj lastnega kakovostnega lesa, le da ta nima navedenega certifikata. Podobna ugotovitev velja tudi za gradbene produkte, kjer so zahtevani drugi okoljski znaki – npr. Ecodecode ipd. – slovenski produkti brez teh certifikatov na prvi pogled niso primerni, lahko pa z dokazili o opravljenih ustreznih meritvah dokažejo ustreznost. Izkoriščanje nišnosti »zelenega« gradbenega produkta z nesorazmerno visoko prodajno ceno je bila k sreči izjema in ne pravilo. Ugotavljamo, da z vsemi uporabljenimi produkti in rešitvami koncerna Knauf, Knauf Insulation in Knauf AMF izpolnjujemo najvišje okoljske zahteve in nudimo tudi vso zahtevano dokumentacijo o materialih in analizah. Sprotne in končne kontrolne meritve in preizkusi, ki jih predpisuje ali spodbuja trajnostna shema, so zelo dobrodošlo orodje, ki pripomore k doseganju kakovostne stavbe. Zanimiva ugotovitev LCC-analize je podatek, da bo neto strošek čiščenja stavbe v življenjski dobi (50 let) znašal 8 % vseh stroškov, neto strošek energentov pa le 5 %, čeprav so bile potrebe po čiščenju močno optimizirane.

## 5 • SKLEP

Prednosti: načrtovanje in gradnja stavbe po trajnostni shemi DGNB nudi projektantu, predvsem pa investitorju veliko večjo kontrolo nad celotnim projektom. Investitor praviloma dobi stavbo višje kvalitete za investiran denar, kvaliteta in udobje pa sta dokazana z neodvisnimi meritvami. Vrednost takega objekta pri prodaji

ali oddajanju je po tržnih analizah višja, stroški pa precej dobro znani vnaprej. Okoljski vpliv take stavbe je minimaliziran, s skrbno izbiro vgrajenih materialov, rabo vode in ravnanjem z odpadki.

Izzivi: Vsekakor je treba za tak način načrtovanja in gradnje predvideti nekoliko več časa

– predvsem pri načrtovanju, dodatno tudi pri gradnji. Razpoložljivost določenih nišnih okolju prijaznih gradbenih produktov na slovenskem trgu je lahko vprašljiva, kar je priložnost za razvoj novih produktov slovenskih proizvajalcev. Znanje večine udeleženi v gradbeništvu o trajnostni gradnji in z njo povezanih strokovnih pojmov se mora precej izboljšati, kar poudarja pomen izobraževanja na tem področju. In to je tudi eno od poslanstev Knauf Insulation Experience Centra.

## 6 • LITERATURA

AHA, Active House Alliance, ACTIVE HOUSE – the specifications for residential buildings 2nd edition, 2013.

DGNB GmbH, Neubau Bildungsbauten Version, 2015.

Dodd, N., Cordella, M., Traverso, M., Donatello, S., (Unit B5), Level(s) – A common EU framework of core sustainability indicators for office and residential buildings, Parts 1 and 2: Introduction to Level(s) and how it works (Draft Beta v1.0), 2017.



# NOVI DIPLOMANTI

## UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

### I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Mitja Gregorčič**, Računalniški pripomoček za določanje upogibnega momenta po TDR v osno obremenjenih AB elementih, mentor doc. dr. Jože Lopatič; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=107554>

**Luka Jurko**, Vpliv ozelenjenih konstrukcijskih sklopov in vlažnosti substrata na toplotni odziv stavbe, mentor doc. dr. Mitja Košir, somentor asist. Luka Pajek; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=107560>

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Andraž Dežman**, Projektiranje večetažne armiranobetonske stavbe v Ljubljani, mentor doc. dr. Jože Lopatič; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=107565>

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM STAVBARSTVO

**Katja Ogris**, Potencial uporabe navidezne resničnosti za izboljšanje komunikacije v gradbenih projektih, mentor prof. dr. Žiga Turk, somentor asist. dr. Robert Klinc; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=107564>

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

**Jovana Grubač**, Čiščenje odpadnih voda v manjšem poslovnem objektu s pomočjo tehnologije MBR, mentor doc. dr. Mario Krzyk; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=107587&lang=slv>

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

### I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVA

Študij je z diplomskim izpitom zaključil:

**Zdenko Kamenšek**

### III. STOPNJA – DOKTORSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVA

**Rok Cajzek**, Stroškovna optimizacija planov gradbenih projektov z omejenimi viri in alternativnimi proizvodnimi procesi z mešanim celoštevilskim nelinearnim programiranjem, mentor izr. prof. dr. Uroš Klanšek; <https://dk.um.si/lzpisGradiva.php?id=73057&lang=slv>

Rubriko ureja • Eva Okorn, [gradb.zveza@siol.net](mailto:gradb.zveza@siol.net)

# KOLEDAR PRIREDITEV

**9.-14.6. 2019**

**ICOLD 2019 – 87th Annual Meeting: International Commission on Large Dams**

Ottawa, Kanada  
[www.icold-cigb2019.ca/](http://www.icold-cigb2019.ca/)

**17.-20.6. 2019**

**7 ICEGE 2019 – International Conference on Earthquake Geotechnical Engineering**

Rim, Italija  
[www.7icege.com/](http://www.7icege.com/)

**17.-20.6. 2019**

**8th International Conference on Railway Operations Modelling and Analysis - Rail Norrköping 2019**

Norrköping, Švedska  
[www.railnorrkoping2019.org/](http://www.railnorrkoping2019.org/)

**24.-26.6. 2019**

**COMPdyn 2019 – 7th International Conference on Computational Methods in Structural Dynamics and Earthquake Engineering**

Kreta, Grčija  
<https://2019.compdyn.org/>

**1.-6.7. 2019**

**16WCSI – 16th World Conference on Seismic Isolation, Energy Dissipation and Active Vibration Control of Structures**

Sankt Peterburg, Rusija  
[www.16wcsi.org/](http://www.16wcsi.org/)

**10.-12.7. 2019**

**International Conference on Road and Airfield Pavement Technology 2019**

Kuala Lumpur, Malezija  
<http://conference.upm.edu.my/ICPT?>

**10.-12.7. 2019**

**2019 European Conference on Computing in Construction**

Hanija, Kreta, Grčija  
<https://ec-3.org/conf2019/>

**12.-15.8. 2019**

**ICSBM 2019 – The 2nd International Conference on Sustainable Building Materials**

Eindhoven, Nizozemska  
<https://susbuildmat.com/>

**21.-23.8. 2019**

**14th International Workshop for Micropiles**

Gold Coast, Queensland, Avstralija  
[www.ismicropiles.org/](http://www.ismicropiles.org/)

**27.-29.8. 2019**

**5th International Conference on Smart Monitoring, Assessment and Rehabilitation of Civil Structures**

Potsdam, Nemčija  
[www.smar2019.org/](http://www.smar2019.org/)

**10.-13.9. 2019**

**CGE-2019 – 3rd International Conference “Challenges in Geotechnical Engineering”**

Zielona Gora, Poljska  
[www.cgeconf.com/en/](http://www.cgeconf.com/en/)

**16.-20.9. 2019**

**ICCC 2019 – 15th International Congress on the Chemistry of Cement**

Praga, Češka  
[www.iccc2019.org/](http://www.iccc2019.org/)

**29.9.-2.10. 2019**

**ICITG – 3rd International Conference on Information Technology in Geo-Engineering**

Guimaraes, Portugalska  
[www.3rd-icitg2019.civil.uminho.pt/](http://www.3rd-icitg2019.civil.uminho.pt/)

**2.-5.10. 2019**

**MASE 2019 - 18th International Symposium of Macedonian Association of Structural Engineers**

Ohrid, Makedonija  
<http://mase.gf.ukim.edu.mk/MASE18-symposium.html>

**23.-25.10. 2019**

**4. regionalni simpozij o zemeljskih plazovih v Jadransko-balkanski regiji - 4th Regional Symposium on Landslides in the Adriatic-Balkan Region**

Sarajevo, Bosna in Hercegovina  
[www.geotehnika.ba/ReSyLAB\\_2019.html](http://www.geotehnika.ba/ReSyLAB_2019.html)

**7.-8.11. 2019**

**41. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije**

Bled, Slovenija  
[www.sdgc.si/index.php](http://www.sdgc.si/index.php)

**11.-14.5.2020**

**14th Congress INTERPRAEVENT 2020**

Bergen, Norveška  
[www.interpraevent.at/?tpl=termine.php&kategorie=1&id=187](http://www.interpraevent.at/?tpl=termine.php&kategorie=1&id=187)

**7.-11.9.2020**

**6th International Conference on Geotechnical and Geophysical Site Characterisation**

Budimpešta, Madžarska  
[www.isc6-budapest.com/](http://www.isc6-budapest.com/)

**2.-6.11.2020**

**5th World Landslide Forum**

Kjoto, Japonska  
<http://wlf5.iplhq.org/>

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