

oktober 2024  
letnik 73

# Gradbeni vestnik

GLASILO ZVEZE DRUŠTEV GRADBENIH INŽENIRJEV IN TEHNIKOV SLOVENIJE IN  
MATIČNE SEKCije GRADBENIH INŽENIRJEV INŽENIRSKE ZBORNICE SLOVENIJE



210

ZGOŠČEVANJE ASFALTNE PLASTI

# Gradbeni vestnik

Izdajatelj:  
**Zveza društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije (ZDGITS),**  
Karlovška cesta 3, 1000 Ljubljana,  
telefon 01 52 40 200  
v sodelovanju z **Matično sekcijo gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije (IZS MSG)**,  
ob podpori **Javne agencije za znanstvenoraziskovalno in inovacijsko 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:  
**ZDCITS:** prof. dr. Matjaž Mikoš, predsednik  
izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski  
Miha Jukić  
**IZS MSG:** dr. Rok Cajzek  
mag. Jernej Nučič  
Tina Bučić  
**UL FGG:** izr. prof. dr. Matija Gams  
**UM FGPA:** prof. dr. Miroslav Premrov  
**ZAG:** doc. dr. Aleš Žnidarič

Uredniški odbor: izr. prof. dr. Primož Može, glavni in odgovorni urednik  
prof. dr. Uroš Klanšek

Lektor: Jan Grabnar

Lektorica angleških povzetkov:  
Romana Hudin

Tajnica: Eva Okorn

Oblikovalska zasnova: Agencija GIG

Tehnično urejanje, prelom in tisk:  
Kočevski tisk

Naklada: 400 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 [www.zveza-dgits.si](http://www.zveza-dgits.si)

Letno izide 12 številk. Letna naročnina za individualne naročnike znaša 25,50 EUR; za študente in upokojence 10,50 EUR; za družbe, ustanove in samostojne podjetnike 188,50 EUR za en izvod revije; za naročnike iz tujine 88,00 EUR. V ceni je vštet DDV. Poslovni račun ZDGITS pri NLB Ljubljana: SI56 020170015398955

Slika na naslovnici:  
Viadukt Jenina,  
foto: arhiv Freyssinet Adria SI, d.o.o.

Glasilo Zveze društev gradbenih inženirjev in tehnikov Slovenije in Matične sekcije gradbenih inženirjev Inženirske zbornice Slovenije.  
UDK-UDC 05 : 625; tiskana izdaja ISSN 0017-2774;  
spletna izdaja ISSN 2536-4332.

Ljubljana, oktober 2024, letnik 73, str. 209-232

## 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 dvojnim presledkom 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 uvida; 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. Uporabljenia 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 uporabljenia 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: [primoz.moze@fgg.uni-lj.si](mailto:primoz.moze@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

Damjan Zore, dipl. inž. grad.

### ZGOŠČEVANJE ASFALTNE PLASTI COMPACTION OF THE ASPHALT LAYER

210



## POROČILI S STROKOVNIH SREČANJ

Miša Hrovat (Maga, d. o. o.)

### 8. KONFERENCA TRAJNOSTNE GRADNJE

221



Laura Resnik (Zavod Brez ovir, so. p.)

### SEJEM VARNOST IN PREVENTIVA 2024: ZA TRAJNEJŠO PRIHODNOST

224



## FOTOREPORTAŽA Z GRADBIŠČA

Miha Maraž, univ. dipl. inž. grad. (Freyssinet Adria SI, d.o.o.)

### NARIVANJE VIADUKTA JENINA

226



## NOVI DIPLOMANTI

Eva Okorn

230

## KOLEDAR PRIREDITEV

Eva Okorn

Damijan Zore, dipl. inž. grad.

damijan.zore@igmat.eu

Igmat, d. d.

Zadobrovška cesta 4, 1260 Ljubljana Polje



Strokovni članek

UDK/UDC: 665.775.4

# ZGOŠČEVANJE ASFALTNE PLASTI COMPACTION OF THE ASPHALT LAYER

## Povzetek

Človek uporablja asfalt (zmes kamnitih zrn, vezanih z bitumnom) že več kot sedem tisoč let in je eden od najpogosteje uporabljenih gradbenih materialov. Proizvodnja vroče asfaltne zmesi (HMA - hot mixed asphalt) je dovršena proizvodnja, ki večinoma zagotavlja ustrezne kakovostne karakteristike. Običajno povsod najdemo pomanjkljivosti in pri asfaltu je ena glavnih ta, da je proizvedena zmes podvržena ohlajevanju, plasti s prenizko temperaturo pa ni več mogoče zgostiti.

Da bi se temu v čim večji možni meri izognili, je treba poznati različne pogoje ter njihove vplive na uspešnost zgoščevanja asfaltne plasti.

Namen tega članka je:

- predstaviti problematiko zgoščevanja asfaltne plasti,
- zvišati nivo razumevanja obnašanja asfaltne plasti med zgoščevanjem,
- prikazati, da se z ustreznim strokovnim pristopom in uvedbo ukrepov lahko doseže bistveno višja učinkovitost zgoščevanja.

Ključne besede: časovno okno zgoščevanja, temperaturna segregacija

## Summary

Asphalt (a mixture of stone grains bound with bitumen) has been used by man for over seven thousand years and is one of the most widely used building materials. The production of hot mixed asphalt (HMA) is a sophisticated process that mostly ensures adequate quality characteristics. There are usually shortcomings everywhere, and one of the main shortcomings in asphalt is that the produced mixture undergoes cooling, and the layer with too low temperature can no longer be thickened.

In order to avoid this as much as possible, it is necessary to know the various conditions and their influence on the success of the asphalt layer compaction.

The purpose of this article is to:

- present the problem of the asphalt layer compaction,
- increase the level of understanding of the behaviour of the asphalt layer during compaction,
- demonstrate that with an appropriate professional approach and the introduction of measures, a significantly higher efficiency of compaction can be achieved.

Key words: compaction time window, temperature segregation

## 1 UVOD

V asfaltnem obratu proizvedeno zmes vzorčimo iz kamiona ali pri polžih finišerja. Običajno se najprej izvedejo osnovne preiskave vzorčene zmesi, kot so zrnavostna sestava, delež bitumna in delež zračnih votlin. Zahteve so določene v standardu za bituminizirane zmesi [SIST, 2008]. Ko proizvedeno zmes vgradimo, dobimo asfaltno plast. Zahteve za kakovostne karakteristike plasti so navedene v Smernicah in tehničnih pogojih za graditev asfaltnih plasti [RS MZI, 2009]. Poleg debeline, ravnosti in zlepiljenosti je zelo pomembna tudi zgoščenost asfaltne plasti. Zgoščevanje je zadnji korak v procesu gradnje asfaltnega vozišča in v osnovi pomeni povečevanje prostorninske gostote zmesi oziroma zmanjševanje vsebnosti zračnih votlin.

Zgoščevanje (pri strojnem vgrajevanju) lahko razdelimo v tri faze:

- Predzgoščevanje z vgrajevalno desko finišerja (doseganje približno 75 % zgoščenosti plasti).
- Doseganje končne stopnje zgoščenosti plasti z valjarji ali drugimi zgoščevalnimi sredstvi.
- Zgoščevanje v kasnejšem obdobju, ko je plast izpostavljena prometu. Vpliv prometa do določene mere zmanjša votline v plasti, tudi če je bila plast v fazi gradnje ustrezno zgoščena.

## 2 PRIMERI SLABE PRAKSE

V zadnjem obdobju se na terenu vse bolj soočamo z neustreznim zgoščenjem asfaltne plasti. V nadaljevanju so predstavljeni trije primeri, kjer ugotovljene vrednosti zgoščenosti (odveznih asfaltnih jeder) niso bile skladne z zahtevami.

## 2.1. Plato za kamione

Slika 1 (levo) prikazuje rezultate zgoščenosti asfaltne vezne plasti. Pet od šestih odveznih jeder ne dosega zahteve zgoščenosti (98 %). To pomeni, da je plast slabo zgoščena skoraj po celotnem območju. Vzrok lahko pripisemo neustreznemu pristopu oziroma načinu zgoščevanja, kajti podatki o temperaturi proizvedene zmesi so bili skladni z zahtevo. Slika 1 (desno) prikazuje rezultate zgoščenosti obrabno zaporne plasti. Neustreza zgoščenost in vsebnost zračnih votlin je ugotovljena na lokalnem območju. Ta lokacija predstavlja precejšnjo verjetnost, da se bo zaradi vpliva težke prometne obremenitve kmalu pojavilo izpadanje zrn ter luščenje plasti asfalta, kar bi lahko kasneje privdelo do nastanka udarne Jame. Če bi bila ta površina izpostavljena kanaliziranemu prometu, bi zagotovo prišlo do deformacij v obliku nastanka kolesnic.

## 2.2. Kolesarska povezava

Slika 2 prikazuje rezultate zgoščenosti nosilne in obrabno zaporne plasti na kolesarski stezi. Vsi rezultati na obeh vzorčenih lokacijah odstopajo od zahtev. Takšna plast je podvržena večji občutljivosti za vremenske vplive, saj je delež vode v njej bistveno večji kot običajno, kar postavlja pod vprašaj njeno trajnost.

## 2.3. Rekonstrukcija priključka na hitro cesto

Rezultati neustreznih zgoščenosti obrabno zaporne plasti na priključku, ki jih prikazuje slika 3, so posledica več manjših neugodnih dejavnikov:

- izvedba del v nekoliko hladnejšem obdobju (temp. zraka med 5 °C in 10 °C),
- prevoz zmesi iz oddaljenega asfaltnega obrata (ca. 60 km),
- tanka plast (40 mm) in
- (kratkotrajni) zastoji finišerja.

AC 22 bin PmB 45/80-65 A2					
Zap. št.	Lab. št.	Mesto odvzema	Prostorninska gostota (Mg/m³)	Stopnja zgoščenosti (%)	Delež zračnih votlin % (prost.)
		Lokacija			
		Metoda preiskave SIST EN	12697-6 /20	12697-9 /04	12697-8 /19
1	1243-A-23	Plato (parkirišča)	2,365	97,4	7,5
2	1251-A-23	P10 (krožna cesta)	2,330	96,0	8,9
3	1276-A-23	Plato (dovozna cesta)	2,370	97,7	7,3
4	1276-A-23	Plato (parkirišča)	2,370	97,7	7,3
5	1277-A-23	P27 (krožna cesta)	2,423	99,8	5,2
6	1277-A-23	P33 (krožna cesta)	2,343	96,5	8,4

ZAHTEVE ZA SKUPINO TEŽKE IN ZELO TEŽKE PROMETNE OBREMETNITVE  
TSC 06.300 / 06.410 : 2009 min. 98% 3 do 9

AC 11 surf PmB 25/55-65 A2 Z3					
Zap. št.	Lab. št.	Mesto odvzema	Prostorninska gostota (Mg/m³)	Stopnja zgoščenosti (%)	Vsebnost zračnih votlin % (prost.)
		Lokacija			
		Metoda preiskave SIST EN	12697-6 /20	12697-9 /04	12697-8 /19
1	1243-A-23	Plato (parkirišča)	2,238	94,8	10,3
2	1276-A-23	Plato (dovozna cesta)	2,374	100,6	4,8

ZAHTEVE ZA SKUPINO TEŽKE IN ZELO TEŽKE PROMETNE OBREMETNITVE  
TSC 06.30 / 06.410 : 2009 min. 98% 2 do 8,5

**Slika 1.** Rezultati zgoščenosti (levo vezna plast in desno obrabno zaporna asfaltna plast) [lgmat, 2023].

AC 16 base B 50/70 A4					
Zap. št.	Lab. št.	Mesto odvzema	Prostorninska gostota (Mg/m³)	Stopnja zgoščenosti (%)	Vsebnost zračnih votlin % (prost.)
		Lokacija			
		Metoda preiskave SIST EN	12697-6 /20	12697-9 /04	12697-8 /19
1	1265-A-23	Pododsek 11	2,303	95,8	10,1
2	1267-A-23	Pododsek 3	2,334	96,2	9,0

ZAHTEVE ZA SKUPINO LAHKE IN ZELO LAHKE PROMETNE OBREMETNITVE  
TSC 06.300 / 06.410 : 2009 min. 97% 2 do 8,5  
skrajna mejna vrednost 10,5

AC 8 surf B 50/70 A4					
Zap. št.	Lab. št.	Mesto odvzema	Prostorninska gostota (Mg/m³)	Stopnja zgoščenosti (%)	Vsebnost zračnih votlin % (prost.)
		Lokacija			
		Metoda preiskave SIST EN	12697-6 /20	12697-9 /04	12697-8 /19
1	1265-A-23	Pododsek 11	2,229	91,8	10,9
2	1267-A-23	Pododsek 3	2,266	93,3	9,4

ZAHTEVE ZA SKUPINO HODNIKOV ZA PEŠCE, KOLESARSH STEZ ipd.  
TSC 06.300 / 06.410 : 2009 min. 96% 1 do 6,5  
skrajna mejna vrednost: 8,5

**Slika 2.** Rezultati zgoščenosti plasti (levo nosilna plast, desno obrabno zaporna asfaltna plast) [lgmat, 2023].

Skoraj vsa asfaltna jedra so bila vzorčena na izrazito slabo zgoščenih območjih. Omenjene lokacije so bile predhodno ugotovljene z meritvami izotopske sonde.

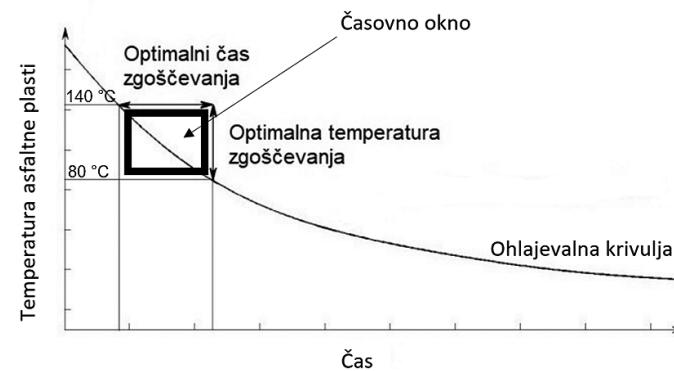
SMA 11 PmB 45/80-65 A1, A2					
Zap. št.	Lab. št.	Mesto odvzema Lokacija	Prostorninska gostota (Mg/m <sup>3</sup> )	Stopnja zgoščenosti (%)	Vsebnost zračnih vratil (% (prost))
		Metoda preiskave SIST EN	12697-6 /20	12697-9 /04	12697-8 /19
1	1226-A-22	krak E, P4 sredina	2,456	99,6	3,3
2	1237-A-22	xy jug, P8 D	2,359	95,7	7,2
3	1306-A-22	xy jug, P6 L	2,345	95,1	7,7
4	1306-A-22	xy zahod, P7 DD	2,313	93,8	9,0
5	391-A-23	krak D P5 sredina	2,414	97,9	5,0

ZAHTEVE ZA SKUPINO IZREDNO TEŽKE, ZELO TEŽKE IN TEŽKE PROMETNE OBREMENITVE  
TSC 06.300 / 06.410 : 2009  
min. 97 % 1,5 do 7,5

**Slika 3.** Rezultati zgoščenosti obrabno zaporne asfaltne plasti na priklužku [lpmat, 2023].

### 3 OHLAJEVALNA KRIVULJA ASFALTNE PLASTI IN ČASOVNO OKNO ZGOŠČEVANJA

Glede na temperaturo zmesi in temperaturne pogoje okolja se da določiti ohlajevalno krivuljo plasti, ki je prikazana na sliki 4. Zgoščevanje plasti je treba izvajati v t. i. časovnem oknu glede na ohlajevalno krivuljo. Stalno spremenljajoča se temperatura je glavni dejavnik, zaradi katerega je težko napovedati, kdaj začeti z zgoščevanjem in kdaj mora biti zgoščevanje končano.



**Slika 4.** Ohlajevalna krivulja plasti in časovno okno.

V preglednici 1 so navedene priporočene vrednosti temperature asfaltne zmesi pri vgradnji in najnižje dovoljene temper-

Tip bitumna	Priporočena temperatura pri vgradnji (°C)	Najnižja temperatura zmesi za finišerjem (°C)
B 70/100	145	120
B 50/70	155	130
PmB	Po navodilih proizvajalca PmB	

**Preglednica 1.** Priporočena temperatura zmesi pri vgradnji in najnižja temperatura zmesi za finišerjem [RS MZI, 2009].

ture zmesi za finišerjem. Te vrednosti bi morale biti vedno dosežene po celotni širini plasti za finišerjem, kar je osnovni pogoj, da bomo z valjarji lahko zgostili plast. Neenakomerne temperature plasti vodijo do različnih stopenj zgoščenosti.

### 3.1. Izračun časovnega okna s programom PaveCool

Programsko orodje PaveCool [MnDOT, 2024] je bilo razvito za pomoč izvajalcem del in nadzornim organom pri sprejemajuju odločitev glede izvajanja del v hladnejšem obdobju. Uporabnik vnese uro, datum, vrsto zmesi in podlage, hitrost vetra, temperaturo asfaltne zmesi, temperaturo podlage, temperaturo zraka, količino oblačnosti in debelino plasti. Model toplotnega toka se uporablja za izračun, v kolikšnem času se temperatura plasti zniža do kritične vrednosti 80 °C. Če uporabnik meni, da je na voljo premalo časa za zgoščevanje, lahko ta čas podaljša (na primer: povečanje debeline plasti ali temperature zmesi bo povečalo časovno okno).

V preglednici 2 so navedeni izračunani časi zgoščevanja (časovno okno) različnih debelin plasti pri različnih pogojih. Za izračun sta uporabljeni dve različni temperaturi plasti za finišerjem. Vrednost 140 °C je običajna (primerna) temperatura plasti za začetek zgoščevanja in 100 °C, ki je še zadnja možnost, da plast lahko ustrezno zgostimo.

Primer: vgrajevanje nosilne asfaltne plasti AC 22 base B 50/70 A3 v debelini 70 mm in obrabno zaporne plasti AC 11 surf B 50/70 A3 v debelini 40 mm v dveh različnih temperaturnih obdobjih.

Vroče obdobje: temperatura zraka 30 °C, temperatura podlage 40 °C, hitrost vetra 5 km/h.

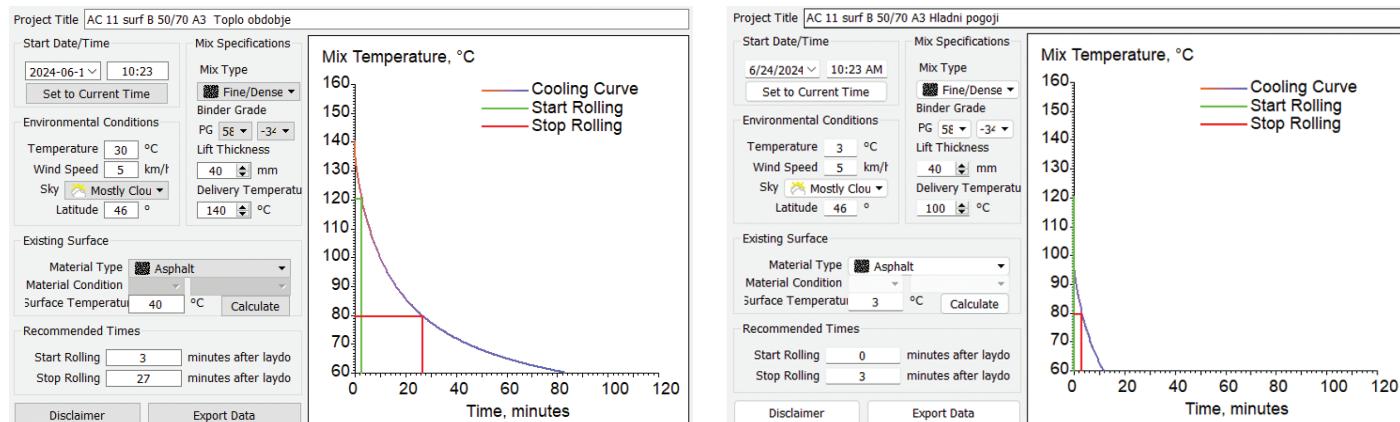
Hladno obdobje: temperatura zraka 3 °C, temperatura podlage 3 °C, hitrost vetra 5 km/h.

Temperatura plasti za finišerjem (°C)	AC 22 base B 50/70 A3 70 mm		AC 11 surf B 50/70 A3 40 mm	
	Vroče obdobje	Hladno obdobje	Vroče obdobje	Hladno obdobje
140	58 min	41 min	27 min	13 min
100	17 min	11 min	8 min	3 min

**Preglednica 2.** Časi, v katerih je treba doseči končno stopnjo zgoščenosti plasti [MnDOT, 2024].

Glede na različne pogoje, ki vplivajo na ohlajevanje plasti, je (skrajni) čas za doseganje končne zgoščenosti plasti obrabno zaporne plasti (AC 11 surf B 50/70 A3) lahko 27 minut ali samo 3 minute.

Spodaj sta prikazana vnesenih podatkov v program PaveCool in izračun vrednosti časov zgoščevanja za obrabno zaporno plast v najbolj ugodnih pogojih (slika 5, levo) in najbolj neugodnih pogojih (slika 5, desno).



**Slika 5.** Rezultati izračuna s programom PaveCool za obrabno plast v najbolj ugodnih pogojih (levo) in najbolj neugodnih pogojih (desno) [MnDOT, 2024].

## 4 VZROKI ZA NEUSTREZNO ZGOŠČENO ASFALTNO PLAST

Neustrezno zgoščene lokacije so običajno območja ob jaških, prečnih in vzdolžnih spojih, uvozi, izvozi, robni pasovi, mulde, koritnice ..., kjer je vgrajevanje in zgoščevanje še posebej oteženo. Kar se tiče večjih površin, kjer se izvaja strojno vgrajevanje, so običajno neustrezno zgoščena le manjša lokalna območja, vendar ugotavljamo, da je vse več primerov, ko se neustreznata zgoščenost pojavi po večjem ali celo celotnem območju vgrajevanja.

Za doseganje ustrezne zgoščenosti plasti morajo biti izpolnjeni trije ključni pogoji:

- ustrezna temperatura plasti,
- ustrezno zgoščevanje (oz. usposobljen kader in primerna mehanizacija),
- ustrezna togost podlage.

Plast bo ustrezno zgoščena po celotnem območju vgrajevanja samo v primeru, če bodo po celotnem območju izpolnjeni vsi trije pogoji.

Sveže proizvedena zmes ima večinoma ustrezno temperaturo, vendar pa so problematični čas in način transporta ter dina-

mika vgrajevanja. Pogosto smo priča veliki izgubi temperature zmesi, še preden se plast sploh začne zgoščevati.

V fazi zgoščevanja se vse pogosteje srečujemo s slabo usposobljenim kadrom, kar v kombinaciji s prenizko temperaturo plasti vodi do zelo slabega končnega izdelka. V redkih primerih neuspeh pri doseganju ustrezne zgoščenosti izhaja tudi iz uporabe neustrezne mehanizacije.

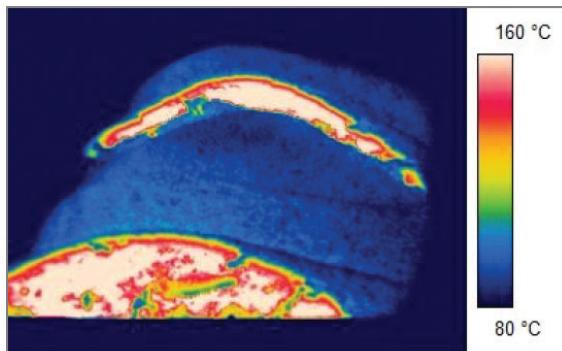
Na cestnih odsekih ali parkiriščih je plast zelo redko neustrezno zgoščena zaradi slabe togosti podlage. Tovrstno težavo pogosteje srečujemo na kolesarskih stezah in hodnikih za pešce, kjer prenizka togost podlage ne zagotavlja zadostne opore zgoščevalnemu sredstvu za uspešno zgostitev asfaltne plasti.

### 4.1. Temperaturna segregacija

Zmes se začne ohlajati takoj, ko je natovorjena na tovorno vozilo. Ohlajanje se nadaljuje med transportom, vgrajevanjem, zgoščevanjem in po zgoščevanju. Med transportom se zmes na površini zelo hitro ohladi, kar povzroči nastanek skorje z bistveno nižjo temperaturo kot v jedru oziroma sredici. Dlje časa ko traja prevoz, debelejša in hladnejša je skorja, zato je treba zmes vedno čimprej vgraditi in zgostiti. Slika 6 prikazuje asfaltno zmes na tovornjaku v trenutku zvračanja v vsebnik finišerja. Razlika temperature skorje in sredice je jasno vidna.



(a)

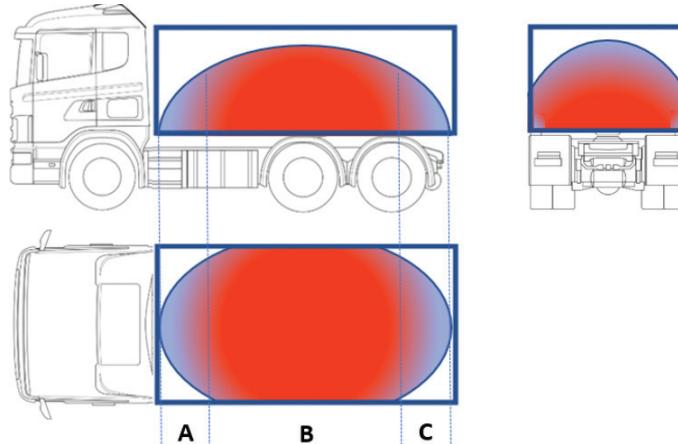


(b)

**Slika 6.** Asfaltna zmes na tovornjaku v trenutku zvračanja v vsebnik finišerja (levo navadna fotografija, desno termografska fotografija [Rošer, 2020]).

Glede na obliko kupa (na tovornjaku) se običajno pojavijo območja z različno stopnjo temperaturne segregacije.

- Nizka stopnja segregacije je v območju B (slika 7), približno na sredini kesona z največjim deležem sredice, ki uspešno zadržuje temperaturo proizvedene zmesi. Kup mora imeti čim bolj polkroglasto obliko, kajti v tem primeru je površina kupa najmanjša.
- Visoka stopnja segregacije je na območjih A in C (slika 7), kjer je delež sredice bistveno manjši, kar povzroči večjo izgubo (znižanje) temperature oziroma bolj ohlajeno zmes. To področje ima tudi večji delež površine, kar še dodatno vpliva na izgubo temperature.



**Slika 7.** Asfaltna zmes na tovornjaku (območja A, B in C).

Ob začetku raztovarjanja (dvigovanja kesona) se vsebnik finišerja najprej napolni z zmesjo z območja C, kar predstavlja hladnejšo zmes. V nadaljevanju sledi zmes z območja B z najvišjo (ohranjeno) temperaturo. Na koncu raztovarjanja (spraznitvi kesona) se vsebnik napolni z zmesjo z območja A (zopet hladnejša zmes) in po menjavi tovornjakov spet sledi zmes z območja C. Tako je v času menjave tovornjakov zmes v vsebniku finišerja združena z območji A in C, kar predstavlja večjo količino bistveno hladnejše zmesi.

ki se zaradi zastoja še dodatno ohlaja. Območje D je tako podvrženo trem neugodnim vplivom, zato ima plast v tem območju najnižjo temperaturo in je najslabše zgoščena.

Območje A (slika 8) je plast z nekoliko nižjo temperaturo (zmes z območja kesona A). Časovno okno zgoščevanja na tem območju je nekoliko zmanjšano, vendar operator na stroju ozira valjar to območje lahko ustrezeno zgosti.

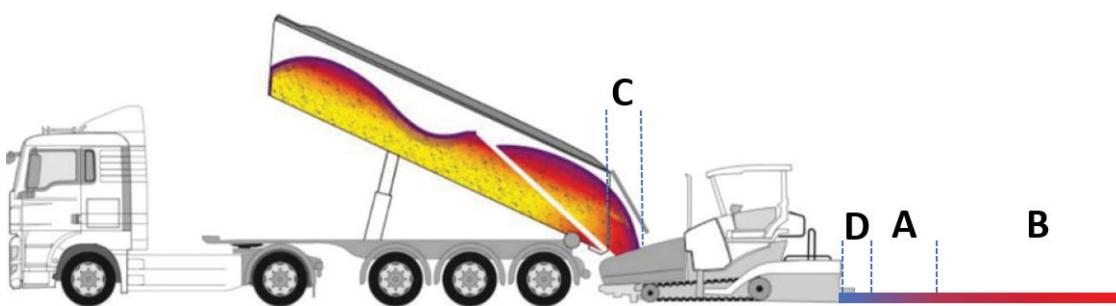
Območje B predstavlja plast z najvišjo (ohranjeno) temperaturo, kjer so pogoji za zgoščevanje idealni in je običajno zgoščenost plasti skladna z zahtevo.

Magistrska naloga iz leta 2020 [Rošer, 2020] obravnava meritve temperature površine asfaltne zmesi na kamionu s termovizijsko kamerjo in meritve temperature asfaltne plasti za finišerjem s termoskenerjem. Predstavljen je primer izvedbe asfalterskih del (poleti 2019) v času najbolj ugodnih temperaturnih pogojev. Temperatura zraka je bila nad 30 °C ter podlage med 40 °C in 50 °C. Transportna razdalja zmesi je znašala 21 km, čas vožnje 18 minut in vsi tovornjaki so imeli ponjave.

Izmerjena povprečna temperatura površine zmesi SMA 11 PmB 45/80-65 A1 na kamionu (na gradbišču) je znašala 104 °C, kar predstavlja presenetljivo visoko stopnjo temperaturne segregacije, kajti v sredici je imela zmes več kot 170 °C. Debelina vgrajevanja plasti je znašala 40 mm. Slika 9 prikazuje rezultate temperaturnega polja za finišerjem in termoskener na finišerju.

Kljud zelo ugodnim vremenskim razmeram so se ob menjavah tovornjakov (na medsebojni razdalji od 20 do 30 m) pojavljala območja z visoko stopnjo temperaturne segregacije (razlika do 65 °C). Za lokacijo s temperaturo plasti 176 °C je bilo (glede na izračun s programom PaveCool) za zgoščevanje na voljo 46 minut. Za lokacijo s temperaturo plasti 111 °C pa le 13 minut.

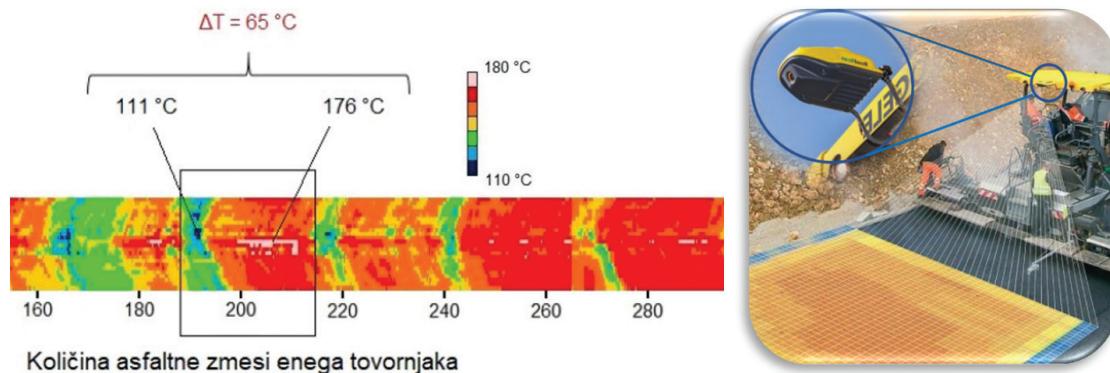
Če bi se dela izvajala v hladnejšem obdobju (temperatura zraka in podlage 5 °C), bi bilo treba plast na lokaciji z 111 °C zgostiti v 6 minutah, kar predstavlja veliko verjetnost za neustrezno zgoščeno območje, kajti valjar (mase vsaj 7 ton) bi moral v tem času opraviti vsaj štiri prehode z vibracijo.



**Slika 8.** Prikaz različnih temperaturnih območij med vgrajevanjem asfaltne zmesi [Fliegl, 2018].

V času menjave tovornjakov se običajno finišer ustavi in ves ta čas območje D (slika 8) valjarjem ni dostopno oziroma ga ni mogoče zgoščevati. Na tej lokaciji je zaradi omenjene menjave tovornjakov vgrajena najhladnejša zmes (iz območja kesona A),

Študije in izkušnje v asfalterstvu so pokazale, da je pri klasičnem asfaltiranju prisotna visoka stopnja temperaturne segregacije, kar pomeni, da imamo pogosto težave z neugodnimi pogoji, ki otežujejo ustrezeno zgostitev.



**Slika 9.** Rezultati meritev temperaturnega polja za finišerjem (leva slika) in termoskener na finišerju (desna slika) [Rošer, 2020].

## 4.2. Čas ustavitev finišerja

Poleg temperaturno segregiranih območij ob menjavah tovornjakov, ki so se pojavila zaradi hladnejše zmesi na tovornjakih (iz območji A in C), je termoskener zaznal tudi znižanje temperature plasti ob vsaki ustavitvi finišerja [Rošer, 2020]. Ob ustavitvi za 2 minuti je zabeležil izgubo temperature za 10 °C. Ob čakanju na dostavo asfaltne zmesi (ali drugih razlogov) je bilo znižanje temperatur še večje. Zato finišerja za 11 minut in 8 sekund, je povzročil znižanje temperature plasti za finišerjem za 37,6 °C.

V nadaljevanju je predstavljen primer dveh neugodnih vplivov hkrati. Temperaturna segregacija, ki je večinoma prisotna ob menjavi vsakega tovornjaka (ugotovljena temperatura plasti 111 °C) in nato še zato finišerja za 11 minut (padec temperature za ca. 37 °C). V takšnem primeru znaša temperatura plasti približno 74 °C (111 °C-37 °C), kar je manj od 80 °C, in to pomeni, da se plast takoj za finišerjem sploh ne da več zgostiti.

## 4.3. Ravnoesje štirih faz asfaltiranja

V obdobju načrtovanja izvedbe del je treba teoretično določiti in dejansko zagotoviti ravnoesje štirih faz asfaltiranja. Proizvodnja, prevoz, vgrajevanje in zgoščevanje. Uspešno ravnoesje zagotavlja neprekinjeno vgrajevanje, pri čemer naj ne bi bilo visokih razlik temperatur plasti za vgrajevalnim strojem. S tem je zagotovljen osnovni pogoj za uspešno zgoščevanje in ravnost plasti.

Če bo asfaltni obrat vsako uro proizvedel 100 ton zmesi, je treba glede na razdaljo in značilnosti prometa zagotoviti dovolj prevoznih sredstev, da bo vsako uro na gradbišče prispelo 100 ton zmesi. Finišer mora glede na debelino in širino vgrajevanja zmes vgrajevati z ustrezno hitrostjo, da bo na uro vgrajenih 100 ton. Za zgoščevanje pa mora biti na voljo dovolj ustreznih valjarjev, da bodo na uro zgostili 100 ton zmesi oziroma plasti (glej preglednico 5). Ravnoesje je treba zagotavljati ves čas vgrajevanja. Ko pride do sprememb v eni fazi, je treba korigirati tudi ostale faze, v nasprotnem primeru pride do zahtev in drastičnih izgub temperature zmesi in/ali plasti.

## 4.4. Zamujeno časovno okno zgoščevanja

Stalna dilema operaterja (ali operaterke) na valjarju je naslednja:

- če prekmalu začnem zgoščevati, obstaja precejšnja verjetnost za nastanek razpok in neravnin,
- če prepozno začnem zgoščevati, se bo plast preveč ohladi in je ne bo možno zgostiti.

Vzrok za neustrezeno zgoščeno asfaltno plast pogosto izhaja iz zamud pri zgoščevanju oziroma zgoščevanja pri prenizki temperaturi. Izvajalci del pogosto nekoliko kasneje pričnejo zgoščevati, da bi se izognili razpokam, ki lahko nastanejo zaradi prevročne zmesi, kar je pravilno v primeru debelejše plasti in vročih pogojev. Vendar pa pri tanjši plasti in hladnejših razmerah pride do nenadnega padca temperature plasti, kar skrajša časovno okno zgoščevanja in vodi do neustrezeno zgoščenosti. Operater na stroju mora poznavati vplive temperaturnih pogojev in biti pozoren na obnašanje zgoščevane plasti ter glede na izkušnje (ažurno) prilagajati dinamiko ali/in intenzitetu zgoščevanja.

## 5 ZGOŠČEVANJE ASFALTNE PLASTI

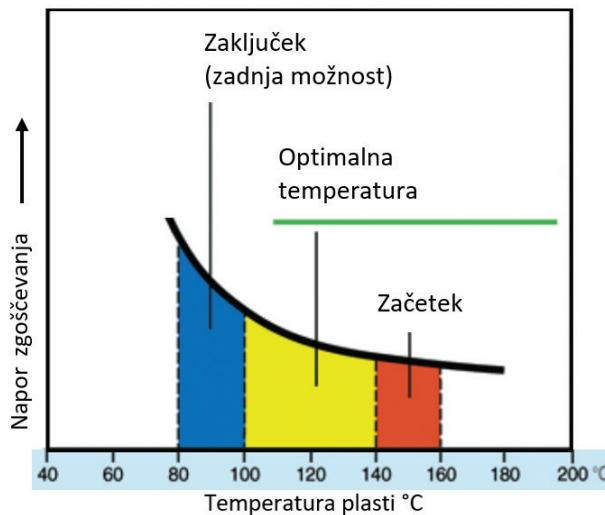
Ustrezno zgoščena asfaltna plast zagotavlja odpornost plasti proti obremenitvam prometa, preprečuje vdor vode in zraka ter je trajnejša. Neustrezeno zgoščena plast lahko povzroči zmanjšanje življenske dobe tudi za 50 % in več [Bode, 2012].

Veliko je dejavnikov, ki vplivajo na uspešnost zgoščevanja, vendar sta za uspešno zgostitev plasti pomembna le dva pogoja. Temperatura plasti, pri kateri se zmes lahko zgošča, in dovolj toga podlaga, ki zagotavlja, da se večina zgoščevalne energije prenese v asfaltno plast in ne v spodnje plasti.

Slika 10 prikazuje, kako se glede na različno temperaturo plasti spreminja napor zgoščevanja oziroma obnašanje zgoščevane plasti.

### 5.1. Zgoščevanje (pre)vroče plasti

Temperatura plasti med 140 °C in 160 °C je za zgoščevanje (pre)visoka, kar pomeni, da ima bitumen zelo nizko viskoznost. Notranje trenje je zelo nizko, in to omogoča najmanjši napor zgoščevanja, zato lahko pride do čezmerne zgostitve plasti. V ekstremnem primeru (odvisno tudi od lastnosti zmesi) se bitumen iztisne na površino in pojavi se črni madeži bitumna. Plasti s tako visoko temperaturo ne smemo intenzivno zgoščevati, lahko se izvede en ali dva prehoda brez vibracije (predzgoščevanje). Če je bila s finišerjem dosežena



**Slika 10.** Vpliv temperature plasti na napor zgoščevanja [Bomag, 2009].

visoka stopnja predzgostitve, je s tem zmanjšana verjetnost za nastanek večjega ugreza valja, narivanja zmesi ali razpok. Priporočljivo je zgoščevati z lažjim valjarjem. Če se pojavi narivanje zmesi pred bandažo valja, je treba valjanje za nekaj časa prekiniti, drugače bo prišlo do razpok ali tako imenovane pomarančne površine.

V primeru več prehodov po isti liniji ali ostrih zavojev se običajno pojavi precejšen ugrez valja z bočnim izrivanjem zmesi. Valjar lahko tako močno zareže v svežo (prevročo) plast, da sled ostane tudi po koncu glajenja, kar je nedopustna napaka zgoščevanja.

V primeru debelejše plasti, in če ni bočne opore (robnik), bo na robu plasti prišlo do precejšnjega izravanja zmesi, kar si nikakor ne želimo.

Na vroči površini se mora valjar ves čas gibati, ob (daljšem) zastoju se lahko pojavi vdolbina (odtis) valja, kar predstavlja neravnino.

## 5.2. Ustrezna temperatura plasti za zgoščevanje

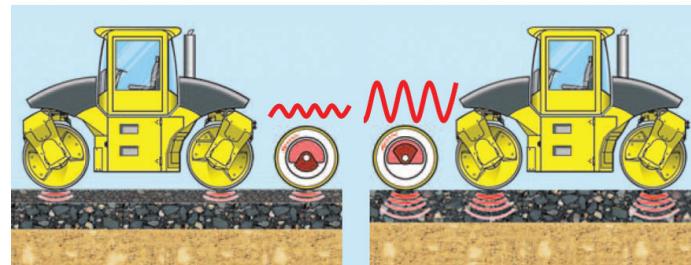
Najbolj primerna temperatura plasti za zgoščevanje je med 100 °C in 140 °C. Viskoznost bitumna oziroma ustrezno notranje trenje omogoča kamnitim zrnjem v asfaltni zmesi, da med seboj laže zdrsijo in se namestijo v čim bolj zgoščeno strukturo plasti. Če je bila s finišerjem dosežena visoka stopnja predzgostitve, z valjarji hitreje in laže dosežemo ustrezno zgoščenost. V tej fazi se izvaja glavno zgoščevanje, to pomeni, da je treba izvesti ustrezno število prehodov glede na debelino plasti ter maso valjarja, kar je navedeno v preglednici 3. Če vgrajujemo tanjšo plast (in še v hladnejšem obdobju), se plast zelo hitro hlađi. Običajno v tem primeru fazo predzgoščevanja preskočimo in takoj začnemo glavno zgoščevanje. Zmes z visokim deležem drobirja (kot je SMA) se težje zgošča kot zmesi s kontinuirno linijo zrnavosti (kot so AC surf, bin in base) ali zmes, ki vsebuje tudi zaobljena zrna. Pomembna je ustrezna izbira valjarja glede na debelino plasti. Ne sme biti prelahek ali pretežak.

Debelina asfaltne plasti (cm)	Število prehodov z vibracijo (masa tandem valjarja)		
	4 tone	7 ton	10 ton
2	2 - 4	1 - 2 N	1 - 2 N
4	4 - 6	2 - 4 N	2 - 4 N
6	4 - 8	4 - 6 N	2 - 4 N
10	6 - 8	4 - 8 NV	4 - 6 NV
14		6 - 8 V	4 - 6 V

Vrsta vibracije: N - nizka amplituda  
V - visoka amplituda  
Temperatura plasti > 100 °C.

**Preglednica 3.** Tipično število prehodov valjarja [Bomag, 2009].

## Nizka amplituda Visoka amplituda



**Slika 11.** Zgoščevanje asfaltne plasti z nizko ali visoko amplitudo [Bomag, 2009].

Za optimalno zgoščevanje so najbolj primerni valjarji z dvema amplitudama in dvema frekvencama. Debelejše plasti se zgoščajo z večjo amplitudo in nižjo frekvenco, tanjše plasti z nižjo amplitudo in večjo frekvenco. Obstajata vsaj dve vrsti vibracije – vertikalna in oscilacijska. Oscilacijska je bolj primerena za premostitvene objekte, mestna središča in zagotavlja bolj ravno površino oziroma ne povzroča mikrorebraste površine, kar se včasih zgodi pri uporabi vertikalne vibracije.

## 5.3. Zgoščevanje (pre)hladne plasti

Temperatura plasti med 80 °C in 100 °C je nizka, vendar še omogoča zgoščevanje. Običajno se pojavi ob temperaturni segregaciji ali krajšem zastaju finišerja. Notranje trenje zmesi je bistveno povečano, zato je za zgostitev potrebno več energije. To pomeni večjo intenziteto zgoščevanja, več prehodov ali/in večjo maso valjarja. Časovno okno zgoščevanja se bliža koncu, zato je treba prehode z valjarjem izvesti čimprej. V tej fazi je treba zaključiti zgoščevanje. V primeru, da plast za finišerjem ne dosega dovolj visoke temperature (kar ni redek pojav), tudi najboljši valjar in najbolj usposobljen operater na stroju ne moreta zgostiti plasti.

Ko pada temperatura plasti pod 80 °C, plast ni več primerna za zgoščevanje. Izvaja se glajenje oziroma zaglavjevanje robov (sledov) valjarja. Bitumen preide iz funkcije maziva v svojo primarno funkcijo veziva in togost plasti se bistveno poveča. Ob

nadalnjem zgoščevanju se lahko pojavit drobljenje zrn in rahljanje povezane strukture plasti.

## 5.4. Hitrost valjarja

Glede na fazo zgoščevanja (predzgoščevanje, glavno zgoščevanje ali glajenje) se spreminja hitrost valjanja (preglednica 4), kajti nižja hitrost dosegata boljšo zgostitev plasti in obratno, zato je hitrost valjanja zelo pomembna.

Priporočene povprečne hitrosti valjanja (km/h)		
Pred zgoščevanje	4 - 6	Statično, tandem
Glavno zgoščevanje	3 - 5	Z vibracijo, tandem
Glajenje	6 - 8	Statično, tandem
Glavno zgoščevanje	4 - 8	Valjar s pnevmatikami
Kasnejše valjanje	10 - 12	Valjar s pnevmatikami

Preglednica 4. Priporočene hitrosti valjanja [Bomag, 2009].

## 5.5. Število in masa valjarjev

Odvisno od debeline plasti in hitrosti napredovanja del (ravno-vesje štirih faz asfaltiranja) je treba določiti optimalno vrsto in število valjarjev glede na zmožnost zgoščevanja, kar prikazuje preglednica 5.

Masa valjarja (ton)	Zmožnost zgoščevanja valjarja (ton/h) glede na debelino plasti		
	2 - 4 cm	6 - 8 cm	10 - 14 cm
1,5 - 2,5	10 - 40	25 - 60	40 - 100
3,0 - 4,5	20 - 60	40 - 90	10 - 160
7 - 9	40 - 100	70 - 160	120 - 220
10 - 14	70 - 120	100 - 200	180 - 280

Preglednica 5. Zmožnost zgoščevanja valjarja (ton/h) [Bomag, 2009].

Med zgoščevanjem je potrebna oskrba valjarja z vodo, kar prekine dinamiko zgoščevanja. V tem času ga mora nadomestiti predhodno določen valjar, ki nam pride prav tudi v primeru morebitne okvare. Stari asfalterski rek pravi En valjar ni noben valjar. V primeru večjega števila valjarjev mora odgovorna oseba določiti razporeditev in vloge valjarjev ter sosledje zamenjav (zaradi oskrbe z vodo), kar je treba spoštovati ves čas zgoščevanja. Vir za oskrbo z vodo mora biti čim bližje in zagotavljati ustrezni pretok, da je čas oskrbe čim krajši. Oskrba z gorivom se izvaja pred izvedno del ali po njej.

## 6 DEJAVNIKI IN POGOJI, KI VPLIVAJO NA ZGOŠČEVANJE ASFALTNE PLASTI

V nadaljevanju so navedeni dejavniki in pogoji, ki kakorkoli (posredno ali neposredno) vplivajo na izgubo temperature zmesi

ozziroma uspešnost zgoščevanja asfaltne plasti. Razumevanje vplivov je pomemben korak za doseganje želenega cilja.

## 6.1. Organizacija izvedbe del (predhodno načrtovanje)

### 6.1.1. Osebje

Nivo usposobljenosti osebja igra pomembno vlogo. V začetku sezone je treba opraviti interno in eksterno izobraževanje ozziroma izvajanje prenosa znanja s starejše na mlajšo generacijo.

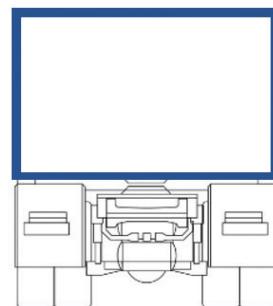
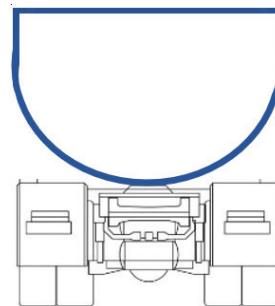
### 6.1.2. Proizvodnji obrat

Izbrati je treba najbližji primeren obrat, kajti čas transporta zmesi do gradbišča mora biti čim krajši. Imeti mora ustrezno kapaciteto (t/h) in nivo skladnosti obratovanja (NSO). Vsak dan je ob začetku proizvodnje, zaradi hladnih mehanskih sklopov obrata, temperatura zmesi na prvem tovornjaku nekoliko nižja. Zato je smiselno, da se na gradbišču najprej vgradi zmes iz drugega ali tretjega tovornjaka, šele nato pa zmes iz prvega.

### 6.1.3. Prevozna sredstva

Glede na različna prevozna sredstva, vrste kesonov in ponjav je tudi izguba temperature zmesi bistveno različna. Najbolj primeren je tovornjak s čim večjo nosilnostjo, natovorjen z maksimalno dovoljeno količino zmesi. V takšnem primeru je sredica največja in izguba temperature zmesi najmanjša. Seveda so gradbišča različna in dostopnost večjih vozil je velikokrat omejena.

Glede oblike (prereza) kesona je bolj primeren keson s polkrožno obliko, kajti v vogalih kvadratnega kesona se zmes hitreje ohlaja.



Slika 12. Polkrožni in kvadratni prerez kesona.

Običajni keson, ki se uporablja tudi za prevoz ostalih tovorov, je najbolj podvržen toplotnim izgubam. Če je keson izoliran, so toplotne izgube občutno manjše. Keson s potisno tehnologijo dokazano zmanjša stopnjo temperaturne segregacije.

Pri raztovarjanju (push-off) se na površini hladnejša zmes (skorja) bistveno bolj enakomerno razporedi med vročo zmes kot pri klasičnem zvračanju v vsebnik finišera. Tako je vpliv temperaturne segregacije občutno zmanjšan.

Toplotni zabojnički je nujen pri ročni izvedbi del tako kot keson z loputo za kontrolirano doziranje zmesi v samokolnico.



**Slika 13.** Keson s potisno tehnologijo (push-off) [Fliegl, 2018].

Na kesonu je t. i. ponjava, ki ščiti zmes pred ohlajevanjem, dežjem in drugimi vplivi. Če ponjava tesni in je pod ponjavo ujet vroč zrak, to bistveno prispeva k zmanjšanju temperaturne segregacije zmesi. Takšni ponjavi pravimo zaprta ponjava. Če ponjava ne tesni, so v vmesnem prostoru zračni tokovi, ki hladijo zmes. Takšni ponjavi rečemo odprta ponjava.

#### 6.1.4. Ravnovesje štirih faz asfaltiranja

Glej poglavje 4.3.

### 6.2. Temperaturni pogoji

Štiri temperature, ki vplivajo na uspešnost zgoščevanja asfaltne plasti:

- temperatura proizvedene asfaltne zmesi,
- temperatura okolice (temperatura zraka in hitrost vetra),
- temperatura podlage (temperatura tal ali obstoječe asfaltne plasti),
- stopnja temperaturne segregacije (nizka, srednja, visoka).

Različni temperaturni pogoji in temperaturna obdobja zahlevajo različne ukrepe, pristop ter dinamiko zgoščevanja. Ti pogoji so največkrat usodni, kajti izvajalci skoraj vedno dela opravljajo z enako dinamiko ne glede na specifične temperaturne pogoje.

### 6.3. Debelina plasti

Debelina asfaltne plasti lahko znaša od 20 mm do 140 mm. V primeru vgrajevanja tanje plasti (od 20 mm do ca. 40 mm) se plast zelo hitro haldi, sploh če se dela izvajajo v hladnem obdobju na hladno podlago. Takšno plast je treba čim prej zgostiti. Pri srednji debelini imamo nekoliko več časa. Pri večji debelini plasti (nad ca. 80 mm) je ohlajevanje plasti bistveno počasnejše in moramo paziti, da ni na začetku zgoščevanja preveč intenzivno. Glede na debelino plasti je treba prilagoditi dinamiko in intenzitetu zgoščevanja. Lahko se zgodi, da vgrajujemo debelejšo plast, vendar je temperatura plasti takoj za finišerjem bistveno nižja od pričakovane oziroma zahtevane. V takem primeru je treba plast takoj in intenzivno zgoščevati.

### 6.4. Hitrost vgrajevanja in nastavitev vgrajevalne plošče

Hitrost napredovanja vgrajevalnega stroja (finišerja) lahko znaša od skoraj 0 m/min do približno 5 m/min. Običajna hitrost vgrajevanja je med 2 in 3,5 m/min. Vgrajevanje mora potekati čim bolj kontinuirno s konstantno hitrostjo. Pri manjši hitrosti se dosega višja stopnja predzgostitve plasti z zgoščevalno

ploščo in obratno. Ko se finišer ustavi, valjarjem območje ne posredno za vgrajevalno ploščo ni dostopno in ga ta čas ne moremo zgoščevati, zato se stroj (v primeru vgrajevanja tanje plasti) v delovnem potezu (hodu) ne bi smel nikoli ustaviti. Bolje je nekoliko zmanjšati hitrost vgrajevanja (na primer s 3 m/min na 1 m/min) kot pa se popolnoma ustaviti. Glede na debelino plasti in širino vgrajevanja je treba prilagoditi hitrost vgrajevanja, tako da je poraba zmesi skladna s preostalimi fazami asfaltiranja.

Vgrajevalna plošča ima možnost nastavitev hoda nožev in intenzitete vibracije. Pri tanji plasti je treba nastaviti manjši hod nožev pri debelejših večji. Vibracija naj bo nastavljena na približno 80 % zmogljivosti. V primeru izvedbe izravnalne plasti, kjer se debelina plasti približuje 0 mm, je treba zmanjšati ali celo izklopiti vibracijo vgrajevalne plošče.

### 6.5. Energija zgoščevanja

V poglavju 5 so navedeni vsi podatki o zgoščevanju:

- kako se obnaša in zgošča plast glede na trenutno temperaturo,
- s kakšnim valjarjem, s kolikšno hitrostjo in koliko prehodov je treba opraviti,
- koliko valjarjev potrebujemo glede na hitrost izvedbe del.

Operater na stroju mora pridobiti čim več podatkov o zgoščevani plasti, da bo lahko v pravem trenutku zgoščeval s pravo amplitudo in hitrostjo. Podatki se pridobijo z opazovanjem obnašanja asfaltne plasti in/ali z ustrezno opremo oziroma sistemom zaznavanja.

### 6.6. Sistemi zaznavanja lastnosti asfaltne plasti med zgoščevanjem

V Sloveniji imamo kar nekaj valjarjev novejše generacije, ki zaznavajo togost in temperaturo plasti ter samodejno uravnavajo potrebljno energijo zgoščevanja. Programska oprema zbira in vrednoti podatke ter prilagaja efektivno amplitudo vibracije.

Na voljo je tudi sistem za ugotavljanje temperature in togosti plasti ter zaznavanja števila prehodov valjarjev, ki se ga da naknadno vgraditi v valjarje.

Omenjena sistema sta operaterju pri stroju v veliko pomoč. Za zgostitev plasti se porabi manj energije in plast je hitreje ter bolj ustrezno zgoščena. Če operater ni usposobljen za uporabo tovrstnih sistemov, prednosti niso izkorisčene in ni pričakovanega učinka.

### 6.7. Mehanizacija, ki pripomore k zmanjšanju temperaturne segregacije

Pri nas nekateri izvajalci uporabljajo podajalnik asfaltne zmesi (slika 15 desno), ki bi moral biti obvezen pri vseh večjih izvedbah del:

- količina zmesi v zalogovnikih je občutno večja, tako je potreba po zaustavitvi finišerja zaradi porabe zmesi manjša in vgradnja poteka bolj kontinuirno,
- v omenjenih zalogovnikih se vroča in hladnejša zmes bolj učinkovito premešata in tako je temperaturna segregacija za finišerjem bistveno zmanjšana.

- tovorna vozila nimajo stika s finišerjem, tako je preprečen trk kamiona v finišer in s tem premik vgrajevalne plošče, kar običajno povzroči neravnino.

Obstaja tudi poseben podajalnik, imenovan shuttle buggy, ki ga v Sloveniji še nimamo.

volj visoka togost, da se pri zgoščevanju asfaltne plasti večina zgoščevalne energije prenese v asfaltno plast in ne v spodnje plasti.



**Slika 14.** Podajalnik shuttle buggy [Rošer, 2020].

Ta podajalnik ima v osrednjem zabojniku mešalno-dozirni polž, ki zelo uspešno homogenizira asfaltno zmes in s tem do največje možne mere zmanjša temperaturno segregacijo.

## 6.8. Lastnosti podlage

Lastnosti podlage so odvisne od kraja vgrajevanja in prometne obremenitev. Razlika je, če vgrajujemo in zgoščamo zmes na pločniku, cesti, avtocesti, v naselju, na mostu ali viaduktu. Spodnje zahteve so navedene v Tehnični specifikaciji za nevezane nosilne plasti in nevezane obrabne plasti iz zmesi kamnitih zrn, ki uradno še niso veljavne, kajti TSPI je trenutno v javni obravnavi.

- $Evs2 \geq 150 \text{ MPa}$  in  $Evd \geq 70 \text{ MPa}$  (IT, ZT, T prometna obremenitev),
- $Evs2 \geq 120 \text{ MPa}$  in  $Evd \geq 55 \text{ MPa}$  (S prometna obremenitev),
- $Evs2 \geq 100 \text{ MPa}$  in  $Evd \geq 45 \text{ MPa}$  (L, ZL prometna obremenitev).

Navedene zahteve zagotavljajo, da bo nevezana plast (pod asfaltno plastjo) zmožna uspešno prenašati obremenitev prometa. Če so omenjene zahteve dosežene, je to več kot do-

## 7 UKREPI ZA IZBOLJŠANJE

- Ker je temperatura asfaltne plasti eden ključnih kazalnikov kakovosti pri vgrajevanju, je pomembno, da se ta lastnost stalno spremlja po celotni površini plasti za finišerjem. Podobno kot kaže praksa v tujini, bi morali tudi pri nas vepljati meritve temperaturne segregacije za finišerjem, kar bi prispevalo k boljšemu poznavanju tovrstnega problema in spodbudilo uporabo rešitev za njeno zmanjšanje. Veljavna tehnična regulativa sploh ne predvideva ugotavljanja in vrednotenja temperaturne segregacije, zato jo je treba dopolniti.
- Globalno, po celi državi, se mora zagotoviti dobava asfaltne zmesi na gradbišče s čim krajšim transportnim časom. Vsa podjetja bi morala podpisati skupno pogodbo o dobavi asfaltne zmesi z najkrajšim transportnim časom. Ta korak bi bistveno prispeval k zmanjšanju ali celo odpravi temperaturne segregacije. Zaradi krajše transportne razdalje se zmanjšajo število prevoznih sredstev, ogljični odtis, obremenjenost cest ...

## „Zaprte“ ponjave



## Tovornjaki s potisno tehnologijo



## Podajalniki



**Slika 15.** Ukrepi za preprečevanje temperaturne segregacije [Rošer, 2020].

Dokler se ta ukrep ne realizira, je za oddaljena gradbišča nujna uporaba zaprte ponjave, kesona s potisno tehnologijo in podajalnika, saj ti dokazano zmanjšujejo stopnjo temperaturne segregacije.

- Ravnotežje štirih faz asfaltiranja je treba načrtovati in po najboljših močeh izvesti tako, da ima finišer stalno svežo dobavo zmesi in se cel delovni potez ne ustavlja, s čimer se izboljša tudi ravnost plasti.
- Kar se tiče zgoščevanja asfaltne plasti, je marsikaj odvisno od znanja, marljivosti in skrbnosti vodje izvedbe asfalterskih del, delovodje in operaterja na stroju. Operator na valjarju s sistemom za zaznavanje lastnosti plasti mora ta sistem razumeti in obvladati. Običajno se mora zanesti na svoje oči, občutek in izkušnje, da v časovnem oknu ali še prej zgosti plast.

Na žalost je tudi v asfalsterstvu tako kot povsod v življenju. Obstajajo sposobni operatorji na valjarjih, ki obvladajo zadeve, in obstajajo vozniki valjarjev, ki pri vožnji komaj sledijo liniji roba asfalta.

## 8 SKLEP

Dokler ne bo doseženo večje spoštovanje do temperature asfalta in večja strokovnost pri zgoščevanju, se bomo še naprej soočali z neustrezno zgoščenimi asfaltnimi plastmi. To povzroča pogostejše obnove in zapore cest, kar vodi v nezadovoljstvo uporabnikov, višje stroške in večje obremenitve okolja.

## 9 LITERATURA

Bode, T. A., An Analysis of the Impacts of Temperature Segregation on Hot Mix Asphalt. Magistrsko delo, Lincoln, Nebraska, University of Nebraska-Lincoln, Faculty of The Graduate College, 90 str., 2012.

Bomag, Fayat group: Basic Principles of Asphalt Compaction, GmbH, Hellerwald, D-56154 Boppard, 2009.

Fliegl, Bau- und Kommunaltechnik GmbH. Asphalt construction surveys. Avoid

premature road damage with modern technology right from the asphalt installation stage, str. 108, 2018.

Igmat, Inštitut za gradbene materiale, d. d., arhiv inštituta, 2023.

MnDOT, program PaveCool, spletna stran - <https://www.dot.state.mn.us/app/pavecool>, Minnesota Department of Transportation, St. Paul, 2024.

Rošer, R., Temperaturna segregacija pri vgradnji asfaltnih zmesi, Magistrsko delo, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo, Ljubljana, <https://repozitorij.uni-lj.si/Dokument.php?id=130239&lang=slv>, 2020.

RS MZI, Smernice in tehnični pogoji za graditev asfaltnih plasti, TSC 06.300 / 06.410 : 2009, Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije, 2009.

SIST, SIST 1038-1:2008, Bituminizirane zmesi – Specifikacije materialov – 1. del: Bitumenski beton – Zahteve – Pravila za uporabo SIST EN 13108-1, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2008.

## 8. KONFERENCA TRAJNOSTNE GRADNJE

Slovensko združenje za trajnostno gradnjo GBC Slovenija je 26. septembra organiziralo 8. konferenco trajnostne gradnje, ki jo je v prostorih ZAG v Ljubljani spremljalo več kot 100 udeležencev inženirske in arhitekturne stroke s področja gradbeništva in urejanja prostora ter drugih strokovnjakov, ki so vpeti v trajnostno gradnjo. Osrednja tema konference se je nanašala na zahteve EU po gradnji brezemijskih stavb, pa tudi na sprejete ukrepe in prenovljeno zakonodajo na ravni EU ter na gradbene tehnologije, sisteme in proizvode, ki te cilje podpirajo. Skladno z glavnimi cilji revizije direktive na ravni EU bodo namreč morale biti do leta 2030 vse nove stavbe brezemijske, cilji pa načrnujejo tudi povečanje energijske učinkovitosti obstoječega stavbnega fonda ter njegovo preoblikovanje do leta 2050, ko želimo v Evropi doseči podnebno neutralnost. Stavbam v EU gre namreč pripisati kar 40 % porabljeni energije ter 36 % neposrednih in posrednih emisij toplogrednih plinov, povezanih z energijo, zato so podvržene velikim izzivom razogličenja. Na konferenci sta udeležence v imenu organizatorja in gostitelja uvodoma pozdravila dr. Iztok Kamenski iz GBC Slovenija in dr. Aljoša Šajna iz Zavoda za gradbeništvo (ZAG), ki se že vrsto let osredotoča na znanstvenoraziskovalno in strokovno dejavnost,

skim modelom za gradnjo brezemijskih stavb tako s pomočjo projekta TOP CleveR podpira oblikovalce politik EU, saj z njim omogoča energetsko učinkovit, regenerativ in pravičen zeleni prehod v grajenem okolju, nov krožni akcijski načrt pa hkrati utira pot čistejši in konkurenčnejši Evropi. Pri tem je podaril pomen funkcionalnosti in življenjske dobe objektov ter ponovne uporabe materialov in njihovo recikliranje. Dotaknil se je tudi problematike lažnega zelenega oglaševanja, ki se ga poslužujejo nekateri deležniki, nujnosti digitalizacije ter uporabe razpoložljivih informacijskih orodij in zastavljenih rokov: »V EU je vsaka država članica sprejela svojo nacionalno usmeritev za zmanjšanje povprečne porabe primarne energije v stanovanjskih stavbah za 16 % do leta 2030 in za 20-22 % do leta 2035. Ti nacionalni ukrepi bodo morali zagotoviti, da bo vsaj 55 % zmanjšana povprečna poraba primarne energije dosežena z obnovo najslabših stavb, pri nestanovanjskih stavbah pa revidirana direktiva predvideva postopno uvedbo minimalnih standardov energetske učinkovitosti za prenovo 16 % najslabših stavb do leta 2030 in 26 % najslabših stavb do leta 2033. Z revidirano direktivo tako stavbe brez emisij postajajo novi standard za novogradnje.«



**Slika 1.** Dr. Iztok Kamenski je kot predsednik UO GBC Slovenija povezoval 8. konferenco trajnostne gradnje, ki je potekala v prostorih ZAG v Ljubljani (foto: arhiv GBC).

ki vodi k trajnostni gradnji, zelenim rešitvam in brezemijskim stavbam. V nadaljevanju so predavanja prispevali strokovnjaki iz ZAG in GI ZRMK ter predstavniki trajnostno naravnanih podjetij, kot so Knauf Insulation, JUB, Xella porobeton, F. Leskovec, Alu König Stahl, Wicona, Ursu in Kansai Helios, slovensko združenje GBC pa je ob tej priložnosti premierno predstavilo še avstrijskega gradbenega izvajalca Salioski in dekorativne barve italijanske blagovne znamke Valpaint, ki jo pri nas zastopa mariborsko podjetje Bina.

**Predsednik upravnega odbora združenja GBC Slovenija dr. Iztok Kamenski** je najprej predstavil izzive, s katerimi se gradbeni sektor sooča pri zmanjšanju vplivov stavb na okolje, saj mora pri gradnji kakovostnih objektov ohranjati naravne vire in upoštevati krožnostne principe. Združenje GBC z evrop-

Pojasnil je, da morajo imeti vse nove (ne)stanovanjske stavbe ničelne emisije fosilnih goriv, kar velja od 1. januarja 2028 za stavbe v javni lasti in od 1. januarja 2030 za vse druge nove stavbe, z možnostjo posebnih izjem. Dodal je, da posodobljena direktiva o energijski učinkovitosti stavb (EPBD) krepi tudi okvir za prenove in uvaja sheme potnega lista za prenovo stavb, ki lastnikom nepremičnin pomagajo pri načrtovanju postopnih prenov: »S temeljito prenovo obstoječih stavb z ustreznimi materiali ter sistemom bo mogoče doseči želeno razogličenje stavb v njihovem celotnem življenjskem ciklu, hkrati pa bo treba ustvariti sistem krožnega gospodarstva s postopnim opuščanjem odpadkov ter optimizacijo uporabe in ponovne uporabe virov in materialov. Treba bo poskrbeti za razvoj zdravih in odpornih zgradb ter mest, ki bodo dostopni ljudem, pri tem pa ohranjati vodne vire in biodiverzitet v naravnem okolju. Za

naložbe v trajnostne gradbene prakse bo ključno zagotoviti tudi ustrezno financiranje.«

Do leta 2025 naj bi gradbena industrija v EU investirala približno 40 milijonov evrov v projekte, ki bodo zmanjšali njihov ogljični odtis za 15 %, te naložbe pa so del širših prizadevanj za zeleni prehod, je v nadaljevanju pojasnila **doc. dr. Katja Malovrh Rebec**, vodja Oddelka in laboratorija za gradbeno fiziko na **ZAG**. V predavanju je posebej omenila pomen digitalizacije, ki omogoča spremeljanje in optimizacijo energije v stavbah, kar z izvedenimi analizami o porabi energije in emisijah priporomore k zmanjšanju vpliva na okolje, ter navedla, da natančno oceno okoljskih vplivov materialov in gradbenih praks skozi celoten življenjski cikel stavbe pokaže izdelana analiza LCA (Life Cycle Assessment). Rezultati njenega ocenjevanja so vpeti v dokument EPD – okoljsko deklaracijo proizvoda, ki predstavlja celovite informacije o njegovih okoljskih vplivih skozi njegov celoten življenjski cikel.



**Slika 2.** Doc. dr. Katja Malovrh Rebec iz ZAG je udeležencem predstavila pomen EPD-jev in LCA-analiz. (Foto: arhiv GBC).

S tem dokumentom je mogoče dobiti celovit vpogled v okoljske vplive dotične proizvodnje in proizvoda, podjetje pa lahko z EPD-jem za izdelek, ki izpolnjuje okoljske standarde in predpise, izraža svoje okoljske prednosti in izboljša svojo konkurenčnost, saj se bolje pozicionira na trgu. »EPD je mednarodno priznan in sprejet dokument, ki zagotavlja transparentne in zanesljive informacije o okoljskih vplivih izdelka. EPD-ji hkrati omogočajo tudi primerjave o okoljski učinkovitosti različnih gradbenih izdelkov, kar je v veliko pomoč projektantom, arhitektom, gradbenikom in tudi potrošnikom pri izbiri želenih trajnostnih izdelkov, hkrati pa pri iskanju načinov za izboljšanje okoljske učinkovitosti spodbujajo proizvajalce k razvoju bolj trajnostnih izdelkov,« je poudarila doc. dr. Malovrh Rebec in dodala, da EPD-ji ponekod že predstavljajo zahtevo zakonodaje ali programov certificiranja zelenih stavb. »Pri nas je ZAG edini nosilec programa EPD, s katerim lahko na standardiziran način poročamo o LCA-ocenah življenjskega cikla proizvodov. ZAG je vpet v številne mednarodne in domače projekte in sodeluje v praktično vseh skupinah, ki razvijajo okoljsko področje, standarde, metodologije in zahteve, zato proizvajalcem sodelovanje z ZAG prinaša vrsto prednosti, ki jih lahko s pridom izkoristijo,« je sklenila.

V nadaljevanju je **izr. prof. dr. Marjana Šijanec Zavrl** iz **Gradbenega inštituta ZRMK** izpostavila, da je, gledano na celoten življenjski cikel, s stavbami povezana polovica iz narave pridobljenih materialov, polovica celotne rabe energije, tretjina

porabljene vode in tretjina proizvedenih odpadkov. Z njimi je povezana tudi več kot tretjina emisij toplogrednih plinov, pri čemer so stavbe in zanje porabljeni energija pomembeni dejavnik podnebnih sprememb, ki imajo velik vpliv na ljudi, ekosisteme in bivanje. Skladno z načrti EU in »Valom prenove v EU Zelenem dogovoru« se do leta 2030 predvideva zmanjšanje izpustov toplogrednih plinov za 55 % (*Pripravljeni na 55*), z evropskimi podnebnimi pravili pa je uresničitev tega podnebnega cilja postala pravno obvezna. Države članice EU pripravljajo novo zakonodajo, da bi uresničile ta cilj in dosegle podnebno neutralnost EU do leta 2050. Grajene zdrave stavbe bodo morale podpirati dobro počutje uporabnikov in bodo integrirane v energetsko sistemsko infrastrukturo, biti bodo morale visoko energijsko učinkovite ter krožne z vidika materialov in njihove rabe, brez vsakršne uporabe fosilnih goriv, in hkrati odporne proti posledicam podnebnih sprememb. EPBD – nova Direktiva (EU/2024/1275) se tako nanaša na prenovo stavb, ki vključuje tudi energetske izkaznice in potne liste za prenovo stavb, razogličenje, pri katerem so brezemisijske stavbe nov standard za novogradnje, navaja pa tudi nujnost zagotavljanja financiranja ter modernizacije in sistemski integracije.



**Slika 3.** Izr. prof. dr. Marjana Šijanec Zavrl iz Gradbenega inštituta ZRMK je izčrpano predstavila revidirano evropsko direktivo za gradnjo novih in prenovo obstoječih stavb. (Foto: arhiv GBC).

Revidirana direktiva tako določa nove, ambicioznejše standarde energetske učinkovitosti tako za nove kot tudi za prenovljene stavbe. Njen cilj je lastnike nepremičnin spodbuditi k prenovi njihovih stavb, saj bi morale biti vse stavbe v EU do leta 2050 brezemisijske. »Ko govorimo o večji krožnosti, odpornosti in zmanjšanju emisij toplogrednih plinov, izpostavljamo tudi racionalno rabo materialov in energije v celotnem življenjskem ciklusu stavb. Da bi trajnostno gradnjo bolje obvladovali, na Gradbenem inštitutu ZRMK v okviru projekta Life IP Care4Climate uvajamo kazalnike trajnostne gradnje Level(s), ki imajo podlage v evropskih merilih za trajnostno gradnjo. Pod okriljem dveh ministrstev (MOPE in MNVP) ter v sodelovanju z ZAG želimo s ključnimi deležniki na področju gradbeništva, od strokovnjakov in svetovalcev do investorjev in odločevalcev, vzpostaviti okolje, da bodo ti kazalniki bolje prepoznani, pri tem pa obvladovati tudi metodologije za njihovo kvantitativno vrednotenje. Pri načrtovanju stavb moramo znati izbrati primerna orodja za izračunavanje kazalnikov ter poskrbeti za stalno spremeljanje teh ključnih vidikov trajnostne gradnje.« Dodala je še, da trenutno izvajajo štiri pilotne projekte, ki so v različnih fazah načrtovanja in za katere arhitekti in gradbeni

strokovnjaki sproti preverjajo, kakšne vplive predstavljajo sprejete oblikovane odločitve za trajnostno gradnjo.

## Zunanost stavb: gradbeni materiali, sistemi in tehnologije ter kakovostni izvajalci

Dr. Kamenski je v nadaljevanju predstavil avstrijskega gradbenega izvajalca **Salioski Fassaden & Putz**, ki ga odlikujeta fleksibilnost in izjemno korekten odnos do strank, tako da na trgu s svojim pristopom do investitorjev in spoštovanjem rokov izvedbe predstavlja sinonim za kakovost. Ukvajajo se z estrihi, notranjimi in zunanjimi strojnimi ometi, termoizolacijskimi fasadami, dekorativnimi zaključnimi sloji, gradbenimi in sanacijskimi deli ter z gradnjo za trg.

Kako poteka trajnostna gradnja s porobetonom in kako s svojimi gradbenimi materiali blagovnih znamk Ytong, Multipor, Silka in Hebel izpoljujejo zahteve za sodobne stavbe, je udeležence seznanil **mag. Jure Lovšin** iz družbe **Xella porobeton** iz Kisovca. Gradbeni zakon (GZ-1) namreč v svojem 25. členu predpisuje osem bistvenih zahtev za objekte, kot so mehanska odpornost in stabilnost, varnost pred požarom, higienska in zdravstvena zaščita ter zaščita okolja, varnost pri uporabi, zaščita pred hrupom, varčevanje z energijo, ohranjanje toplotne in raba obnovljivih virov energije, univerzalna graditev in uporaba objektov ter trajnostna raba naravnih virov.

Podjetje **Ursa Slovenija** in trajnostno mineralno volno, proizvedeno z lignin tehnologijo, je predstavil njihov produktni vodja **Uroš Gruden**. Poudaril je, da so njihovi kakovostni materiali že pri izbiro surovin in energentov za njihovo proizvodnjo ter kasneje tudi v transportu podvrženi trajnostnim načelom. V podjetju so nadomestili obstoječa fosilna goriva v proizvodnji mineralne volne v dveh premium izdelkih – URSA SF 32 in URSA SF 34, ki predstavlja pričetek nove dobe k trajnostnemu razvoju izolacijskega materiala v gradbeništvu. V nadaljevanju je predstavil še trdne izolacijske plošče s patentirano tectonic tehnologijo, ki jih odlikuje toplotna in zvočna izolativnost ter požarna varnost.

Inženir **Rok Karmuzel** je predstavil različne trajnostne materiale, ki jih za poševne in ravne strehe proizvajajo v škofjeloškem podjetju **Knauf Insulation**, pri tem pa izpostavil njihovo kakovost ter dobro izolativnost za dolgoročno uporabo s poudarkom na požarni varnosti.

**Doc. dr. Simon Petrovič** s Fakultete za arhitekturo Univerze v Ljubljani je v imenu družbe **F. Leskovec** udeležencem pojasnil, da sistemi za pritrjevanje toplotnoizolacijskih sistemov predstavljajo pomemben vidik k trajnosti fasade, saj povečujejo njeno odpornost in stabilnost, zlasti v primerih visokih obremenitev z vetrom. Sistemi tako služijo dolgi življenjski dobi objekta, zato je pomembno, da se v objekte tudi pravilno vgrajujejo.

Inženir **Peter Bandelj** iz podjetja **Alu König Stahl**, ki pri nas zastopa aluminijaste in PCV-sisteme Schüco za izdelavo transparentnih delov fasadnega ovoja, kot so okna, vrata in steklene fasade, ter steklene sisteme Jansen, je v nadaljevanju govoril o zniževanju emisij toplogrednih plinov fasadnega ovoja v praksi. Vse se začne že pri načrtovanju stavb, njihove oblike ter ob-

like elementov fasadnega ovoja do izbire sistemov in tehničnih rešitev ter materialov. Sledi izgradnja z izbranimi materiali, kjer je mogoče razogličenje dosegati že pri njihovi proizvodnji, tudi z uporabo recikliranih materialov. Sledita še fazi uporabe stavbe, ki predstavlja največji delež v njeni življenjski dobi, ter ob prenovi ali zaključku uporabe objektov še recikliranje materialov za njihovo ponovno uporabo. Opozoril je tudi na pomen okoljskih izjav o izdelkih (EPD-ji za materiale, sistemski EPD-ji, projektni EPD-ji), ki vsebujejo vse relevantne podatke za načrtovalce – arhitekte in projektante, gradbene fizike, vzdrževalce, investitorje in tudi uporabnike.

Kako se z razogličenjem in krožnimi principi sooča **Wicona**, ki je v svetu prepoznana kot vodilni ponudnik rešitev iz aluminija za gradbeni sektor, je razložil njihov vodja trajnostnega razvoja **Philipp Müller** iz Nemčije, uvodoma pa je udeležence pozdravil še predstavnik v Sloveniji **Sašo Koletnik**. Wicona trgu ponuja izboljšane sisteme za aluminijasta okna in vrata ter drsne sisteme in steklene fasade, ki proizvajajo manj emisij CO<sub>2</sub>. V industriji aluminija skrbijo tudi za njegovo recikliranje – tako tistih delov, ki še niso bili uporabljeni kot končni izdelki, kot tudi tistih odpadkov, ki se po izteku življenjskega cikla stavb vračajo v proces proizvodnje. Po opisu ključnih smernic, predpisov in zakonodaje, ki se nanašajo na konstrukcije in sektor gradbeništva, je Müller izpostavil še pomen EPD-jev in digitalizacije ter standardov in izračunov za ocenjevanje energijske učinkovitosti stavb, s katerimi Wicona v gradbenem sektorju s svojimi inovativnimi izdelki pospešeno uresničuje trajnostne cilje za izboljšanje konkurenčnosti industrije v EU.

## Barve in inovativni materiali za notranje prostore

Italijansko blagovno znamko dekorativnih barv **Valpaint**, ki se uporabljajo tako za bivalne prostore kot poslovne rešitve, ter slovenskega distributerja Bina, barve in ambienti iz Maribora, je slušateljem konference predstavila **Katarina Cafnik**. Povedala je, da proizvajalec sprejema pomembne korake k še bolj trajnostni proizvodnji, saj spodbuja uporabo surovin z nizkimi emisijami CO<sub>2</sub> in začenja oblikovati izdelke iz obnovljivih in recikliranih materialov. Podjetje že izvaja oceno življenjskega cikla za širok nabor svojih izdelkov, da bi zanje pridobilo okoljsko deklaracijo izdelka (EPD). Na tej poti podjetje vlaga v inovativne tehnologije in sodeluje z dobavitelji, ki so zavezani k zmanjšanju okoljskega vpliva.

Domžalska družba **Kansai Helios** je med predavanjem **mag. Cirile Colnar Mikeln** udeležencem predstavila prednosti treh notranjih zidnih barv iz svojega prodajnega programa (Spectra Pure&Care, zidne barve brez dodanih biocidnih snovi, premaže Spectra Active Air, ki razgrajajo formaldehid, ter premaže z dodatkom lahkih polnil Spectra Level Medium light), ki predstavljajo rešitve v smeri trajnostnega razvoja in zagotavljajo pozitivne učinke na ljudi in naravo.

**Blaž Marušič** iz družbe **JUB** je v sklepnom delu predstavil še inovativne in trajnostne sisteme **Hydrosol Decor**, ki odlično nadomeščajo klasične sisteme s keramiko in so trendovski tudi za prenovo drugih obstoječih prostorov ter idealni za oblikovanje ambientov v novogradnjah. Prostorom dajejo izjemno vodotesno zaščito in zaščito pred plesnimi, hkrati pa so enostavni za vzdrževanje ali morebitno kasnejšo sanacijo.

Fotografije: arhiv GBC Slovenija

Avtorka poročila: **Miša Hrovat (Maga, d. o. o.)**

Kontakt: dr. Iztok Kamenski, predsednik UO GBC Slovenija, M: 041 716 845, E: [info@gbc-slovenia.si](mailto:info@gbc-slovenia.si)

# SEJEM VARNOST IN PREVENTIVA 2024 ZA TRAJNEJŠO PRIHODNOST

## 1 UVOD

Na Gospodarskem razstavišču v Ljubljani je 23. in 24. oktobra potekal sejem Varnost in preventiva 2024, ki velja za največji dogodek s področja požarne varnosti ter varnosti in zdravja pri delu v regiji. Mednarodno obarvan sejem, namenjen tako strokovni kot tudi širši javnosti, je ponudil številne zanimive vsebine, delavnice in strokovna predavanja.

Kongresno-sejemski dogodek Varnost in preventiva 2024 sta organizirala [Slovensko združenje za požarno varstvo](#)

(SZPV) in [Zveza društev varnostnih inženirjev Slovenije \(ZDVIS\)](#). Zastavljen je kot kombinacija sejma in niza strokovnih konferenc, predstavitev in delavnic, kjer so lahko obiskovalci vsebine in znanja, pridobljena na predavanjih, dopolnili na sejemskem delu. Med predavatelji je bil niz mednarodno priznanih strokovnjakov s področja varstva pri delu in požarne varnosti, ki so udeležencem predstavili novosti na področju varnosti pri delu, požarne varnosti, kako nove tehnologije vplivajo na varnostne ukrepe in procesno varnost, ter izzive, ki jih prinaša prehod v trajnostno naravljeno gospodarstvo.



**Slika 1.** Sejem Varnost in preventiva 2024. Foto: SZPV.



**Slika 2.** Dr. Aleš Jug, predsednik Slovenskega združenja za požarno varstvo Foto: Laura Resnik.

Dr. **Aleš Jug**, predsednik Slovenskega združenja za požarno varstvo in predsednik organizacijskega odbora, je dogodek predstavil kot pomembno stičišče za strokovnjake z različnih področij varnosti: »Poskušamo združevati področje požarne varnosti, varstva pri delu in procesne varnosti. Namen dogodka je predvsem v tem, da delujemo preventivno, zato ozaveščamo o različnih tveganjih in stroki podajamo nove informacije. Stroko tudi združujemo, da bi si izmenjali najboljše prakse, rešitve in inovacije, ki bodo prispevale k zmanjšanju nesreč in poškodb na delovnih mestih.«

## 2 PREVENTIVNI UKREPI IN INOVATIVNE REŠITVE

Velik poudarek so na sejmu Varnost in preventiva tudi letos namenili preventivi, ustrennemu odzivu na sodobna tveganja ter praktičnim prikazom, npr. gašenja litij-ionskih baterij, solarnih panelov, evakuacije gibalno oviranih ljudi itd. Obravnavali so številne aktualne teme, kot so zagotavljanje varnosti pri delu na višini, zaščita vida na delovnem mestu, požarna varnost in alternativni viri energije, nevarnosti baterijskih hranilnikov električne energije, ekstremni vremenski pojavi in procesna varnost.

**Janez Antolinc** iz Zavoda Brez ovir in podjetja TaktilePro, ki je izvedel »Predavanje o problematiki dostopa gibalno oviranih« in praktični prikaz evakuacije gibalno ovirane osebe po stopnicah v primeru izrednih razmer, je opozoril: »Pri zagotavljanju



**Slika 3.** Prikaz evakuacije gibalno oviranih z uporabo evakuacijskega stola Foto: Laura Resnik.

dostopnosti objektov je treba poskrbeti tudi za načrtovanje evakuacije oseb z različnimi oviranostmi. V Sloveniji se gasilci praktično celo leto srečujejo s številnimi požari, poplavami in drugimi nevarnostmi, ki zahtevajo hiter odziv, med njihove zadolžitve pa ne spada evakuacija v objektu ujetih ljudi, čeprav so dostikrat primorani poskrbeti tudi za to. Za evakuacijo so zadolženi lastniki in upravniki zgradb, ki morajo objekte opremiti z [evakuacijsko opremo](#) za reševanje gibalno oviranih, kot so evakuacijski stoli in blazine.«

**Avtorka poročila: Laura Resnik  
(Zavod Brez ovir, so. p.)**

# FOTOREPORTAŽA NARIVANJE VIADUKTA JENINA

**Lokacija:** Podgorje (pri Slovenj Gradcu), 3.RO, sklop F – Jenina

**Investitor:** Družba za avtoceste v republiki Sloveniji – DARS, d. d.

**Projektant:** GRADIS BP MARIBOR, d. o. o.

**Glavni izvajalec:** GARNOL, d. o. o.

**Podizvajalec za narivanje, vgradnjo in napenjanje kablov ter dobavo in vgradnjo ležišč:** FREYSSINET ADRIA SI, d. o. o.

Viadukt Jenina sestoji iz dveh vzporednih viaduktov dolžine 479,17 m + 476,19 m. Obe prekladni konstrukciji sta v horizontalni ( $R_L = 642,27$  m;  $R_D = 657,22$  m) in vertikalni zaokrožitvi ( $R_y = 24000$  m) ter sta podprtji v 14 oseh z največjim razponom 39,43 m. Vzdolžni nakloni se gibajo od 5,06 % na osi 1 do 3,06 % na osi 14. Konstruktivna višina škatlaste prekladne konstrukcije v osi narivanja je 3,0 m. Širina leve preklade je 13,88 m, desne pa 14,62 m. Prekladni konstrukciji viadukta sta se zgradili s tehnologijo postopnega narivanja 2×25 segmentov ( $L_{max} = 20,22$  m) s sočasno izvedbo desnega in levega viadukta.



**Slika 1.** Montaža levega kljuna za narivanje na delavnico za narivanje.



**Slika 2.** Narivanje levega kljuna na izhodiščni položaj – montaža na izhodiščni položaj za izgradnjo prvega segmenta ni bila mogoča, zato se je kljun narinil iz delavnice za narivanje preko opornika.



**Slika 3.** Narivanje 1. taka levega objekta – začetna narivanja z dvema votlima batoma kapacitete  $2 \times 150$  t z vlečnima navojnima palicama Freyssibar B50.



**Slika 4.** Prvi prehod levega kljuna na steber – vidni osnovni elementi narivanja: začasno drsno ležišče, teflonske drsne plošče, bočno vodilo, kljun za narivanje z dvižnimi bati za dvig povešene konzole na steber.



**Slika 5.** Narivni hidravlični bati za vlečenje s kabli za prednapenjanje –  $3 \times$  Hebetec H400 kapacitete  $3 \times 400$  ton,  $3 \times 37$  vrvi za prednapenjanje. Med gradnjo se postopoma menjajo vlečne palice Freyssibar z najprej dvema, nato pa s tremi t. i. »strand jacki«.



**Slika 6.** Vnos vlečne sile v prekladno konstrukcijo – na sliki dva vlečna trna dolžine 4 m in teže 3 tone, v katera se vpenjajo snopi vlečnih jeklenih vrvi.



**Slika 7.** Pogled na desni viadukt in kljun za narivanje proti oporniku 1.



**Slika 8.** Narivanje 18. taka desnega objekta – gradnja levega se je pričela z zamiškom, zato v tej dirki velikanov zaostaja.



**Slika 9.** Narivanje 20. taka desnega objekta.



**Slika 10.** Narivanje zadnjega, 25. taka desnega objekta s sočasno demontažo kljuna za narivanje.



**Slika 11.** Vgradnja in napenjanje kontinuirnih kablov v notranjosti prekladne konstrukcije po končanem narivanju.



**Slika 12.** Vgradnja stalnih ležišč.

**Slikovno gradivo:** Foto arhiv Freyssinet Adria SI, d. o. o

**Avtor fotoreportaže:** Miha Maraž, univ. dipl. inž. grad. (Freyssinet Adria SI, d. o. o)

# NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

## UNIVERZA V LJUBLJANI, FAKULTETA ZA GRADBENIŠTVO IN GEODEZIJO

### I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Nejc Pirc.** Ureditev cestnega odseka na Bettetovi cesti v Ljubljani med avtocestnim priključkom (33) in krožnim krožiščem (Supernova - Eleclerc), mentor doc. dr. Peter Lipar; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=162397>

**Domen Mrgole.** Projektiranje poteka kolesarske povezave med krožnim križiščem v Šmarju in križiščem Kvedrove in Savske ceste, mentor doc. dr. Peter Lipar; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=160964&lang=slv>

**Maks Kogovšek.** Kapacitetna analiza in predlog zasnove križišča Pot za Brdom in Tehnološki park v Ljubljani, mentor doc. dr. Rok Marsetič; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=162324>

**Martin Schweiger.** Sanacija nepravilnosti vidnih betonov armiranobetonskega objekta na Dolenjskem, mentor doc. dr. Drago Saje; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=162263&lang=slv>

**Žiga Kosi.** Načrtovanje enodružinske nizkoenergijske hiše na poplavnem območju, mentor doc. dr. Luka Pajek, somentor izr. prof. dr. Simon Rusjan; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=162326&lang=slv>

**Belma Avdić.** Identifikacija trendov in pregled aplikacij za zagotavljanje in kontrolo kakovosti v gradbeništvu, mentor doc. dr. Jaka Dujc; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=161511&lang=slv>

**Adel Huskić.** Primerjava metod vrednotenja enostanovansksih hiš na neaktivnem trgu nepremičnin, mentor doc. dr. Daniel Kozelj; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?lang=slv&id=162099>

**Emil Ikanović.** Priprava načrta organizacije gradbišča v skladu z CZ-1, mentor doc. dr. Robert Klinc; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=160968&lang=slv>

**Martin Štebej.** Izdelava projekta organizacije gradnje s praktičnim primerom gradnje poslovne stavbe Quadro, mentor izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski, somentor doc. dr. Bojan Čas; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=162328&lang=slv>

**Domen Ocepek.** Varnost in zdravje pri delu v cestogradnjni, mentor doc. dr. Robert Rijavec; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=160966&lang=slv>

**Andraž Rešetič.** Izkušnje z implementacijo programa Dalux v podjetju Riko, d.o.o., mentor prof. dr. Žiga Turk; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=162318&lang=slv>

**Eman Prošić.** Apneno cementni ometi s fazno spremenljivimi materiali, mentorica doc. dr. Petra Štukovnik; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=162781&lang=eng&prip=dkum:25186254:d5>

**Tadej Marenk.** Rekonstrukcija dela vodovodnega sistema Stara Fužina, mentor doc. dr. Mario Krzyk; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=161039&lang=slv>

**Tim Mali.** Priročnik za uporabo sistemskih opažev, mentor doc. dr. Bojan Čas, somentor izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?lang=slv&id=162776>

### I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Anja Kolenc.** Vpliv superabsorpcijskega polimera na velikost zgodnjega autogenega krčenja betona visoke trdnosti, mentor doc. dr. Drago Saje; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=162639&lang=slv>

**Blaž Rozman.** Projektiranje sendvič panelov z oblogo iz jeklenih pločevin, mentor izr. prof. dr. Primož Može; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=162789&lang=slv>

**Tomaž Plavčak.** Dinamika sestavljenih nihal, mentor prof. dr. Dejan Zupan; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=161518&lang=slv>

**Matija Žgajnar.** Projektiranje armiranobetonske stropne plošče lekarne na Vrhniku, mentor doc. dr. Jože Lopatič; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=162113&lang=slv>

**Luka Podgoršek.** Izdelava programa za dimenzioniranje naknadno prednapetih betonskih nosilcev, mentor doc. dr. Jože Lopatič; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=161007>

**Jošt Bibič.** Tehnološki elaborat za gradnjo kanalizacije Raka – 2. faza, mentor izr. prof. dr. Andrej Kryžanowski; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=161508>

**Matija Grivič.** Izdelava spletnega pregledovalnika modelov BIM, mentor doc. dr. Robert Klinc, somentorica asist. Anja Brelih; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=162368&lang=slv>

**Maruša Hajdinjak.** Primerjava starih in novih zahtev PURES-a na primeru manjše enodružinske hiše, mentor doc. dr. David Antolinc, somentor asist. David Božiček; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=162110&lang=slv>

**Aleksandar Gajić.** Analiza vpliva sončnega sevanja in padavin na higrotermalni odziv zunanjne stene, mentor izr. prof. dr. Mitja Košir, somentor doc. dr. Luka Pajek; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=161983>

**Julijan Hodžar.** Vrednotenje protipoplavnih ukrepov Puconskega potoka, mentor izr. prof. dr. Nejc Bezak; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=161513&lang=slv>

**Maruša Birsa.** Primerjava izračunanih in merjenih nosilnosti pilotov na Ljubljanskem barju, mentor prof. dr. Janko Logar; <https://repozitorij.uni-lj.si/lzpisGradiva.php?id=162791&lang=slv>

**Irvin Gabrič**, Načrtovanje in modeliranje z odprtakodno programsko opremo BlenderBIM, mentor doc. dr. Robert Klinc; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=161004&lang=slv>

**Jošt Rogelj**, Večstransko osvetljevanje prostorov z dnevno svetlobo in njen vpliv na enakovernost osvetljenosti, mentor izr. prof. dr. Mitja Košir, somentor doc. dr. Jaka Potočnik; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162100&lang=slv>

**Blaž Zupančič**, Izdelava BIM-modela zgrajenega večetažnega objekta na podlagi oblaka točk s programsko opremo Revit, mentor doc. dr. Robert Klinc, somentor doc. dr. Klemen Kregar; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162322&lang=slv>

**Urban Pestotnik**, Projektiranje armirano betonske etažne plošče, mentor prof. dr. Boštjan Brank; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=163131&lang=slv>

**Gaja Soršak**, Določanje upogibne togosti in trdnosti lesa bukve, mentor prof. dr. Goran Turk, somentor izr. prof. dr. Matija Gams; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162777&lang=eng>

**Alen Drofenik**, Primerjava upogibne trdnosti nosilcev izdelanih iz različnih materialov s 3D tiskalnikom, mentor prof. dr. Goran Turk; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162398&lang=slv>

**Luka Lah**, Optimizacija težnostnih podpornih konstrukcij, mentor izr. prof. dr. Boštjan Pulko; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=160866&lang=slv>

**Matija Štolfa**, Projektiranje armiranobetonske stropne konstrukcije gasilskega doma, mentor doc. dr. Jože Lopatič; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162786&lang=slv>

**Urban Debevec**, Vpliv vsebnosti recikliranega opečnega agregata na velikost avtogenega krčenja betona visoke trdnosti, mentor doc. dr. Drago Saje; <https://repozitorij.uni-lj.si/Izkanje.php?lang=slv>

**Gal Plavec**, Analiza učinka potresnega utrjevanja na potresno odpornost zidanih stavb, mentor izr. prof. dr. Matija Gams, somentor dr. Samo Gostič; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=161871>

**Samy Hassanien**, Vpliv potresne izolacije na potresne zahteve armiranobetonske stavbe, mentor prof. dr. Matjaž Dolšek, somentor doc. dr. Anže Babič; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162321&lang=slv>

**Bezjak Matic**, Sistem za permanentne meritve vibracij, mentor prof. dr. Matjaž Dolšek, somentor doc. dr. Anže Babič; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162319&lang=slv>

**Jan Panič**, Geotehnične analize za suhi zadrževalnik Pradisjol, mentor izr. prof. dr. Boštjan Pulko, somentorica asist. dr. Jasna Smolar; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=161516&lang=slv>

**Manca Simončič**, Preverba nosilnosti lesenega ostrešja opuščenega gospodarskega objekta na Dolenjskem, mentor doc. dr. Drago Saje; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=161502&lang=slv>

**Bor Jeršič**, Lastnosti tal na območju plazu na Koroškem s predlogom sanacije, mentor izr. prof. dr. Boštjan Pulko, somentorica asist. dr. Jasna Smolar; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=161330>

**Nejc Janša**, Požarna odpornost fasadnih sistemov, mentor prof. dr. Tomaž Hozjan; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=161865>

**Urša Urh**, Stroškovno in energijsko optimalna prenova enodružinske hiše, mentor izr. prof. dr. Mitja Košir, somentor asist. David Božiček; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=160970>

**Ana Škufca**, Načrt gospodarjenja z gospodarsko javno infrastrukturo oskrbe s pitno vodo v občini Jesenice, mentor doc. dr. Daniel Kozelj; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=161520&lang=slv>

**Luka Starc**, Ocena potresne odpornosti obstoječe kamnite zidane stavbe, mentor doc. dr. Anže Babič; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162112>

**Matevž Kolenc**, Dimenzioniranje lesene skeletne konstrukcije za kmetijske namene, mentor doc. dr. Drago Saje; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162785&lang=slv>

**Kaja Kersnik**, Projektiranje etažne plošče stanovanjske hiše, mentor prof. dr. Boštjan Brank; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=161869>

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

**Mark Pogačar Nikolič**, Analiza rabe vode pri različnih dejavnosti na območju slovenske Istre, mentor izr. prof. dr. Simon Rusjan, somentorica asist. dr. Mateja Klun; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=161665&lang=slv>

**Peter Luka Golob**, Analiza poplavnega dogodka avgusta 2023 na porečju Meže, mentor izr. prof. dr. Gašper Rak, somentorica asist. Jana Breznik; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162631&lang=slv>

## II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO (smeri Gradbene konstrukcije, Geotehnika-hidrotehnika, Nizke gradnje)

**Lucija Balant**, Vpliv različnih predpostavk strižnega obnašanja lahkih leseni okvirnih panelov na izračunano potresno odpornost izbranih stanovanjskih leseni stavb, mentor doc. dr. David Antolinc, somentorica Meta Kržan; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162626>

**Tilen Erjavec**, Prometno-tehnični vidik izvedljivosti nadgradnje železniške proge od Ljubljane do Ivančne Gorice, mentor doc. dr. Robert Rijavec, somentor asist. Luka Trček; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162634&lang=slv>

**Nastasja Šater**, Spremljanje sušenja enodružinskih stavb v Mežiški dolini po poplavah avgusta 2023, mentor izr. prof. dr. Mitja Košir, somentor asist. David Božiček; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=161668&lang=slv>

**Katja Arh**, Digitalizacija projektiranja s parametričnim generiranjem računskih modelov, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentorica doc. dr. Jože Lopatič in Jure Česnik; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162772&lang=eng>

**Neja Fazarinc.** Modeliranje trajnostne prenove stavnega fonda na potresnih območjih, mentor prof. dr. Matjaž Dolšek; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=161673&lang=slv>

**Illa Kulović.** Učinkovitost različnih sistemov strižnega utrjevanja zidov s FRP: pregled in primerjava izbranih eksperimentalnih preiskav zidov ter računskih rezultatov po različnih standardih, mentor prof. dr. Vlatko Bosiljkov, somentorica Meta Kržan; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162625&lang=slv>

## II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO (smer Informacijsko modeliranje zgradb - BIM A+)

**Sara Antunes.** Delovni postopek za uporabo energijskih analiz v celotnem življenjskem ciklu načrtovanja BIM, mentor doc. dr. Luka Pajek, somentorica mag. Ekaterina Moskvina; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162399&lang=slv>

**Mouadh Khammassi.** Oblikovanje kinetičnega stavnega ovoja visoko zmogljive stavbe z uporabo BIM, mentor izr. prof. dr. Mitja Košir, somentor doc. dr. Jaka Potočnik; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162778&lang=eng>

**Anshika Karn.** Možnosti za avtomatizacijo preverjanja zahtev za izdajo digitalnih gradbenih dovoljenj ob uvedbi standarda IFC, mentor doc. dr. Jernej Tekavec, somentorica prof. dr. Anka Liseč; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162784&lang=slv>

**Melody Wanjiku Njuguna.** Optimizacija termsinskega plana na osnovi IFC, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentor Manuel Parente; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162788&lang=slv>

**Idriss Tchaheu Tchaheu.** Upravljanje informacij za določitev količin na osnovi BIM: odprtih elotoki in praktična raba, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentor Jure Česnik; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162787&lang=slv>

**Tina Ojage Agbor.** Od skeniranja do BIM za mostove: pridobivanje geometrijskih lastnosti za inženirsko analizo, mentor doc. dr. Dejan Grigillo, somentorica doc. dr. Tilen Urbančič in prof. dr. Boštjan Brank; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?lang=slv&id=163744>

**Collins Lemashon Sarisar.** Transformacija in prenos iz BIM v MKE: primer ANSYS, mentor prof. dr. Boštjan Brank, somentor doc. dr. Tomo Cerovšek; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162790&lang=slv>

**Felip Wang.** Razvoj in praktična uporaba digitalnih dvojčkov, mentor doc. dr. Tomo Cerovšek, somentor Andraž Starc; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162779&lang=eng>

**Magistrski študijski program Gradbeništvo (smer Informacijsko modeliranje zgradb - BIM A+) zaključili na UL FGG, magistrsko nalogu opravili na University of Minho, Portugalska:**

**Adriano Aparecido Franchini.** Information Modelling for Building Automation: towards the integration of BIM tools in Robotic Fabrication and 3DCP process

**Aline Hilgemberg da Costa.** The Value of BIM for Owners: a multi-stakeholder study focused on an office building

**André Luis Mantelatto Lisboa da Silva.** Extracting machine-readable constructive element precedence from BIM models

**Ankita Maurya.** Bridging Realities: Advancing Modular Construction through BIM and Mixed Reality Integration

**Felipe de Oliveira Leite.** Efficient Planning and Execution of Solar Panels using BIM 4D with Line of Balance schedule

**Guido Coutinho de Alvarenga.** Towards a process of public tendering with automatic QTO for increased comparability of proposals: a prototype

**Isadora Renata Bernardon Almeida.** Digital Twin Interface for Facility Management Using openBIM Standards

**Jessica Aida Silva.** Digital Building Permit: Analysis and creation of rules to automate the process

**Luis Felipe Zuluaga Mosquera.** Cross-Country Analysis of BIM Enforcement by the Public Sector

**Mohammad Asim.** Creation and Implementation of BIM Model Measurement Rules

## II. MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM VODARSTVO IN OKOLJSKO INŽENIRSTVO

**Lea Šturbej.** Načrtovanje hudourniške pregrade na porečju Savinje, mentor izr. prof. dr. Nejc Bezak, somentor izr. prof. dr. Gašper Rak; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=161675&lang=slv>

**Laura Rant.** Modeliranje evtrofifikacije Blejskega jezera, mentorica izr. prof. dr. Nataša Atanasova, somentorica doc. dr. Mateja Škerjanec; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=163167&lang=slv>

**Tilen Pinter.** Uporaba stohastičnega padavinskega modela za določitev projektnih pretokov na porečju Savinje, mentor izr. prof. dr. Nejc Bezak, somentorica prof. dr. Mojca Šraj; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=161538>

## II. MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM STAVBARSTVO

**Luka Jurko.** Analiza vplivov zelenih streh na toplotni odziv večstanovanjske stavbe v Ljubljani, mentor izr. prof. dr. Mitja Košir; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=161671&lang=slv>

## III. DOKTORSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRAJENO OKOLJE

**Tamara Kuzmanić.** Laboratorijski preskusi lastnosti mineralnih agregatov v fluvialni abraziji grobih sedimentov, mentor prof. dr. Matjaž Mikš; <https://repozitorij.uni-lj.si/IzpisGradiva.php?id=162539&lang=slv>

# NOVI DIPLOMANTI GRADBENIŠTVA

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

### I. STOPNJA – VISOKOŠOLSKI STROKOVNI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Eva Gradišnik.** Krožno gospodarstvo v gradbeni industriji: primer Nigrad, d. o. o., mentor doc. dr. Rok Kamnik, somentor Borut Hojnik;  
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=89265&lang=slv>

**Florijan Romih.** Statična analiza jeklene hale dimenzij 28 x 50 m z mostnim žerjavom nosilnosti 10 ton, mentor doc. dr. Tomaž Žula;  
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=90522&lang=slv>

### I. STOPNJA – UNIVERZITETNI ŠTUDIJSKI PROGRAM GRADBENIŠTVO

**Andrea Trajanova,** zaključek študija brez zaključnega dela  
**Žan Toplak,** zaključek študija brez zaključnega dela  
**Žiga Strdin,** zaključek študija brez zaključnega dela

### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJ GRADBENIŠTVA

**Laura Šeligo.** Potresna odpornost in predlog sanacije dijaškega doma v Celju, mentor prof. dr. Miroslav Premrov, somentorica izr. prof. dr. Erika Kozem Šilih;  
<https://dk.um.si/IzpisGradiva.php?id=90647&lang=slv>

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

### INTERDISCIPLINARNI ŠTUDIJ GOSPODARSKEGA INŽENIRSTVA – SMER GRADBENIŠTVO

#### II. STOPNJA – MAGISTRSKI ŠTUDIJSKI PROGRAM

**Gal Rednak.** Sodobno projektiranje variantnih rešitev izvedbe zunanjih sten večstanovanjske stavbe, mentorja doc. dr. Zoran Pučko in izr. prof. dr. Matjaž Denac, somentorica izr. prof. dr. Nataša Šuman;  
<https://dk.um.si>

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

# Gradbeni vestnik

## KOLEDAR PRIREDITEV

### KOLEDAR PRIREDITEV

**7.-8.11.2024**

**45. zborovanje gradbenih konstruktorjev Slovenije**  
Portorož, Slovenija  
[www.sdgk.si](http://www.sdgk.si)

**13.-14.11.2024**

**11. Dnevi gradbenega prava 2024**  
Laško, Slovenija  
<https://dgp.uradni-list.si>

**21.11.2024**

**Strokovni posvet Beton in trajnostna gradnja:  
hibridna gradnja in zeleni prehod**  
Ljubljana, Slovenija  
[www.zabeton.si](http://www.zabeton.si)

**4.12.2024**

**MVD2024 – 35. Mišičev vodarski dan**  
Maribor, Slovenija  
[www.vgb.si/p/posts/misicev-vodarski-dan-2024-12.php](http://www.vgb.si/p/posts/misicev-vodarski-dan-2024-12.php)

**7.-13.4.2025**

**BAUMA 2025 - 34th Edition of the World's Leading  
Trade Fair for Construction Machinery, Building  
Material Machines, Mining Machines, Construction  
Vehicles and Construction**  
München, Nemčija  
<https://bauma.de/en/trade-fair/>

### KOLEDAR IZOBRAŽEVANJ IZS

**11.11.2024**

**Performance-based design: uvajanje sodobnih  
betonov na slovenski trg**  
Spletno izobraževanje  
[www.izs.si/izobrazevanja/izs-izobrazevanja/?education=I-0035/2024](http://www.izs.si/izobrazevanja/izs-izobrazevanja/?education=I-0035/2024)

**13.11.2024**

**Dimenzioniranje opornih konstrukcij na potresno  
obtežbo**  
Spletno izobraževanje  
[www.izs.si/izobrazevanja/izs-izobrazevanja/?education=I-0042/2024](http://www.izs.si/izobrazevanja/izs-izobrazevanja/?education=I-0042/2024)

**25.11.2024**

**Betonski tlaki – težave iz prakse, vzroki zanje in  
načela sanacije**  
Spletno izobraževanje  
[www.izs.si/izobrazevanja/izs-izobrazevanja/?education=I-0047/2024](http://www.izs.si/izobrazevanja/izs-izobrazevanja/?education=I-0047/2024)

**27.11.2024**

**Betoni visoke trdnosti**  
IZS, Jarška cesta 10b, Ljubljana  
[www.izs.si/izobrazevanja/izs-izobrazevanja/?education=I-0058/2024](http://www.izs.si/izobrazevanja/izs-izobrazevanja/?education=I-0058/2024)

**11.12.2024**

**Dimenzioniranje nosilnih stikov v leseni  
konstrukcijah**  
IZS, Jarška cesta 10b, Ljubljana  
[www.izs.si/izobrazevanja/izs-izobrazevanja/?education=I-0059/2024](http://www.izs.si/izobrazevanja/izs-izobrazevanja/?education=I-0059/2024)

**17.12.2024**

**Dimenzioniranje sestavljenih lesenih prerezov z  
upoštevanjem podajnosti lesnih zvez**  
IZS, Jarška cesta 10b, Ljubljana  
[www.izs.si/izobrazevanja/izs-izobrazevanja/?education=I-0060/2024](http://www.izs.si/izobrazevanja/izs-izobrazevanja/?education=I-0060/2024)

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