

Damijan Zore, dipl. inž. grad.  
damijan.zore@igmat.eu  
Igmata, d. d., Zadobrovska cesta 4,  
1260 Ljubljana - Polje



**Strokovni članek**  
UDK/UDC: 625.03:665.775

# OBNOVA VOZIŠČ Z BSM-TEHNOLOGIJO

## ROAD RENOVATION WITH BSM TECHNOLOGY

### Povzetek

V okviru obnov obstoječih vozišč izvajamo tudi obnove s stabiliziranjem plasti po hladnem postopku z uporabo bitumna. V Sloveniji je stabiliziranje s penjenim bitumnom prisotno od leta 2000.

Leta 2021 smo v podjetju Igmata, d. d., pripravili Tehnično specifikacijo za prometno infrastrukturo TSPI-PGV.06.325:2022 [RS MZI, 2022] za BSM (z bitumenskim vezivom stabiliziran material). Specifikacija obravnava širšo paleto uporabe veziv, kot se trenutno uporabljajo, navaja parametre za ugotavljanje ustreznosti odsekov cest za tovrstno obnovo in izbiro najprimernejše tehnologije stabiliziranja, opisuje novosti glede priprave receptur, izvedbe del, kontrole kakovosti ter navaja zahteve za kakovostne karakteristike uporabljenih materialov, proizvedeno zmes, vgrajeno plast in pogostost preiskav.

Ključne besede: penjeni bitumen, BSM-tehnologija, finančne in okoljske koristi

### Summary

As part of the renovation of existing roadways, renovations are also carried out by stabilizing existing pavements using cold process with bitumen. Stabilization with foamed bitumen has been present in Slovenia since 2000.

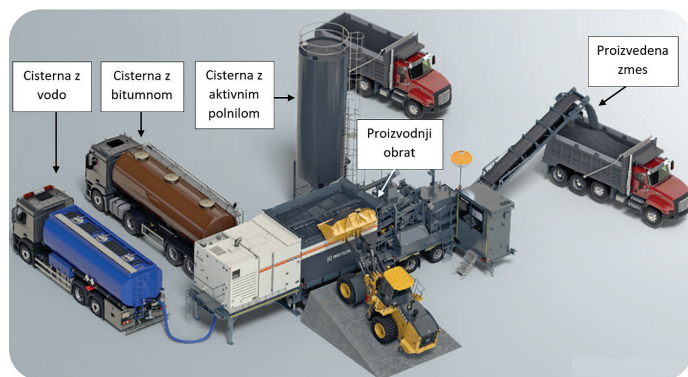
In 2021, we at Igmata, d. d., prepared the Technical specification for transport infrastructure (TSPI-PGV.06.325:2022) [RS MZI, 2022] for BSM (bitumen stabilised materials).

The specification addresses a wider range of binder applications than those currently in use, gives the parameters for determining the suitability of road sections for this type of rehabilitation and the selection of the most appropriate stabilization technology. It describes the novelties in design, execution of work, quality control and states the requirements for the quality characteristics of the materials used, the produced mixture, the embedded layer and the frequency of testing.

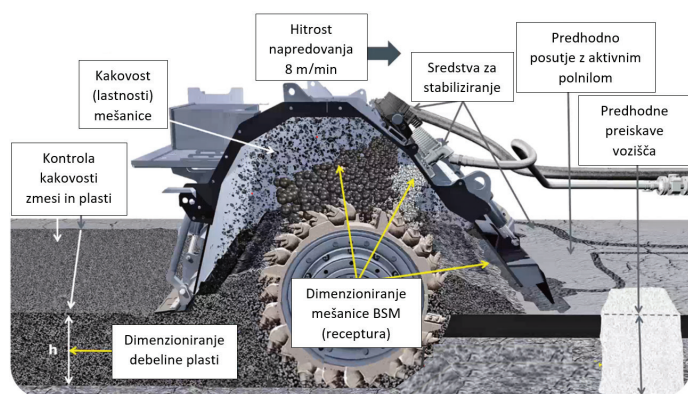
Key words: foamed bitumen, BSM technology, financial and environmental benefits

## 1 UVOD

Za izdelavo stabilizirane plasti iz novih ali obstoječih materialov se kot osnovni vezivi uporabljata penjeni bitumen ali bitumenska emulzija ter dodani vezivi, t. i. aktivni polnilni, cement ali hidrirano apno. Tovrstne zmesi lahko proizvedemo na obratu (slika 1) ali na mestu vgraditve (slika 2), z reciklatorjem na kolesih (slika 3) ali na gosenicah (slika 4). Z mešanjem ene ali več zmesi skupaj ter dodajanjem omenjenih veziv pridobimo obnovljeno zmes, ki je sposobna uspešno prevzeti tako statične in dinamične obremenitve prometa kot tudi škodljive podnebne in hidrološke vplive.



Sliki 1. Prikaz proizvodnje zmesi na obratu [Wirtgen, 2021].



Sliki 2. Prikaz proizvodnje zmesi na mestu vgraditve [Loudon International, 2023].



Sliki 3. Prikaz proizvodnje zmesi z reciklatorjem na kolesih in vgrajevanje z grederjem [Wirtgen, 2018].



Sliki 4. Prikaz proizvodnje zmesi z reciklatorjem na gosenicah in vgrajevanje s finišejem [Wirtgen, 2018].

## 2 RAZLAGA POIMENOVANJA BSM

V Sloveniji je poznan izraz »reciklaža s penjenim bitumnom«, ki predstavlja eno od različic v družini z bitumenskim vezivom stabiliziranih materialov. Izraz zajema stabiliziranje obstoječih materialov, pri katerih se za vezivo uporabi penjeni bitumen.

| BSM (z bitumenskim vezivom stabilizirani materiali) |             |                 |                     |                       |
|---|-------------|-----------------|---------------------|-----------------------|
|   |             | penjeni bitumen | bitumenska emulzija | uporabljeno vezivo    |
| STABILIZIRANJE                                      | RECIKLAŽA   | obstoječi       | obstoječi           | uporabljeni materiali |
|   | NOVOGRADNJA | novi, sveži     | novi, sveži         |                       |

Preglednica 1. Razlaga poimenovanja BSM.

Z vbrzgovanjem penjenega bitumna ali bitumenske emulzije v obstoječe ali nove materiale ali kombinacijo obojih dobimo z bitumenskim vezivom stabilizirane materiale. Za konkretno mešanico se s predhodno sestavo (recepturo) določi, katera veziva in materiali so vključeni v mešanico in kolikšni so njihovi deleži.

## 3 PREDNOSTI BSM-TEHNOLOGIJE

Podatki [Wirtgen, 2019a] o prednostih BSM-tehnologije glede na klasično obnovo vozišč so naslednji:

- do 100 % ponovne uporabe obstoječih materialov,
- do 90 % manj stroškov transporta materialov,
- do 90 % manj porabe novih materialov,
- do 60 % zmanjšanje emisij CO<sub>2</sub>,
- do 50 % manjša poraba veziv,
- do 50 % nižji stroški obnove,
- do 50 % krajši čas obnove.

Kot že omenjeno, je bistvena prednost BSM-tehnologije uporaba obstoječih materialov. Druga prednost je, da se zmes proizvaja po hladnem postopku. To pomeni, da vhodnih materialov ni treba segreti, kot je to potrebno pri proizvodnji asfaltnih zmesi. S tem prihranimo velike količine energije.

V preglednici 2 je prikazana primerjava izračuna (glavnih) stroškov, ki predstavljajo razliko pri proizvodnji stabilizirane zmesi (BSM) in klasične asfaltne zmesi (ASF). BSM na obratu se običajno proizvaja iz asfaltne granulata in dodane frakcije 0/2 mm v razmerju 80% proti 20%. Podatke za vrednotenje količin v preglednici 2 je podalo podjetje GGD, d. d., [GGD, 2023]. Izračun predstavlja informativne vrednosti, saj se cene na tržišču v zadnjem obdobju zelo spreminjajo.

| Izračun za 1.000 ton proizvedene zmesi na obratu<br>(dnevna proizvodnja) |  |                                    |
|--|--|------------------------------------|
| Po hladnem postopku BSM  |  | Po vročem postopku ASF             |
| (20%, 200 ton)<br>2.800 EUR  | nove zmesi kamnitih zrn<br>14 EUR/tona | (100%, 1.000 ton)<br>14.000 EUR    |
| 0 EUR  | segrevanje zmesi kamnitih zrn          | 1.000 ton – 8.000 EUR<br>8.000 EUR |
| (2,2%, 22 ton)<br>11.000 EUR   | bitumen<br>500 EUR/tona                | (3,8%, 38 ton)<br>19.000 EUR       |
| (1%, 10 ton)<br>2.000 EUR  | aktivno polnilo<br>200 EUR/tona        | 0 EUR                              |
| 15.800 EUR   | Skupaj:                                | 41.000 EUR                         |
| Prihranek 25.200 EUR 61,5%   |  |                                    |

**Preglednica 2.** Primerjava izračuna stroškov proizvedenih zmesi.

Izračun predpostavlja proizvodnjo 1.000 ton zmesi, kar za oba primera oziroma obrata časovno predstavlja približno peturno proizvodnjo. Pri proizvodnji BSM je finančni prihranek v primerjavi s klasično asfaltno zmesjo približno 25.000 EUR oziroma 60%.

Treba je poudariti, da zmesi med seboj nista povsem enakovredni. Glede na podatke v Wirtgenovem priročniku (stran 154) [Wirtgen, 2012] znaša koeficient plasti do 0,35 na inčo, kar pomeni, da plast BSM dosega do 80% debelinske vrednosti v primerjavi z nosilno asfaltno plastjo, zato je treba BSM vgraditi v nekoliko večji debelini.

Primeri enakovrednih plasti:

- AC 22 base v debelini 80 mm ali BSM v debelini vsaj 100 mm,
- AC 32 base v debelini 140 mm ali BSM v debelini vsaj 175 mm.

Kar se tiče transporta in vgrajevanja zmesi, so stroški v obeh primerih zelo podobni oziroma skoraj identični. Prihranki so tako v območju od 30 do 50%.

## 4 BSM-TEHNOLOGIJA DOSLEJ IN V PRIHODNOSTI

V Sloveniji je bilo od leta 2000 z BSM-tehnologijo obnovljenih približno 160 odsekov oziroma 1.800.000 m<sup>2</sup> [lgmat, 2023], ve-

činoma regionalnih cest. Skoraj vedno so bila dela ustrezno izvedena in vozišča služijo svojemu namenu. Smo pa v tem obdobju obravnavali pet odsekov, kjer so se pojavile razpoke oziroma predčasne deformacije vozišča.

Na podlagi analize teh odsekov smo prišli do naslednjih ugotovitev [lgmat, 2023]:

1. Na enem odseku je del poškodb mogoče pripisati slabši izvedbi stabiliziranih in asfaltnih plasti, glavni vzrok pa je neustrezna kakovost plasti pod stabilizirano plastjo. Dela so se izvajala pod polovično zaporo, kar je zelo oteževalo izvedbo. Najprej se je začel odpirati vzdolžni sredinski spoj asfaltne plasti. To je omogočilo zatekanje vode, kar je močno pospešilo nastanek razpok v sredini vozišča.
2. V enem primeru vzrok za poškodbe ni bil jasno ugotovljen. Manj verjeten vzrok bi lahko bil, da se je razpoka iz obstoječe asfaltne utrditve reflektirala v BSM in v nove asfaltne plasti. Območje obdelave stabilizirane plasti lokalno ni zajelo obstoječih asfaltnih plasti, kot je bilo predvideno.
3. Vzrok lokalnih poškodb je bila z vodo nasičena in zmrzljiva neodporna plast pod stabilizirano plastjo. Odvodnjavanje cestnega telesa ni bilo urejeno.
4. Voziščna konstrukcija je bila izvedena na izrazito slabo nosilnih temeljnih tleh. Ocenjujemo, da so med izvedbo stabilizirane plasti s težko mehanizacijo nastale poškodbe temeljnih tal.
5. Avtocestni odsek je bil obnovljen s stabilizirano plastjo. Za obrabno plast je bil uporabljen drenažni asfalt (PA 11). Kot običajno je bilo več vzrokov, ki so privedli do predčnih poškodb.

Skupna debelina asfaltnih plasti na tem odseku je znašala približno 12 cm. To sovпада s cono največjih strižnih napetosti v konstrukciji, v kateri stikovanje različnih plasti ni najbolj primerno, še posebej če je vozišče izpostavljeno težki prometni obremenitvi. Plasti bi bile trajnejše, če bi bila dosežena zelo dobra zlepljenost nosilne asfaltne plasti s stabilizirano plastjo. Pri ugotavljanju stanja je bilo ugotovljeno, da plasti niso bile zlepljene.

Doseganje zlepljenosti plasti bi bilo bistveno boljše, če bi bila površina stabilizirane plasti obdelana s postopki, ki so zahtevani v današnjih TSPI. To pomeni, da je z dodatnim vlaženjem in uporabo valjarjev s pnevmatikami treba doseči zaprt površino plasti, kjer fini delci ukleščijo groba zrna. S tem preprečimo izpadanje večjih zrn ter zagotovimo potrebno kohezijo in površinsko togost, ki omogočata ustrezno zlepljenost. Poleg tega je treba pred izvedbo nosilne asfaltne plasti s strojno krtačo odstraniti vsa zrna, ki niso sprijeta s stabilizirano plastjo. Stabilizirana plast mora po celotni površini dosegati podobne lastnosti kot površina nosilne asfaltne plasti.

Proizvedena stabilizirana zmes je vsebovala 2% cementa [Kolektor CPG, 2022], kar pomeni, da ni bila skladna z zahtevami nove TSPI, ki dovoljuje maksimalno 1% aktivnega polnila. Če je v zmesi več kot 1% aktivnega polnila, aktivno polnilo začne prevzemati pobudo nad bitumenskim sredstvom za stabiliziranje. S tem je vpliv dobrih lastnosti bitumna na zmes zmanjšan in posledično je plast bistveno manj odporna proti dinamičnim obremenitvam prometa. Lastnosti takšne plasti so bolj podobne HSM (cementni stabilizaciji) kot BSM.

| Kategorija ceste            | Prometna obremenitev | Debelina plasti BSM (mm) | Debelina asfaltnih plasti (mm) | Skupna debelina zgornjega ustroja (mm) |
|-----------------------------|----------------------|--------------------------|--------------------------------|--|
| Avtocesta                   | Težka                | 200                      | 200                            | 400                                    |
| Glavna ali regionalna cesta | Srednja              | 250                      | 100                            | 350                                    |
| Občinska cesta              | Lahka                | 200                      | 60                             | 260                                    |

**Preglednica 3.** Tipične debeline plasti voziščnih konstrukcij v Sloveniji [Igmat, 2023].

V preglednici 3 so navedene tipične debeline plasti voziščnih konstrukcij, ki se uporabljajo v Sloveniji.

V katalogu Wirtgen (slika 5) so predstavljeni tipi karakterističnih voziščnih konstrukcij, ki so za naše razumevanje nenavadni. Plast BSM namreč v veliki meri nadomešča asfaltno plast.

Vsekakor vsak BSM ni primeren za voziščne konstrukcije, prikazane v sliki 5. Potrebno je nekoliko več znanja pri pripravi predhodne sestave (recepture). Uporabljena mora biti drobljena zmes kamnitih zrn ali asfaltni granulati z ustre-

obstoječa znanja ter pridobiti boljše razumevanje o obnašanju oziroma zmogljivostih in trajnosti tovrstnih konstrukcij. Treba je tudi izvesti testna polja ter izvajati njihov monitoring, saj se le tako lahko uspešno potrdi ustreznost novih tehnologij v naših razmerah.

Leta 2018 je bil v Sloveniji na regionalni cesti v dolžini približno dva kilometra obnovljen odsek z naslednjo voziščno konstrukcijo in je trenutno še v dobrem stanju:

- plast BSM v debelini 25 cm,
- asfaltna plast AC 11 surf B 50/70 A3 v debelini 40 mm.



**Sliki 5.** Različni tipi voziščnih konstrukcij [Wirtgen, 2019b].

no linijo zrnivosti ter optimalnimi vrstami in deleži veziv. Lastnosti plasti morajo biti predhodno preverjene s triosno preiskavo. Stopnja zaupanja v konstantne lastnosti proizvedene zmesi je namreč pri proizvodnji BSM zaradi uporabe obstoječih materialov in drugačne proizvodnje nižja kot pri proizvodnji asfaltnih zmesi. Zato sta potrebna izjemno ažurna kontrola kakovosti ter strokovni pristop vseh vpletenih v procesu proizvodnje.

Uspešna uvedba voziščnih konstrukcij, prikazanih na sliki 5, v prakso bi omogočila znatne prihranke, skrajšala čas obnove in močno zmanjšala obremenitve na okolje pri gradnji cest. Za uspešno vpeljavo v prakso bi bilo treba nadgraditi

izvedba podobnega testnega polja je predvidena tudi pri enem od naslednjih projektov obnov avtocestnih odsekov.

Če se bodo tovrstne konstrukcije (slika 5) izkazale za uspešne, bo treba posodobiti tudi način dimenzioniranja voziščnih konstrukcij, saj model, ki se trenutno uporablja (za vozišča s težko prometno obremenitvijo), ne dopušča načrtovanja tovrstnih ustrojev.

## 5 IZOBRAŽEVANJA O BSM-TEHNOLOGIJI

Letos je podjetje Igmat, d. d., na temo BSM-tehnologije in predstavitve TSPI izvedlo tri izobraževanja za naslednje naročnike:

- Educenter,
- DRI upravljanje investicij,
- IZS (Inženirska zbornica Slovenije).

V tujini tovrstna izobraževanja že 27 let izvaja podjetje Loudon International [Loudon International, 2023], ki je neodvisno svetovalno inženirsko podjetje, registrirano v Južnoafriški republiki. Podjetje aktivno sodeluje pri projektih obnove vozišč po vsem svetu, specializirano je za uporabo tehnologije recikliranja in stabiliziranja z bitumnom. Na njihovi spletni strani so objavljeni podatki in videoposnetki obnov številnih projektov po svetu.

## 6 SKLEP

Tovrstna tehnologija je v Sloveniji prisotna od leta 2000. Večinoma so se izvajale obnove glavnih in regionalnih cest, nekaj obnov je bilo tudi na avtocestnih odsekih z nadgradnjo vsaj 20 cm asfaltnih plasti. V fazi priprave TSPI od januarja do julija 2021 je bil na temo razumevanja BSM-tehnologije, uporabe veziv in izvedbe del narejen precejšen napredek. Ko bo TSPI veljaven in obvezen za uporabo, pričakujemo znatno izboljšanje kakovosti izvedbe del. Če pa bo razvoj gradbene stroke uspel dokazati, da BSM lahko v voziščni konstrukciji nadomesti vezne ali vsaj nosilne asfaltne plasti, kot sicer navaja podjetje Wirtgen, bo to lahko prineslo velike stroškovne, časovne in okoljske koristi.

## 7 LITERATURA

GGD, Gorenjska gradbena družba, d. d., arhiv družbe, 2023.

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

Kolektor CPC, Kolektor Cestno podjetje Nova Gorica, d. o. o., arhiv podjetja (receptura Primorje), 2022.

Loudon International, spletna stran podjetja Loudon International, <https://loudoninternational.co.za>, Cape Town, Južna Afrika, datum vpogleda 10. 5. 2023, 2023.

RS MZI, Tehnična specifikacija za prometni infrastrukturo TSPI-PGV.06.325:2022, Ministrstvo za infrastrukturo Republike Slovenije, 2022.

Wirtgen, Wirtgen cold recycling technology, 2012.

Wirtgen, Forum 56, The Magazine of the Wirtgen group, 2018.

Wirtgen, Sustainable cold recycling technology, Wirtgen GmbH, 2019a.

Wirtgen, Binder with a proven track record in cold recycling, Foamed bitumen, Wirtgen GmbH, 2019b.

Wirtgen, The world of Wirtgen cold recyclers, Wirtgen GmbH, 2021.