Niskotemperaturne bitumenske mješavine s recikliranom plastikom

dr. sc. tech. **Šime Bezina**, *univ. mag. ing. aedif.*

Sadržaj

- Uvod
  - Vruće bitumenske mješavine (HMA) i njihova ograničenja
  - Primjena recikliranog asfaltnog agregata (RAP)
- Niskotemperaturne bitumenske mješavine (WMA)
  - Organski dodaci
  - Kemijski dodaci
  - Upjenjivanje bitumena
  - Prednosti i nedostaci
- Primjena reciklirane plastike u bitumenskim mješavinama
  - Problematika otpadne plastike
  - Mokri i suhi postupak dodavanja
- Projekt WARP
  - Osnovni podaci o projektu
  - Projektne aktivnosti
- Zaključak

Uvod

- Vruće bitumenske mješavine (eng. *Hot Mix Asphalt*, HMA) su mješavina kamenog agregata, bitumena te punila proizvedene vrućim postupkom.
- Temperature proizvodnje HMA mješavina okvirno iznose između 150 i 200 °C, ovisno o upotrijebljenom bitumenskom vezivu.



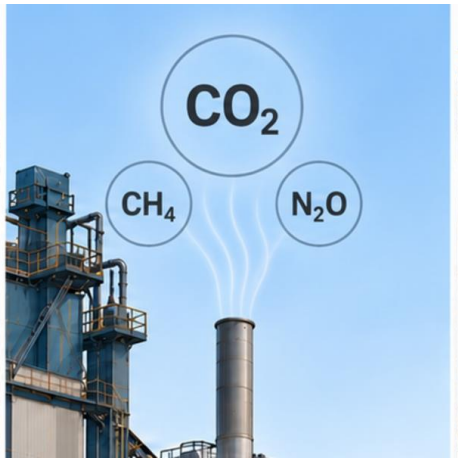




Uvod

- Glavni nedostaci HMA:
  - potrošnja velikih količina kamenog agregata,
  - izloženost radnika bitumenskim parama i toplini,
  - potreba za fosilnim gorivima,
  - emisije stakleničkih plinova,
  - toplinsko opterećenje postrojenja.





Uvod

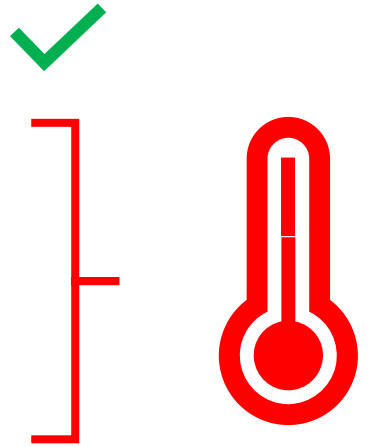
- Reciklirani asfaltni agregat (*Reclaimed Asphalt* Pavement- RAP) dobiva se glodanjem i preradom postojećih asfaltnih slojeva.
- Nakon glodanja predrobljava se na željenu frakciju.
- U Hrvatskoj je dozvoljena upotreba RAP-a 10 – 30% u AC mješavinama.





Uvod

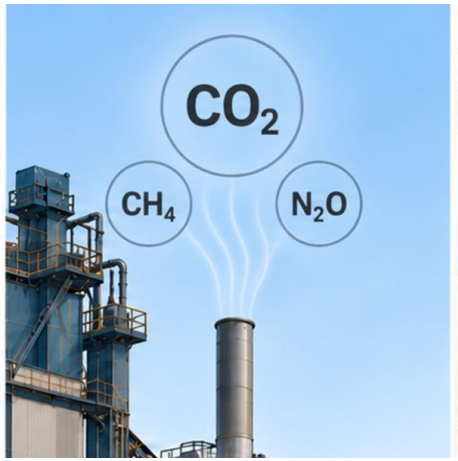
- Glavni nedostaci HMA:
  - potrošnja velikih količina kamenog agregata,
  - izloženost radnika bitumenskim parama i toplini,
  - potreba za fosilnim gorivima,
  - emisije stakleničkih plinova,
  - toplinsko opterećenje postrojenja.













Niskotemperaturne bitumenske mješavine

- Niskotemperaturne bitumenske mješavine (eng. *Warm Mix Asphalt*, WMA) označavaju bitumenske mješavine proizvedene primjenom tehnologija koje omogućuju sniženje temperature proizvodnje u odnosu na HMA za 20 – 40 °C.
- Tri osnovna WMA tehnologije:
  - organski dodaci,
  - kemijski dodaci,
  - upjenjivanje.

Niskotemperaturne bitumenske mješavine- organski dodaci

- U ovu skupinu dodataka pripadaju:
  - sintetski voskovi dobiveni Fischer–Tropschovim postupkom,
  - montanski voskovi,
  - amidi masnih kiselina.



Niskotemperaturne bitumenske mješavine- organski dodaci

- Pri zagrijavanju organski se dodaci otapaju u bitumenu, smanjujući njegovu viskoznost.
- Tijekom hlađenja, učinak smanjenja viskoznosti prestaje, a krutost veziva može se povećati.
- Povećanje krutosti veziva može poboljšati otpornost bitumenske mješavine na trajne deformacije.
- Pri niskim temperaturama veća krutost bitumena može povećati osjetljivost na pucanje sloja kolničke konstrukcije.

Niskotemperaturne bitumenske mješavine- kemijski dodaci

- Kemijski dodaci su površinski aktivni pripravci na osnovi:
  - amina,
  - fosfatnih estera,
  - silana.



Niskotemperaturne bitumenske mješavine- kemijski dodaci

- Djeluju na kontaktnoj površini bitumenskog veziva i agregata.
- Smanjuje unutarnje trenje u mješavini tijekom miješanja i ugradnje.
- Mogu poboljšati prionjivost bitumenskog veziva za zrno agregata.
- Pri uobičajenim dozama nemaju utjecaj na viskoznost i reološka svojstava veziva.

Niskotemperaturne bitumenske mješavine- upjenjvanje

- Postupak koji se temelji na pretvorbi male količine vode u vodenu paru pri dodiru s vrućim bitumenom.
- Privremeno se povećava volumen upjenjenog veziva, uz smanjenje njegove viskoznosti.
- Postupci upjenjivanja:
  - izravni,
  - neizravni.

Niskotemperaturne bitumenske mješavine- upjenjivanje

- Kontrolirana količina vode uvodi se kroz mlaznicu u struju vrućeg bitumena neposredno prije njegova ulaska u miješalicu.





Niskotemperaturne bitumenske mješavine- upjenjivanje

- Ključni pokazatelji kvalitete pjene su:
  - koeficijent ekspanzije,
  - vrijeme poluraspada pijene.
- Na ključni pokazatelje utječe:
  - količina i tlak dodane vode,
  - temperatura i vrsta bitumena,
  - konstrukcijska izvedba sustava za upjenjivanje,
  - prisutnost dodataka u bitumenu.

Niskotemperaturne bitumenske mješavine- upjenjivanje

- Pri neizravnom upjenjivanju mineralnim dodacima primjenjuju se zeoliti, kristalni hidratizirani aluminosilikati
- Zagrijavanjem se voda postupno oslobađa iz njihove kristalne strukture.
- Neizravno upjenjivanje može se ostvariti i iskorištavanjem vlage iz agregata ili RAPa.

Niskotemperaturne bitumenske mješavine- prednosti

- Manja potrošnja energije i goriva.
- Smanjenje emisija plinova povezane s proizvodnjom.
- Povoljniji radni uvjeti na gradilištu.
- Manje izraženo kratkotrajno starenje veziva.
- Kraće vrijeme hlađenja prije puštanja prometa.
- Manje toplinsko opterećenje postrojenja.

Niskotemperaturne bitumenske mješavine- nedostaci

- Povećana osjetljivost mješavine na djelovanje vode.
- Moguća niža otpornost na kolotraženje.
- Složenije projektiranje mješavina s dodatkom RAP-a.
- Potreba za prilagodbom postrojenja i procesa.
- Dodatni troškovi.

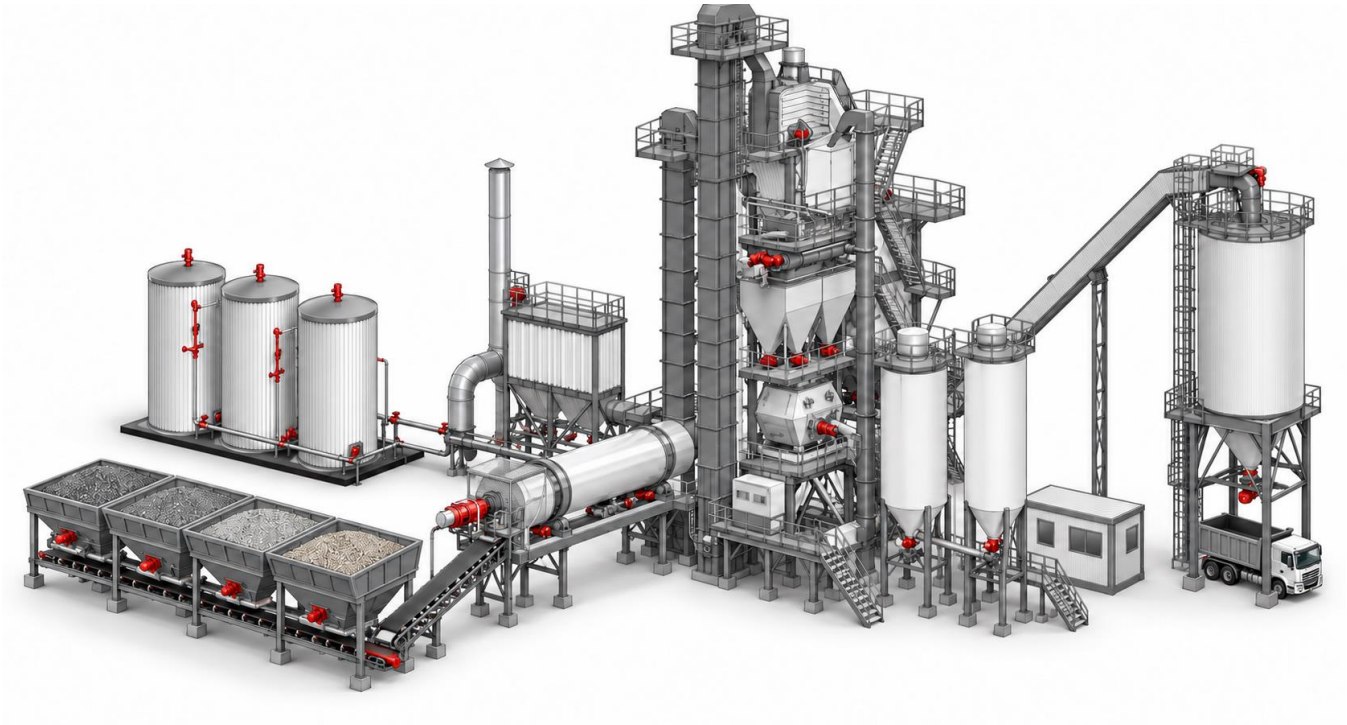
Reciklirana plastika- problematika zbrinjavanja

- U svijetu je tijekom 2024. nastalo približno 400 milijuna tona otpadne plastike.
- Samo oko 9,5% ukupne potječe iz recikliranog materijala.
- Bez dodatnih mjera globalna proizvodnja primarne plastike mogla bi porasti 52% između 2025. i 2040., dok bi kapaciteti gospodarenja otpadom porasli približno 26 %.



Reciklirana plastika- dodatak bitumenskim mješavinama

- Kod mokrog postupka reciklirana plastika se dodaje zagrijanom bitumenu.
- U varijanti suhog postupka reciklirana plastika se dodaje zagrijanom agregatu u miješalici asfaltne baze.

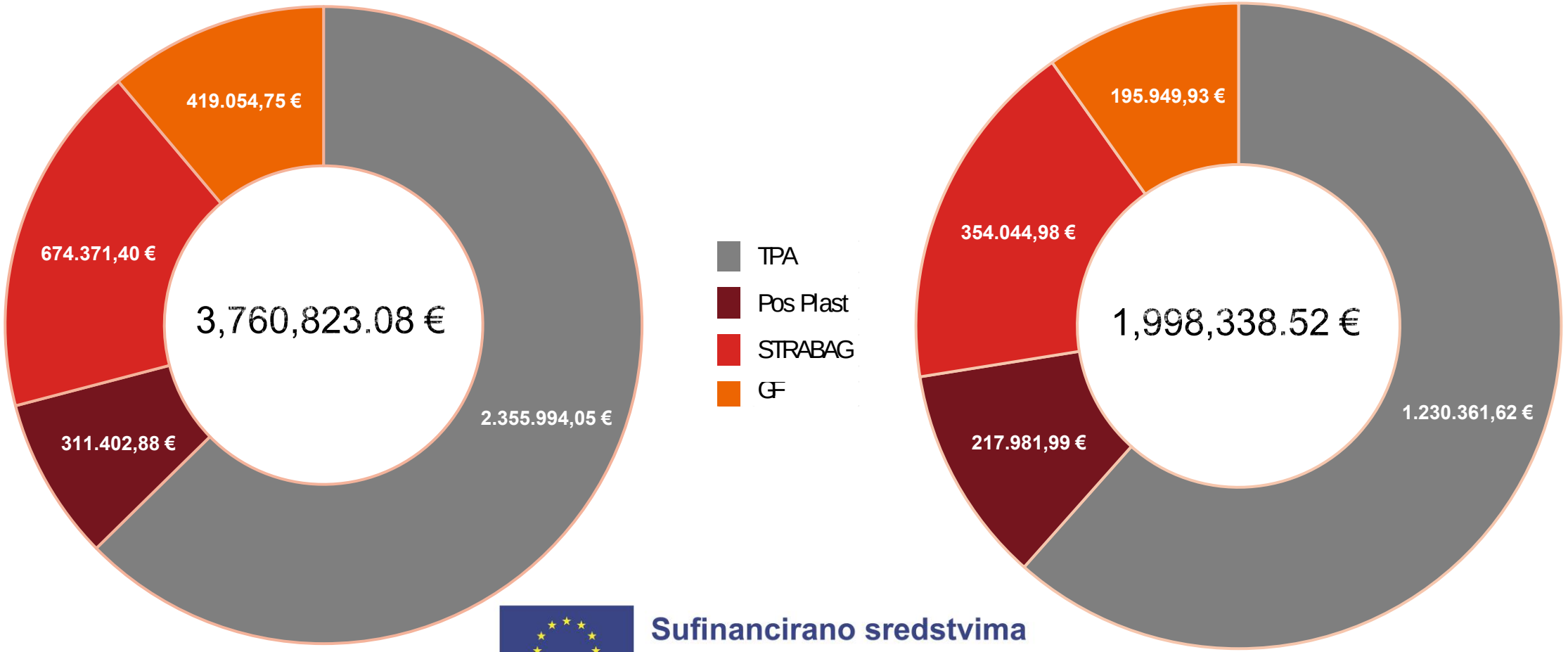


Projekt WARP- uvod

- Niskotemperaturne bitumenske mješavine s recikliranom plastikom (*eng.* ***W****arm Mix* ***A****sphalt With* ***R****ecycle* ***P****lastic)*



Projekt WARP- uvod



Sufinancirano sredstvima Europske unije

Projekt WARP- aktivnosti

- Industrijsko istraživanje inovativnog proizvoda
  - Formuliranje tehnološkog koncepta
  - Eksperimentalno dokazivanje koncepta
  - Laboratorijska validacija tehnološkog koncepta
- Eksperimentalni razvoj inovativnog proizvoda
  - Validacija tehnologije u relevantnom okruženju
  - Demonstracija tehnologije u relevantnom okruženju
  - Demonstracija tehnologije u operativnom okruženju
  - Uspostavljanje tehnološkog sustava

- Projekt WARP- Formuliranje tehnološkog koncepta

- Razvijen je koncept te su definirani osnovni tipovi bitumenskih mješavina:
  - SMA 11 NT,
  - AC 11 surf RA10 NT,
  - AC 16 bin RA30 NT,
  - AC 32 base RA30 NT.



Projekt WARP- Eksperimentalno dokazivanje koncepta

- Odabir sastavnih komponenti mješavina:
  - različite vrste plastike s obzirom na: temperaturu tališta, oblik, njihovu dostupnost na tržištu i interakciju s bitumenom,
  - različite vrste agregata (sedimentni i eruptivni),
  - različite vrste inicijalnog bitumena.
- Izrada uzoraka modificiranog bitumena primjenom mokrog postupka dodavanja reciklirane plastike.



Projekt WARP- Laboratorijska validacija tehnološkog koncepta

- Za svaki tip bitumenske mješavine izradit će se laboratorijski uzorci s različitim udjelima RP i RAP-a.
- Varijacije svih triju tehnologija proizvodnje WMA te oba postupka dodavanja RP.
- Određivanje svojstava laboratorijskih mješavina.

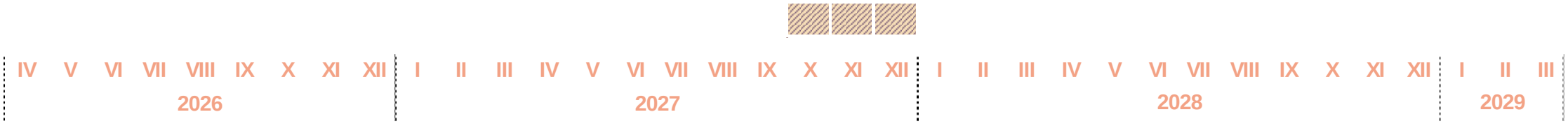


IV V VI VII VIII IX X XI XII I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII I II III IV V VI VII VIII IX X XI XII I II III

2026 2027 2028 2029

Projekt WARP- Validacija tehnologije u relevantnom okruženju

- Napuštanje laboratorijskog okruženja i prelazak u realne uvjete industrijske proizvodnje.
- Potvrda da se laboratorijski razvijene recepture mogu uspješno prilagoditi industrijskim procesima bez drastične promjene u standardnoj tehnologiji proizvodnje bitumenskih mješavina.



Projekt WARP- Demonstracija tehnologije u relevantnom okruženju

- Prijelaz s industrijske proizvodnje na stvarne uvjete izvedbe probnih dionica.
- Potvrda da se inovativne WARP mješavine mogu ugraditi na gradilištu primjenom standardne cestograđevne mehanizacije.



Projekt WARP- Demonstracija tehnologije u operativnom okruženju

- Sustavno praćenje probnih dionica u uvjetima stvarnog prometnog opterećenja i prirodnih klimatskih utjecaja.
- Donošenje zaključaka o pouzdanosti, trajnosti, prednostima i ograničenjima WARP mješavina u odnosu na konvencionalne mješavine.
- Procjena otpornosti WARP mješavina na dugotrajna opterećenja, deformacije, pukotine, zamor materijala i pojavu kolotraga.



Projekt WARP- Uspostavljanje tehnološkog sustava

- Dostizanje pune tehničke i tržišne spremnosti WARP mješavina.
- Objedinjavanje svih rezultata laboratorijskog razvoja, industrijske validacije, probnih dionica i monitoringa u realnim uvjetima.
- Procjena ekonomske isplativosti tehnologije u odnosu na konvencionalne bitumenske mješavine.



Zaključak

- WMA omogućuju snižavanje temperature proizvodnje i ugradnje bitumenskih mješavina.
- Reciklirana plastika pruža mogućnost promjene svojstava bitumenskog veziva.
- Projekt WARP objedinit će laboratorijska ispitivanja, provjeru proizvodnje na asfaltnoj bazi, kontrolu izvedbe slojeva te praćenje probnih dionica.
- Na temelju tih podataka moći će se utvrditi koje kombinacije imaju opravdanje za praktičnu primjenu i pod kojim uvjetima.

Hvala vam na pažnji!

