

Porozni asfalt ispunjen cementnim gelom

Garić, Anđela

Undergraduate thesis / Završni rad

2023

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Civil Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Građevinski fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:237:627467>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-14**

Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Civil Engineering,
University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET U ZAGREBU

Anđela Garić

POROZNI ASFALT ISPUNJEN CEMENTNIM GELOM

Završni rad

Zagreb, 2023.

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET U ZAGREBU
Preddiplomski sveučilišni studij Građevinarstvo

Anđela Garić

POROZNI ASFALT ISPUNJEN CEMENTNIM GELOM

Završni rad

Mentor: doc. dr. sc. Josipa Domitrović

Zagreb, 2023.



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
GRAĐEVINSKI FAKULTET

OBRAZAC 2

TEMA ZAVRŠNOG ISPITA

Ime i prezime studenta:

JMBAG:

Završni ispit iz predmeta:

Naslov teme
završnog ispita:

HR	
ENG	

Opis teme završnog ispita:

Datum:

Komentor:

(Ime i prezime komentora)

Mentor:

(Ime i prezime mentora)

(Potpis mentora)

Sadržaj

1. UVOD	1
2. POVIJESNI RAZVOJ.....	2
3. MATERIJALI.....	4
3.1. POROZNI ASFALT	5
3.2. CEMENTNI GEL.....	9
4. IZGRADNJA.....	13
4.1. UGRADNJA POROZNOG ASFALTA.....	13
4.2. INJEKTIRANJE CEMENTNOG GELA.....	14
5. ZAKLJUČAK.....	18
LITERATURA	19

Popis slika i tablica

Slika 1. Presjek poroznog asfalta ispunjenim cementnim gelom	8
Slika 2. Razlika poroznog i asfaltbetona	10
Slika 3. Porozni asfalt ispunjen cementnim gelom sa crvenim pigmentom	16
Slika 4. Razastiranje poroznog asfalta finišerom	17
Slika 5. Valjanje poroznog asfalta	18
Slika 6. Izlijevanje cementnog gela na površinu	19
Slika 7. Prelazak valjka preko površine ispunjene gelom	20
Slike 8 i 9. Uklanjanje viška cementnog gela	21
Slika 10. Nanošenje kemijskog sredstva za njegu.....	22
Tablica 1. Popis država u kojima je izvedena ovakva vrsta konstrukcija	7
Tablica 2. Granulometrijski sastav bitumenske mješavine od poroznog asfalta	12
Tablica 3. Udio pojedinih komponenata u sastavu cementnog gela	13

1. UVOD

Kolnička konstrukcija tijekom svog projektiranog vijeka ima za cilj izdržati predviđena prometna opterećenja. Udobnost vožnje, trajnost, otpornost na mehaničke i kemijske utjecaje te stalnost svojstava pri promjeni uvjeta okoline su neki od ključnih kriterija koji se uzimaju u obzir tijekom postupka projektiranja kolnika. Postoje dva tradicionalna glavna izbora izgradnje kolnika, a to su savitljivi kolnici izgrađeni od bitumenskih mješavina i kruti kolnici izgrađeni od betona [1]. Budući da tradicionalni tipovi kolnika ne zadovoljavaju neke od prethodno navedenih kriterija u slučaju koncentriranog prometnog opterećenja i dugotrajnog statičkog opterećenja te na površinama gdje se očekuje istjecanje goriva, preporuča se izvedba kompozitnog kolnika, tj. kolnika s habajućim slojem od poroznog asfalta ispunjenog cementnim gelom. Kolnici sa završnim, habajućim slojem od poroznog asfalta ispunjenog cementnim gelom nazivaju se i polukruti ili polusavitljivi kolnici. Takav tip kolnika objedinjuje prednosti krutog (otpornost na kemijska djelovanja, trajnost) i savitljivog (udobnost vožnje, elastična svojstva) kolnika, a veću popularnost je stekao zadnjih desetljeća. Osnovne komponente ovog tipa habajućeg sloja su porozni asfalt koji sadrži 25-35% šupljina i cementni gel.

Porozni asfalt se proizvodi u asfaltnim bazama i ugrađuje sa standardnom opremom za asfaltiranje. Nakon hlađenja poroznog asfalta, smjesa cementnog gela se izlije na poroznu površinu te vibrira u unutarnje šupljine pomoću vibrirajućeg valjka. Takvim postupkom ugradnje dobiva se završni sloj koji ima visoku čvrstoću i trajnost te je otporan na nastanak pukotina uslijed toplinskih naprezanja [2]. Pogodan je za prijenos koncentriranih prometnih opterećenja i otporan na oštećenja od izlivanja goriva i kemikalija stoga je česta njegova primjena na mjestima zadržavanja vrlo teških opterećenja kao što su aerodromi, lučni objekti, parkirališta, željeznički i autobusni kolodvori, industrijske i skladišne hale, itd [3].

2. POVIJESNI RAZVOJ

Porozni asfalt ispunjen cementnim gelom razvijen je u Francuskoj šezdesetih godina prošlog stoljeća kao sloj koji je otporan na djelovanje goriva i mehanička oštećenja. Nakon uspješne primjene u Francuskoj, njegova uporaba u drugim zemljama je počela rasti. Narednih desetljeća njegova primjena je zabilježena u brojnim zemljama uključujući Veliku Britaniju, Južnu Afriku, Japan, Australiju i Saudijsku Arabiju.

Prva dokumentirana primjena u SAD-u je bila sredinom 1970-ih godina kada je provedeno istraživanje o procjeni otpornosti novog habajućeg sloja na oštećenja uzrokovana izlivanjem goriva i ulja te mehanička oštećenja od vozila gusjeničara. Habajući sloj na ispitnoj dionici nije bio otporan na oštećenja uzrokovana gusjenicama vozila stoga rezultati nisu bili u potpunosti pozitivni. Rezultati istraživanja su pokazali da otpornost sloja na mehanička oštećenja uvelike ovisi o kvaliteti izvedbe u fazi projektiranja kao i izgradnje [4].

Godine 1987., od strane američkih vojnih inženjera, je ponovno provedeno istraživanje za potencijalnu vojnu primjenu kompozitnih kolnika s obzirom na dobra iskustva u Europi i razvoj poboljšanih materijala. Istraživanje je započelo pregledom literature iz stanja područja i analizom dosadašnjih iskustava uspješne uporabe ovog sloja. Provedena su terenska istraživanja na nekoliko civilnih i vojnih postrojenja u Francuskoj i Velikoj Britaniji te se proučavalo njegovo ponašanje pod opterećenjem tenkova te izlivanja različitih goriva. Na temelju iskustva u Europi i diljem svijeta te samim time i pozitivnih rezultata provedenih istraživanja, ovaj tip završnog sloja je preporučan kao alternativni sloj kolnika od strane američke vojske i američkih zračnih snaga [2].

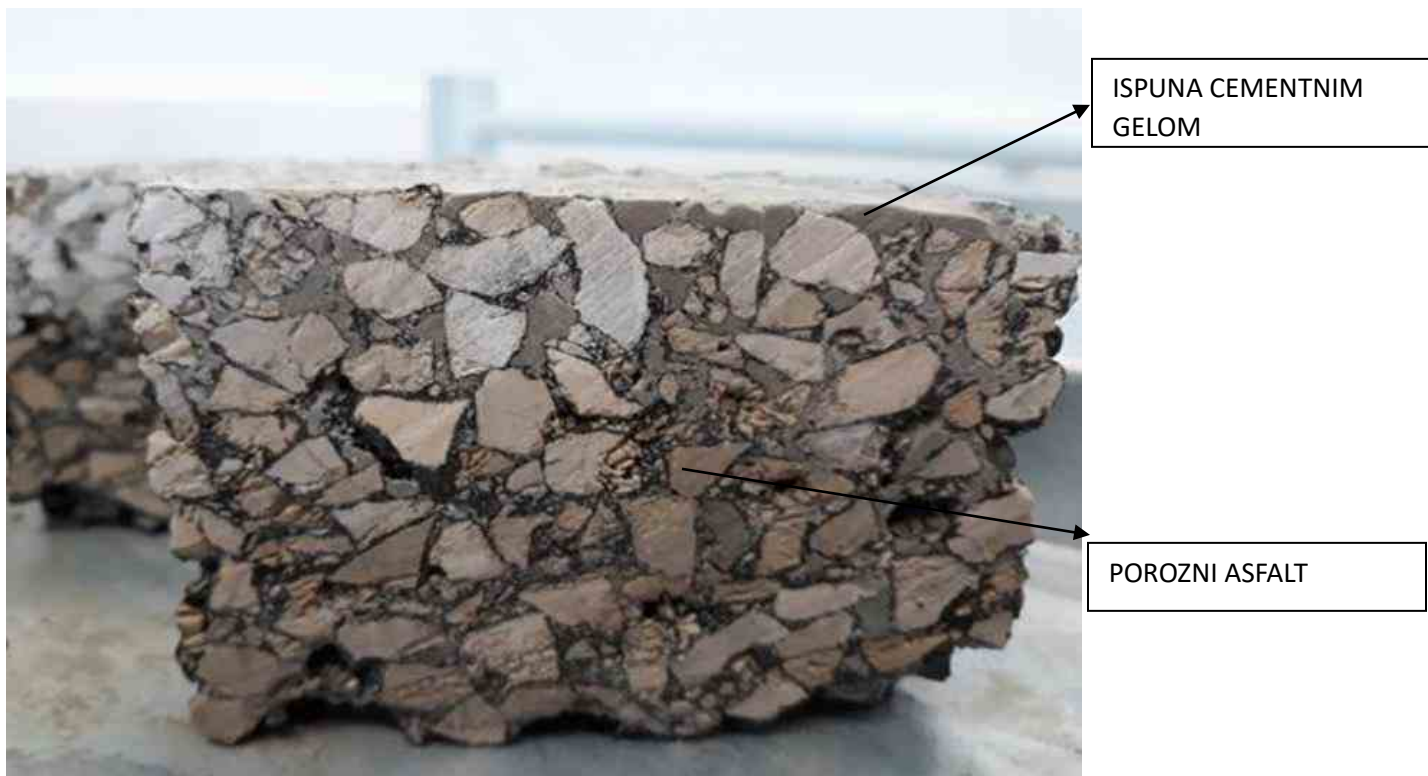
Danas je po cijelom svijetu u razdoblju od 40 godina uspješno ugrađeno više desetaka milijuna m² površine poroznog asfalta ispunjenog cementnim gelom, u brojnim industrijskim i trgovačkim područjima (Tablica 1).

Tablica 1. Popis država i površine (m²) ugrađenog poroznog asfalta ispunjenog cementnim gelom [5]

Država	Ugrađenih m ² x 10 ³
Francuska	8356
Portugal	962
Japan	602
Velika Britanija	307
SAD	288
Njemačka	282
Danska	230
Švedska	221
Norveška	188
Italija	183
Finska	148
Belgija	119
Švicarska	117
Saudijska Arabija	100
Nizozemska	82
Maroko	66
Južna Afrika	34
Bahami	29
Španjolska	22
Luksemburg	16
Austrija	14
Senegal	6

3. MATERIJALI

Habajući sloj kompozitnog kolnika sastoji se od poroznog asfalta kao kostura i cementnog gela kao njegove ispune, pa stoga njegova svojstva ovise o obje komponente. Presjek poroznog asfalta ispunjenog cementnim gelom prikazan je na Slici 1. Porozni asfalt i cementni gel zajedno tvore monolitan spoj koji istovremeno posjeduje svojstva bitumenskih mješavina (elastičnost) i svojstva hidrauličkim vezivom vezanih materijala (mehaničku otpornost, otpornost na kemijske utjecaje, svijetlu boju itd). U nastavku će se detaljnije prikazati karakteristike sastavnih materijala kompozitnog kolnika.



Slika 1. Presjek poroznog asfalta ispunjenog cementnim gelom [5]

3.1. POROZNI ASFALT

Prema definiciji u normi EN 13108-7:2006 porozni asfalt je bitumenska mješavina pripremljena na način da može imati velik udio šupljina, koje omogućuju prolaz vode i zraka u cilju postizanja mješavine koja ima mogućnost dreniranja vode i smanjenja buke (Slika 2). Porozni asfalt upotrebljava se za izvedbu habajućih slojeva kolničkih konstrukcija te se kao takav koristi na autocestama, aerodromima i drugim prometnim površinama.

Bitumenske mješavine od poroznog asfalta označavaju se identifikacijskom oznakom sljedećeg oblika:

PA	D	bitumen	agregat	tip mješavine	NT
----	---	---------	---------	---------------	----

pri čemu je:

1. PA – oznaka za porozni asfalt (Porous Asphalt),
2. D – najveće nazivno zrno agregata u bitumenskoj mješavini (mm),
3. Bitumen – oznaka vrste i tipa upotrijebljenog bitumena,
4. Agregat – primjenska oznaka smjese upotrijebljenog agregata,
5. Tip mješavine – oznaka tipa bitumenske mješavine s obzirom na fizikalno-mehanička svojstva i
6. NT – niskotemperaturna bitumenska mješavina.

Udio šupljina odnosno poroznost bitumenske mješavine ima značajan utjecaj na svojstva konačnog kompozita. Kada je udio šupljina prenizak, postoji mogućnost da se sve šupljine ne mogu ispuniti gelom te s druge strane, ako je udio šupljina previsok sloj će djelovati kao betonska ploča. Istraživanja su pokazala da povećanje udjela šupljina (sa 20 na 26%) u kosturu poroznog asfalta rezultira poboljšanjem tlačne čvrstoće, čvrstoće na savijanje, te otpornosti na lom i povećanjem modula elastičnosti. Međutim, daljnjim povećanjem udjela šupljina (preko 26%) uočeno je lagano smanjenje tlačne čvrstoće i modula elastičnosti. Osim toga, povećanje

udjela šupljina rezultira smanjenjem stabilnosti i povećanjem tečenja po Marshallu. Smanjenje stabilnosti i povećanje vrijednosti tečenja po Marshallu posljedica je smanjenja gustoće s povećanjem poroznosti [1].



Slika 2. Razlika između poroznog asfalta i asfaltbetona (<https://m-kvadrat.ba/razlicite-vrste-asfaltnih-trotoara-u-konstrukciji/>)

Agregat

Agregat, općenito, predstavlja osnovni građevni materijal (na primjer pijesak, šljunak, drobljeni kamen) koji pomiješan s različitim vezivima služi za proizvodnju građevinskih materijala i proizvoda.

Agregat je zrnati materijal, sastavljen od skupa istovrsnih čestica različite veličine. S obzirom na porijeklo i način proizvodnje agregat može biti: prirodni, industrijski ili umjetni. Prirodne

agregate dobivamo na dva načina, 1) iz vučenog nanosa, koji se formira procesima erozije raznih vrsta stijena i 2) drobljenjem iz velikih komada prirodnih stijena, dok se umjetni proizvode za posebnu namjenu [5]. Najveći dio agregata koji se danas upotrebljava u graditeljstvu za bilo koju namjenu čine prirodni agregati, dok se umjetni, reciklirani ili mješavine tih agregata rjeđe upotrebljavaju. Druga važna podjela je na veličinu zrna odnosno s obzirom na raspon veličine zrna dijeli se na: krupni, sitni, miješani i punilo. Krupna zrna agregata čine kostur preko kojega se prvenstveno prenose sile. Obično se uzima da je granica između pijeska i krupnog agregata kod zrna veličine 4 mm jer je ta granica najčešće usvojena u proizvodnji frakcija agregata.

Za postizanje potrebnog udjela šupljina od 25 – 35% pri proizvodnji poroznog asfalta koristi se agregat u rasponu maksimalne veličine zrna od 8-12 mm. Pri projektiranju poroznog asfalta za habajući sloj kompozitnog kolnika koristi se agregat u sljedećim udjelima 90–95% krupni agregat, 4–5 % pijesak i 2–4 % punilo [1]. Kao što je već spomenuto svaki udio šupljina manji od 25-35% možda neće dopustiti cementnom gelu da u potpunosti prodre u porozni asfalt, što rezultira strukturno lošim habajućim slojem koji ne bi izdržao predviđeni projektni vijek. Naprotiv, udio šupljina veći od ovog iznosa povećao bi trošak izvedbe kolnika bez značajnih strukturalnih poboljšanja. Granulometrijski sastav bitumenskih mješavina od poroznog asfalta mora ispunjavati uvjete navedene u Tablici 2 .

Tablica 2. Granulometrijski sastav bitumenske mješavine od poroznog asfalta [6]

Točka norme HRN EN 13108-7	Otvori sita, mm	Porozni asfalt	
		PA8	PA11
		Prolaz kroz sito, % (m/m)	
Granulometrijski sastav, točka 5.2.2 ispituje se prema normi HRN EN 12697-2	22,4		
	16		100
	11,2	100	90 do 100
	8	90 do 100	20 do 35
	5,6		
	4	15 do 30	
	2	8 do 18	8 do 18
	1		6 do 13
	0,25	3 do 13	
	0,063	2,0 do 5,0	2,0 do 5,0

Bitumen

Bitumen je vezivni materijal koji predstavlja crnu, ljepljivu, čvrstu ili polučvrstu masu koja se može nalaziti u prirodi ili se dobiva preradom nafte. Najveću primjenu pronalazi u cestogradnji pri izradi savitljivih kolnika cesta i ostalih prometnih površina.

Radi se o čvrstom i trajnom vezivnom materijalu izvrsne prionjivosti i vodonepropusnosti. Njegov je kemijski sastav takav da je otporan na djelovanje većine kiselina, lužina i soli. Prema potrebi, bitumenu se dodaju odgovarajući dodaci u svrhu povećanja adhezijskog potencijala s obzirom na agregat i/ili u svrhu prilagođavanja konzistencije i reoloških svojstava bitumena na

niskim, srednjim i visokim uporabnim temperaturama [6]. Njegova se svojstva mijenjaju s promjenom temperature, pa je tako pri uobičajenim temperaturama ljepljiv i polučvrsti materijal koji ima veliku viskoznost. Grijanjem se dovodi u tekuće stanje što olakšava njegovo miješanje s agregatom, dok nakon određenog vremena i hlađenja ima karakteristike čvrstog materijala sa sposobnošću izdržavanja velikih prometnih opterećenja za koja se asfaltna mješavina projektira [5].

S obzirom na svoju namjenu, najčešća podjela bitumena u praksi je na cestograđevni, tvrdi cestograđevni, polimerom modificirani te razrijeđeni i omekšani bitumen. Za proizvodnju poroznog asfalta i drugih bitumenskih mješavina (od lijevanog asfalta, asfaltbetona i dr.) namijenjene za izradu nosivih, veznih, habajućih i nosivo-habajućih asfaltnih slojeva, uglavnom se upotrebljava cestograđevni bitumen i polimerom modificirani bitumen.

Cestograđevni bitumen je produkt tehnološkog postupka puhanja zrakom ostatka vakuumske destilacije nafte, proizvodi se u rafinerijama ili u posebnim industrijskim pogonima, dok je polimerom modificirani bitumen homogena smjesa cestograđevnog bitumena i polimera (elastomera i/ili plastomera) [6].

Odabir vrste veziva ovisi o vremenskim uvjetima i lokaciji gradilišta. Stoga, korištenje polimerom modificiranog bitumena s poboljšanim svojstvima, bolji je izbor za na lokacijama na kojima se očekuju visoke odnosno niske temperature.

3.2. CEMENTNI GEL

Drugi sastavni dio završnog sloja kompozitnog kolnika je cementni gel koji sa svojom velikom tlačnom čvrstoćom pridonosi krutosti i trajnosti ovog tipa kolničkih konstrukcija. Cementni gel mora biti vrlo fluidan kako bi ispunio kostur poroznog asfalta. Za pripremu cementnog gela se koristi cement, voda, pijesak, aditivi sintetička smola i mineralna punila. Takav gel prodire po

cijeloj debljini poroznog asfaltnog sloja, te je stoga nužan dodatak aditiva. Maseni udio pojedinih komponenata cementnog gela prikazan je u tablici 3.

Tablica 3. Udio pojedinih komponenata u sastavu cementnog gela (http://www.alyancorp.com/rmp_ug.html)

Materijal	Maseni udio (%)
Cement	34 – 40
Voda	22 – 60
Sintetička smola	2,5 – 3,5
Punilo	16 – 20

Cement

Cement je hidraulično vezivo koje se koristi u visokogradnji i niskogradnji. Predstavlja fino mljeveni prah koji, kada se pomiješa s vodom, postaje čvrsta tvar. Stvrdnjavanje je rezultat hidratacije, što je kemijska reakcija cementnih spojeva s vodom koji nakon određenog vremena prelaze u očvrslu cementnu pastu [7]. Proizvodi se uglavnom u rotacijskim pećima suhim postupkom. Njegova proizvodnja je iznimno raširena, budući da je beton danas najrasprostranjeniji građevinski materijal u svijetu. Zbog svojih hidratantnih svojstava, građevinski cementi često se nazivaju hidraulični cementi, a najvažniji od njih je portland cement.

Cement kao materijal se uglavnom koristi pri spravljanju betona ili morta u kojim se miješa sa agregatom [8].

Voda

Među najbitnijim komponentama sastava cementnog gela je voda. Ona pokazuje svoje učinke kako u svježem tako i u očvrslom stanju u pogledu obradivosti, ugradljivosti, čvrstoće, vremena vezanja, viskoznosti te mnogih drugih svojstava.

U završnim slojevima kompozitnog kolnika, cementni gelovi za injektiranje moraju biti visoke fluidnosti kako bi se omogućilo potpuno prodiranje u strukturu poroznog asfalta. Ključnu ulogu u razvoju čvrstoće i fluidnosti cementnog gela ima vodo cementni omjer (w/c). Istraživanja provedena u cilju optimizacije vodocementnog omjera temeljem vrijednosti tlačne čvrstoće pokazala su da on iznosi 0,50. Ukoliko se optimizacija temelji na prodiranju cementnog gela u porozni asfalt optimalni omjer iznosi 0,68 [1].

Aditivi

Zbog povećanja tlačne čvrstoće i boljeg prodiranja u šupljine poroznog asfalta u cementni gel se dodaju aditivi u vrlo malim količinama takvim da je njihov udio u ukupnom volumenu neznatan. Kao aditiv se najčešće koristi sintetička smola.

Sintetičke smole proizvode se procesom polimerizacije, što omogućuje homogenije strukture od onih koje su prisutne u prirodnim smolama [9]. Sintetička smola djeluje kao plastifikator za smanjenje viskoznosti cementnog gela kako bi se omogućilo bolje prodiranje u porozni asfalt te kao sredstvo za povećanje mehaničke čvrstoće, kemijske otpornosti i prijanjanje na tradicionalne građevinske materijale.

Kombinacijom sintetičke smole, pijeska i punila koji se uobičajeno koriste s cementom daje građevinski materijal koji, nakon stvrdnjavanja, ima svojstva nedostižna tradicionalnim materijalima [9].

U smjesu cementnog gela može se dodati boja u svrhu naznačivanja ili prilikom izloženosti teškim uvjetima kao zaštita. To se omogućuje naknadnom obradom površine bojanjem ili premazivanjem materijala na osnovi sintetičkih smola koje kombiniraju vrlo dobru mehaničku čvrstoću s dobrom kemijskom otpornošću (Slika 3).

Punilo spada u grupu mineralnih dodataka i njima se smatraju sve sitne čestice koje prolaze kroz otvor sita 0,063 mm kao što su vapno, leteći pepeo i sl. Može biti prirodno prisutno u agregatu ili posebno proizvedeno i dodano u agregat.



Slika 3. Porozni asfalt ispunjen cementnim gelom s crvenim pigmentom (<https://www.tegra.hr/proizvodi-i-usluge/asfalt-ispunjen-cem-gelom/a45>)

4. IZGRADNJA

Izgradnja habajućeg sloja poroznog asfalta ispunjenog cementnim gelom se provodi u dvije faze od kojih je prva ugradnja poroznog asfalta, a druga injektiranje cementnog gela.

4.1. UGRADNJA POROZNOG ASFALTA

Porozni asfalt se proizvodi i ugrađuje uobičajenom opremom za asfaltiranje. Porozni asfalt se proizvodi u asfaltnim bazama pri temperaturama 121 do 135°C. Na gradilište se doprema kamionima gdje se istovaruje u standardni asfaltni finišer. Asfaltnim finišerom se vrši razastiranje mješavine na traženu debljinu (Slika 4), nakon čega slijedi valjanje malim valjkom od 3 tone (Slika 5). Lagani valjak sa čeličnim kotačima, umjesto tradicionalnih težih modela (8 – 10 t), se koristi kako bi se ostvario traženi udio šupljina. Debljina sloja poroznog asfalta obično iznosi između 3,5 i 5,0 cm. Faza ugradnje poroznog asfalta završava jednim prolazom valjka pri temperaturi od otprilike 70 °C te jednim prolazom valjka pri temperaturi od oko 55°C [2].



Slika 4. Razastiranje poroznog asfalta finišerom (<https://www.tegra.hr/proizvodi-i-usluge/asfalt-ispunjen-cem-gelom/a45>)



Slika 5. Valjanje poroznog asfalta (<https://www.tegra.hr/proizvodi-i-usluge/asfalt-ispunjen-cem-gelom/a45>)

4.2. INJEKTIRANJE CEMENTNOG GELA

Cementni gel se može proizvesti u betonarama za veće projekte ili u pokretnim betonskim miješalicama za manje projekte. Odgovarajući omjeri cementa, vode, pijeska, punila i aditiva se stavljaju u miješalicu i miješaju otprilike 5 minuta. Cementni gel se konstantno miješa prilikom transporta do mjesta ugradnje kako bi se spriječila segregacija. Prilikom dolaska kamiona na

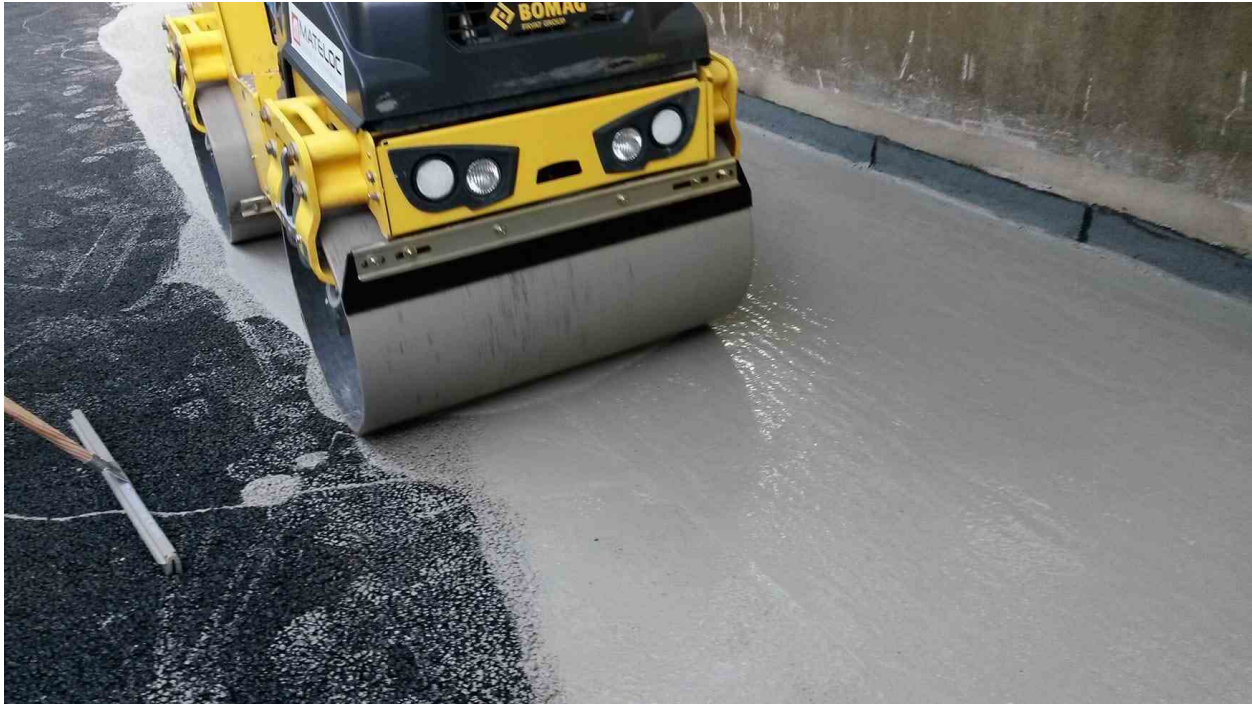
gradilište, bubanj za miješanje se okreće maksimalnom brzinom još dodatnih 10 minuta kako bi se osigurala potpuna homogenizacija. Prije postavljanja, uzima se i ispituje uzorak cementnog gela sa svake miješalice kako bi se provjerilo jesu li postignuti traženi zahtjevi viskoznosti [4].

Ukoliko cementni gel zadovoljava tražene zahtjeve viskoznosti, izlijeva se na površinu poroznog asfalta (Slika 6). Cementni gel se nanosi sve dok površina nije u potpunost zasićena. Ugrađivanje se provodi u širokim trakama (3 do 6 m) koje su odvojene drvenom letvom. Ovakav način nanošenja cementnog gela sprječava prelijevanje na prethodne površine [2].



Slika 6. Izlijevanje cementnog gela na površinu [5]

Kada je porozni asfalt projektiran i izveden pravilno, većina unutarnjih šupljina se brzo ispune pod utjecajem gravitacije odmah nakon početnog nanošenja cementnog gela. Neposredno nakon nanošenja, mali valjak s čeličnim kotačima od 3 tone nekoliko puta vibrira preko površine ispunjene gelom (Slika 7). Vibracijsko djelovanje valjka osigurava da smjesa ispuni sve dostupne unutarnje šupljine. Nakon što je područje zasićeno cementnim gelom i šupljine potpuno ispunjene, višak gela se ukloni kako bi se dobila željena konačna tekstura površine (Slika 8) [2].



Slika 7. Prelazak valjka preko površine ispunjene gelom (<https://www.blanloeil.fr/betons/>)



Slika 8. Uklanjanje viška cementnog gela (<https://www.blanloeil.fr/betons/>)

Na površinu mokrog, gelom ispunjenog poroznog asfalta nanosi se kemijsko sredstvo za njegu kako bi se izvedeni sloj zaštitio od prijevremenog sušenja. Kemijska sredstva trebaju biti svijetle boje, tako da ne apsorbiraju sunčanu toplinu već reflektiraju sunčeve zrake i tako smanjuju temperaturu kolnika tijekom razdoblja njege. Kemijska sredstva za njegu treba fino raspršiti i jednoliko nanijeti na površinu, a obično se nanose pomoću tlačne, ručne pumpe (Slika 9) [4].



Slika 9. Nanošenje kemijskog sredstva za njegu (<https://theconstructor.org/concrete/concrete-curing-compound-types/13478/>)

5. ZAKLJUČAK

Sve veći zahtjevi koji se postavljaju na kolničke konstrukcije uslijed neprestanog porasta prometa i osovinskih opterećenja, predstavljaju poticaj pronalaženju potpuno novih koncepata izrade kolničkih konstrukcija. Pored činjenice da klasični načini izvedbe kolničkih konstrukcija te zahtjeve sve teže ispunjavaju, javljaju se i dodatni zahtjevi u pogledu kraćih rokova izvedbe.

Već dugi niz godina se provode kontinuirana istraživanja za razvoj novih tipova završnih slojeva kolničkih konstrukcija u svrhu poboljšanja postojećih karakteristika. Upravo kao jedan od rezultata takvog istraživanja je osmišljen porozni asfalt ispunjen cementnim gelom.

U nastavku su navedeni glavni zaključci iz ovog pregleda:

- otporan je na oštećenja uslijed mehaničkih djelovanja vozila te izlivanja goriva i ulja,
- otporan na koncentrirana i statična prometna opterećenja,
- može se konstruirati standardnom opremom za ugradnju bez većih promjena u standardnim postupcima i tehnici.

Prema u ovom radu prikazanim svojstvima poroznog asfalta ispunjenog cementnim gelom, možemo zaključiti da ova vrsta habajućeg sloja predstavlja adekvatnu zamjenu tradicionalnih tipova kolničkih konstrukcija za određene uvjete prometnog opterećenja i utjecaja okoline. Terenska iskustva su pokazala da se može koristiti u gotovo svim uvjetima okoline pa se njegova ugradnja preporuča za izgradnju novih ili sanaciju postojećih kolnika koji su izloženi mehaničkim i kemijskim djelovanjima te koncentriranom prometnom opterećenju.

Uspoređujući sa klasičnim tipovima kolničkih konstrukcija, kompozitni kolnik sa završnim slojem od poroznog asfalta ispunjenog cementnim gelom objedinjuje jednostavnu ugradnju savitljivih kolnika te zahtjeva mnogo manje troškova izgradnje i održavanja od krutih kolnika.

LITERATURA

- [1] Khan, M. I., Sutanto, M. H., Yusoff, N. I. M., Zoorob, S. E., Rafiq, W., Ali, M., Fediuk, R., & Vatin, N. (2022). Cementitious Grouts for Semi-Flexible Pavement Surfaces—A Review. *Materials*, 15(15), 5466. <https://doi.org/10.3390/ma15155466>
- [2] Anderton, G. L., & Ahlrich, R. C. (1994). Design, construction and performance of resin modified pavement at Fort Campbell Army Airfield, Kentucky. <https://apps.dtic.mil/dtic/tr/fulltext/u2/a278506.pdf>
- [3] Agostinacchio, M., & Olita, D. C. S. (2009). Mix design of grouted porous asphalt concrete for wearing course layers. *Mix Design of Grouted Porous Asphalt Concrete for Wearing Course Layers*. <https://doi.org/10.1201/9780203092989-45>
- [4] Ahlrich, R. C., & Anderton, G. L. (1991). EVALUATION OF RESIN-MODIFIED PAVING PROCESS. *Transportation Research Record*, 1317. <https://trid.trb.org/view/365388>
- [5] Prolić, M., University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije. (2017). Utjecaj mineralnih dodataka na svojstva poroznih betona (Diplomski rad). <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:252320>
- [6] Građevinski Fakultet Sveučilišta u Zagrebu, (2015). Tehnički propisi za asfaltne kolnike https://narodne-novine.nn.hr/clanci/sluzbeni/2021_05_48_977.html
- [7] Mršić-Božinović, F., University of Split, Faculty of Civil Engineering, Architecture and Geodesy / Sveučilište u Splitu, Fakultet građevinarstva, arhitekture i geodezije. (2015). Utjecaj mineralnih dodataka na svojstva betona (Završni rad). <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:123:266812>
- [8] Mason, T. O., & Lea, F. M. (2023). *Cement | Definition, Composition, Manufacture, History, & Facts*. Encyclopedia Britannica. <https://www.britannica.com/technology/cement-building-material>
- [9] Admin. (2020). Synthetic resin mortars. Chem Media. <https://www.turkchem.net/synthetic-resin-mortars.html>