

ANALIZA PREDNOSTI I PRIMJENA POROZNOG ASFALTA U SAVREMENOM GRAĐEVINARSTVU**ANALYSIS OF ADVANTAGES AND APPLICATION OF PHOROUS ASPHALT IN CONTEMPORARY CIVIL ENGINEERING**Marko Tadić, *Fakultet tehničkih nauka, Novi Sad***Oblast – GRAĐEVINARSTVO**

Kratak sadržaj – U radu su analizirane prednosti i primjena poroznog asfalta za izgradnju kolovoza, parkinga i ostalih asfaltnih površina. Na osnovu prethodnih studija doneseni su zaključci o ugradnji, održavanju i sanaciji poroznih asfalta u cilju produžavanja životnog vijeka i ekonomičnosti. Težilo se formiranju uniformnog zaključka o adekvatnim metodama ojačanja mješavine poroznog asfalta, kao i njegovim ograničenjima. Porozni asfalt se pokazao kao validno rješenje za izgradnju kolovoznih konstrukcija kako u urbanim sredinama tako i na magistralnim putevima i autoputevima. Porozni asfalt je uslijed svojih drenažnih sposobnosti pokazao najveću upotrebnu vrijednost za lokacije sa velikom količinom padavina.

Ključne reči: porozni asfalt, permeabilnost, analize prednosti, putogradnja.

Abstract – This guideline for submitting a manuscript for the Proceedings of the Faculty of Technical Sciences is given for publication of scientific and technical papers. This paper presents the advantages and application of porous asphalt pavements, parking lots, etc. Based on previous studies conclusions were made about implementation, maintenance, and sanitation of porous asphalts in terms of prolonging its life cycle and life-cost cycle. The goal was to form a uniform opinion about adequate methods of strengthening the structure of porous asphalts and to form a clear opinion about its limitations. Porous asphalt pavements presented itself like a viable solution for building pavements, parking lots, etc. in urban areas, and highway construction. Due to his drainage capabilities, showed great results in areas with high precipitation throughout the year.

Keywords: porous asphalt, permeability, analysis of advantages, road construction

NAPOMENA:

Ovaj rad proistekao je iz master rada čiji mentor je bio dr Miloš Šešlija, docent.

1. UVOD

Porozni asfalt sa svim svojim inovacijama i usavršavanjima tokom vremena predstavlja jedan od najaktuelnijih materijala izgradnje puteva, iako je se prvi put pojavio još u sedamdesetim godinama prošlog vijeka. Prva upotreba poroznog asfalta registrovana je u Holandiji, 1972. godine, a za širu upotrebu površinskog sloja od poroznog asfalta su se odlučili 1982. godine. Na kraju prve decenije 20-og vijeka u Holandiji 90% svih autoputeva su izgrađeni od poroznog asfalta.

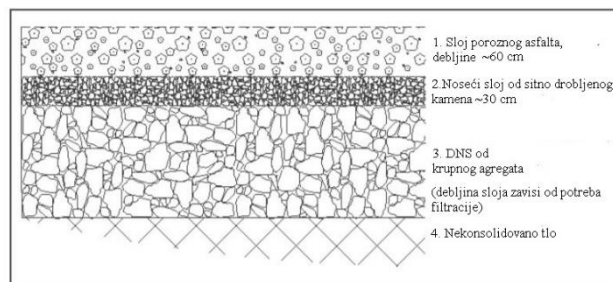
Iz Evrope, koncept poroznog asfalta se predstavlja u Japanu, Kini i ostalim zemljama Azije.

Tokom osamdesetih godina 20. vijeka porozni asfalt je našao svoju primjenu u izgradnji pločnika i trotoara u Americi, i više od 200 izgrađenih pločnika i trotoara je i dalje u funkciji bez ikakvih oštećenja i konstruktivne degradacije (za porozne asfalte koji su održavani tokom vremena). Tokom vremena porozni asfalt je prošao kroz mnoge modifikacije i načine primjene, uslijed čega danas imamo veliki broj opcija i rješenja poroznog asfalta, u zavisnosti od potreba i ograničenja.

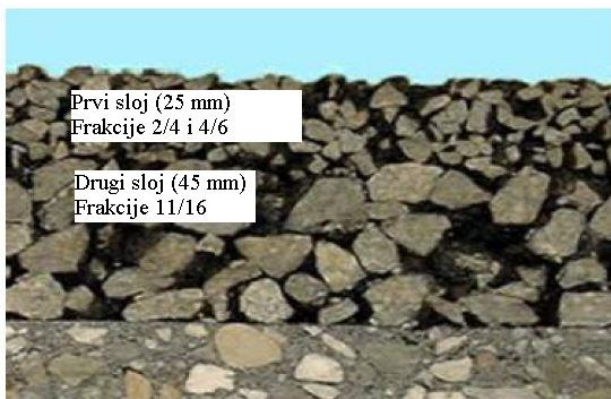
Kao i svaki drugi materijal, porozni asfalt ima svojstvena ograničenja u upotrebi. Pri projektovanju konstrukcija poroznog asfalta bi trebalo voditi računa o njegovoj ugradnji, jer se korekcije eventualnih grešaka u konstrukciji i ugradnji znatno teže saniraju, u poređenju sa konvencionalnim kolovoznim konstrukcijama.

2. VRSTE I STRUKTURA POROZNOG ASFALTA

Iako postoje različite vrste poroznog asfalta načešće korišten je takozvani “full depth” porozni asfalt koji u najvećoj mjeri koristi prednosti filtracije vode iz gornjih slojeva u donji sloj nekonsolidovanog tla (slika 1).

Slika 1. *Struktura poroznog asfalta*

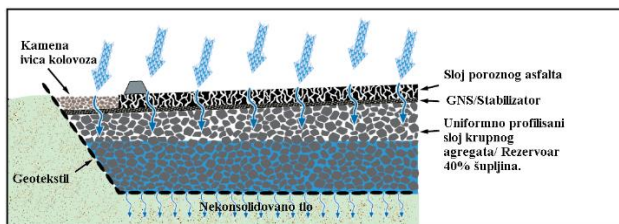
Struktura poroznog asfalta se formira u skladu sa potrebama, ograničenjima i mogućnostima za svaku konstrukciju. Dokazano je da su dvoslojni porozni asfalti značajno bolji u izolaciji buke (slika 2).



Slika 2. Struktura dvoslojnog poroznog asfalta

Porozni kolovozi često nisu projektovani da skladište i filtriraju maksimalnu količinu padavina za jednu lokaciju. Zato se proračunava i realna potreba za sekundarnim sistemima filtracije. Oni se sastoje iz perforiranih cijevi u rezervoaru kolovoza koje su povezane sa cijevima za pražnjenje.

Za dodatnu sigurnost mogu se projektovati i sekundarni rezervoari uklanjanjem kamene ivice iz konstrukcije kolovoza i obezbeđivanjem slobodnog pada vode u rezervoar (slika 3) [1].



Slika 3. Princip filtriranja vode kod poroznog asfalta

3. PRETHODNE STUDIJE O POROZNOM ASFALTU

Istraživanja o poroznom asfaltu su počela analizom svojstava i karakteristika pojedinačnih materijala od kojih je se porozni asfalt proizvodi.

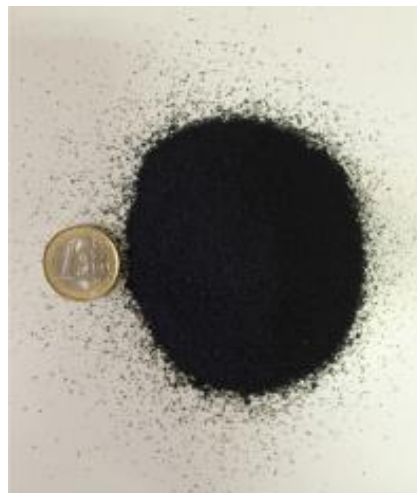
S obzirom da su ovi materijali već odavno poznati i relativno usavršeni, vrlo brzo se moglo pristupiti formiranju poroznog asfalta kao cjeline i njegovom testiranju (Cantabro test izdržljivosti, optornost na habanje itd.)

3.1. Upotreba drobljene gume kao aditiva

Premisa za ove studije je da pored svih prednosti, porozni asfalt posjeduje i određene nedostatke u smislu ranog starenja koje vodi ka deterioraciji, fragmentaciji i razdvajanju asfalta. Ovo je naravno uslovljeno samom teksturom poroznog asfalta, koji sa svojim velikim procentom šupljina predstavlja ne toliko kompaktan materijal koji je podložan deformacijama [2].

Dodavanje drobljene gume ima pozitivan uticaj i pokazuje odlične rezultate kroz testove „ispiranja“ asfaltna mješavine (slika 4). Nije potrebno naknadno dodavanje vlakana kako bi se postigao ovaj efekat za mješavine koje u svom sastavu imaju drobljenu gumu.

Razlike u ITS vrijednostima za mješavine sa i bez drobljene mogu se zanemariti.



Slika 4. Izgled zrna drobljene gume

Testiranjem ITSM-a (Indirect Tensile Stiffnes Modulus) za mješavine sa drobljenom gumom dobijaju se pozitivni rezultati u pogledu smanjivanja krutosti površinskog sloja na niskim temperaturama. Na srednjim i visokim temperaturama ove razlike su neznatne.

Mješavine sa drobljenom gumom imaju lošiji kvalitet po pitanju vertikalne propusnosti u poređenju sa mješavinama bez drobljene gume, iako RPA (Porozni asfalt sa drobljenom gumom) ispunjava minimalne zahtjeve propusnosti.

Cantabro test pokazuje manje vrijednosti gubitka težine i kohezije materijala za mješavine sa drobljenom gumom. Ovo u dugoročnom pogledu može poboljšati otpornost asfalta na struganje i odvajanje agregatnih zrna.

Postoje jasne prednosti korištenja drobljene gume za mješavine poroznog asfalta, pogotovo u smislu povezivanja bitumena i agregata i njihovom sadejstvu [3].

3.2. Upotreba hibridnih vlakana u jačanju asfaltna mješavine

Za jednu od najvećih mana poroznog asfalta se smatra njegova deformabilnost u smislu udubljivanja površinskog sloja. Njegov sastav, korišteni materijali i princip rada čini ovaj asfalt osjetljivim na dugotrajne deformacije i djelovanje zamora. Kao jedno od rješenja za ove probleme predlaže se korištenje nanomaterijala. Njihova mala veličina i velika izložena i efektivna površina rada doprinosi rasterećenju poroznog asfalta.



Slika 5. Izgled staklenih i PP vlakana

Na osnovu laboratorijskih ispitivanja, može se zaključiti sledeće:

- Dodavanjem staklenih i PP vlakana (slika 5) postiže se značajno umanjenje efekta ispiranja materijala mješavine. (0.2% GF-staklenih vlakana, 0.3% PP- vlakana)

- Dodavanjem 0.4% Nano-silikatnih materijala se takođe postiže povećavanje otpornosti mješavine na efekat ispiranja
- Povećavanjem sadržaja veziva i smanjivanjem sadržaja krečnjaka sa 1% na 0.5% opada otpornost asfalta na habanje i čini ga deformabilnijim.
- Dodavanje Nano-silikatnih materijala smanjuje deformabilnost asfaltne mješavine. (4% Nano-silikata sa 4.5% asfaltnog veziva smanjuje vrijednost ulublivanja asfalta za 4%)
- Najmanju vrijednost ulegnuća asfalta imaju mješavine koje sadrže 0.2% staklenih vlakana.
- ITS vrijednost se može povećati i do 65% dodavanjem 0.1% staklenih vlakana i 0.3% PP vlakana.
- Povećavanjem sadržaja veziva sa 4.5% na 6% smanjuje se ITS vrijednost za više od 21%
- Za mješavine sa 4.5% veziva, ITS vrijednost se može povećati za oko 16.5% dodavanjem krečnjaka u količinama 0.5-1%.

Istraživanja o načinima unapređivanja mješavine poroznog asfalta su kontinuirano obavljena u toku proteklih 40 godina. U cilju pronalaženja odgovarajućih aditiva, vrsta agregata i količinskog učešća eksperimenti su obavljani i u laboratorijama i na samom terenu [4].

4. ODRŽAVANJE POROZNOG ASFALTA

S obzirom da se porozni asfalt smatra relativno osjetljivim materijalom na deformacije u poređenju sa klasičnim mješavinama, neophodno je pravovremeno sanirati prsline i oštećenja u njihovom početnom stadijumu. Iako porozni asfalt ima sposobnost „samoisceljivanja“ ovaj fenomen je moguć samo za porozne asfalte čiji je modul otpornosti degradiran maksimalno 10-20%. U protivnom, ova oštećenja poprimaju strukturnu prirodu i porozni asfalt nije sposoban da se samorehabilituje pomoću veziva.

Ukoliko su ove deformacije van opsega samo rehabilitacije potrebno je tretirati porozni asfalt rehabilitacionim sredstvima. U ovom radu su obrađene najzastupljenije tehnike rehabilitacije, kojim se u određenoj mjeri produžava životni vijek konstrukcije i njegovo sveobuhvatno stanje upotrebljivosti.

Korištena su četiri materijala:

- RJ – materijal uljaste kompozicije, namjenjen za rehabilitaciju bitumena,
- CEM- materijal korišten za pospješivanje vezivnih sposobnosti mješavine, spremljen na asfaltnoj bazi sa dodatkom bijele gline (kaolina) namjenjen za povećavanje otpornosti kolovoza na klizanje,
- GL1- polimerizovani materijal,
- EA- emulgirani asfalt.

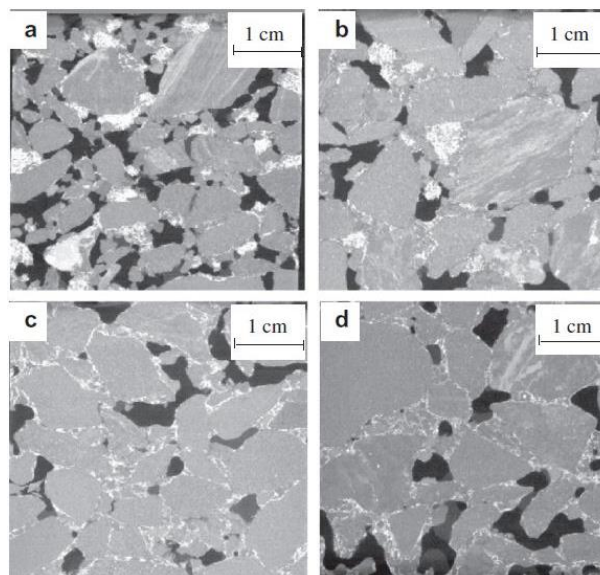
Prije eventualne rehabilitacije kolovoza trebalo bi voditi blagovremeno održavanje i čišćenje pora kako ne bi došlo do zadržavanja sitnih čestica u šupljinama poroznog asfalta.

Samoisceljivanje asfalta je fenomen usko povezan sa temperaturom. Smatra se da je je porozni asfalt sposoban

da se, u slučaju dovoljnog vremena relaksacije, potpuno rehabilituje zatvaranjem prsline i pukotina i oporavkom mješavine. Ovo je moguće ako je dozvoljen dovoljan period rehabilitacije na temperaturama od oko 25°C. Priroda bitumenskog veziva je takva da on može više puta relativno mijenjati svoje agregatno stanje [5].

Sposobnost bitumenskog veziva da se na većim temperaturama „otapa“ i prelazi u stanje gela mu omogućava da reformira svoju strukturu i znatno popravi svoje mehaničke karakteristike. Na nižim temperaturama ovaj oporavak je samo djelimično moguć. Na teritorijama relativno niskih temperatura tokom čitave godine efekat samorehabilitacije poroznog asfalta se može postići dodavanjem vlakana čelične vune koji pospješuju indukciono zagrevanje porozne mješavine. Ovo indukciono zagrijavanje se može simulirati i pomoću nekog sekundarnog izvora toplote koji se nanosi na kolovoznu površinu (slika 6).

Dodavanjem čelične vune ovaj efekat se znatno pospješuje. Količina čelične vune i temperatura mješanja mora biti strogo definisana.



Slika 6. Izgled mješavine u zavisnosti od trajanja mješanja, a) za period od 10 minuta, b) za period od 12 minuta, c) za period od 15 minuta i d) za period od 20 minuta

5. UPOREĐIVANJE TROŠKOVA ODREĐENIH REHABILITACIONIH RJEŠENJA

Načini rehabilitacije kolovoza daju realan uvid u isplativost neke konstrukcije. Ako je konstrukciju neophodno rehabilitovati nedugo nakon njene ugradnje, traže se razlozi koji su do toga doveli. U cilju dobijanja neophodnih informacija, porede se načini rehabilitacije za tri različite vrste kolovoznih konstrukcija.

- Standardna rehabilitacija – OGFC (Open graded friction course) konstrukcije, korištenjem prirodnih agregata.
- Dugoročna rehabilitacija – Poroznog asfalta (PAC) korištenjem prirodnih agregata.
- Održiva rehabilitacija – Poroznog asfalta sa čeličnom šljakom (SS-PAC)

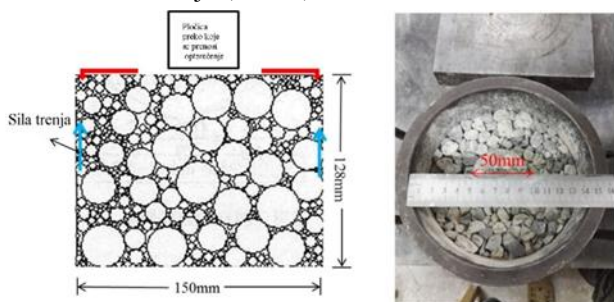
Na osnovu “Real cost” softvera definisane su determinističke i vrijednosti vjerovatnoće za različite scenarije troškova.

6. STRUKTURNA SNAGA SKELETA MJEŠAVINE POROZNOG ASFALTA

Mehaničke karakteristike mješavine u velikoj mjeri zavise od upotrebljenog agregata. Mješavine poroznog asfalta sadrže više od 80% grubog agregata koji je u direktnom kontaktu (stone-on-stone contact). Ovaj skeletni sistem od grubog agregata u mnogome određuje strukturne performanse asfaltne mješavine.

Iz ovog razloga je od velike važnosti da se razviju nove vrste testiranja koje će moći da odrede skeletnu snagu i stabilnost asfaltnih mješavina [6].

Širom svijeta se koriste agregati različitog granulometrijskog sastava, tako da se za utvrđivanje generalnih pravila i premisa kod definisanja novih metoda ispitivanja mora formirati nova generalna prolaznost sita koja će biti korištena u testiranju (slika 7).



Slika 7. Simuliranje CBR testa i reprezentativni dijelovi pločice za testiranje

7. ZAKLJUČAK

Na osnovu svih obavljenih analiza, ispitivanja i eksperimenata može se zaključiti da je porozni asfalt opravdano, isplativo i jednostavno rješenje mnogih problema modernog putarstva. Inicijalno veća cijena ugrađivanja poroznog asfalta se vremenom kompenzuje u pogledu uštede radne snage, potrebe za specijalizovanim mašinama i drenažnim sistemima kojima bi se ekcesivne vode uklanjale sa kolovoznih površina i trotoara.

S obzirom da se mješavina poroznog asfalta „prilagođava“ postojećem tlu, tj. nema potrebe za velikim zemljanim radovima, dodatno se štedi na vremenu i radnoj snazi.

Mane konstrukcije poroznog asfalta bi bile u pogledu njihove osjetljivosti na nagibe, gdje se kod prekoračenja granične vrijednosti nagiba moraju projektovati terasasti parkinzi. Takođe, u slučaju nagiba donjeg nosećeg sloja, porozni asfalt ima karakteristiku nakupljanja vode u čoškovima slojeva.

Takođe, ne savjetuje se projektovanje kolovoza od poroznog asfalta za teška opterećenja. Kamioni i ostala teška vozila imaju tendenciju izazivanja prevelikih deformacija na konstrukciju.

8. LITERATURA

- [1] „UNHSC Design specifications for porous asphalt pavement and infiltration beds“ - University of New Hampshire
- [2] „Best management practices fact sheet for porous asphalt“ - Dauphin County Conservation District
- [3] „Porous asphalt pavements“ - National Asphalt Pavement Association (NAPA)
- [4] „Porous asphalt pavements with Stone Reservoirs“ - U.S. Department of Transportation
- [5] Federal Highway Administration
- [6] „Porous Asphalt Pavement Performance in Cold Regions“ - Minnesota Department of Transportation, Research services

Kratka biografija:



Marko Tadić rođen je u Bijeljini 03.02.1993. godine. Gimnaziju „Filip Višnjić“ u Bijeljini završava 2011. godine i iste godine upisuje studije građevinarstva na Fakultetu tehničkih nauka u Novom Sadu. Osnovne akademske studije završava 2018. godine odbranom diplomskog rada pod nazivom „Izrada Glavnog projekta pojačanog održavanja državnog puta IB-15 u zoni Kikinde i na dionici Kikinda – Nakovo“. Master rad na odsijeku za puteve, željeznice i aerodrome sa temom „Analiza prednosti i primjena poroznog asfalta u savremenom građevinarstvu“ odbranio je u septembru 2019. godine. Tečno govori engleski i nemački jezik