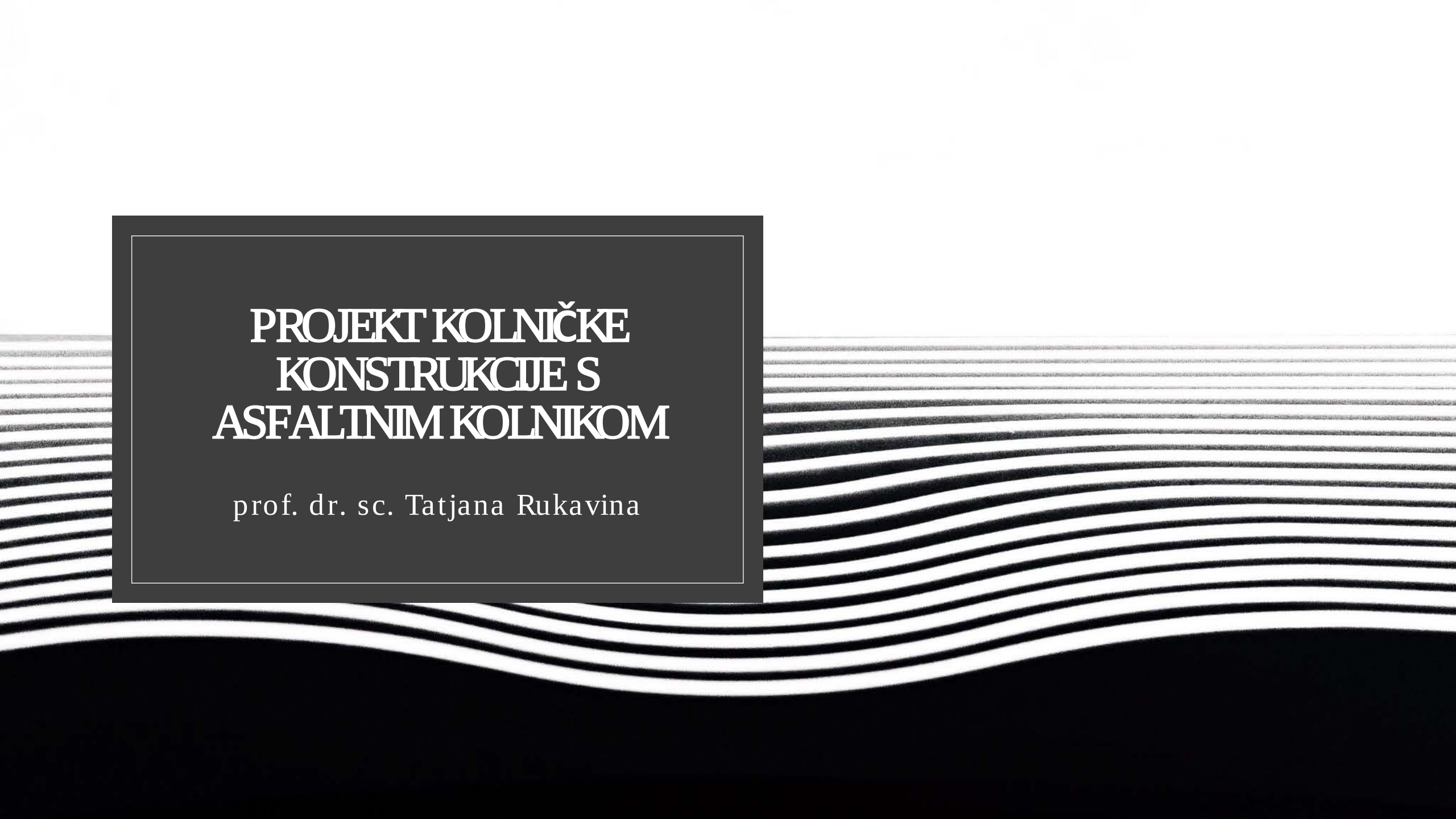




PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE S ASFALTNIM KOLNIKOM

prof. dr. sc. Tatjana Rukavina

Sadržaj

- Kolnička konstrukcija
- Projekt kolničke konstrukcije
- Pravilnik o obaveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (III, IV, V. poglavlje)
- Tehnički propis za asfaltne kolnike
- Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije – tehnički dio
- Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije (temeljem podataka FWD mjerenja)

Kolnička konstrukcija

- **Uslojeni sustav** međusobno povezanih slojeva, habajućeg i veznog sloja, jednog ili više nosivih slojeva (od nevezanog mehanički zbijenog kamenog materijala, recikliranog materijala, hidrauličkim vezivom vezanog materijala), podloga uređena posteljica
- **Funkcija**
 - preuzimanje opterećenja od prometa te prijenos i smanjenje opterećenja do te mjere da naprezanja na razini posteljice budu unutar veličina koje posteljica može preuzeti
 - osigurava mehaničku otpornost i stabilnost ceste kao građevine
 - korisnicima omogućuje sigurnu i udobnu vožnju u projektom predviđenom periodu eksploatacije.
- Ispunjavanje navedene funkcije zahtijeva **ispunjavanje određenih zahtjeva**:
 - dovoljna **otpornost na djelovanje prometnog opterećenja** - sastav i geometrija slojeva osiguravaju ravnomjerno prenošenje opterećenja na posteljicu ili temeljno tlo
 - **prometovanje** bez obzira na vremenske utjecaje
 - **površinska svojstva** - ravan i hrapav zastor koji omogućava sigurnu i udobnu vožnju bez štetnih utjecaja na vozilo i okolinu
 - **nosivost** - bez oštećenja može podnijeti projektom predviđeni broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja u predviđenom vijeku trajanja uz jednostavno održavanje i troškove u okviru planiranih pri projektiranju.

Projekt kolničke konstrukcije

- **Cilj** – jednoznačan odabir vrste i geometrije slojeva kolničke konstrukcije
- **Na koji način** – dimenzioniranjem kolničke konstrukcije tako da se ovisno o veličini prometnog opterećenja i kategoriji prometnice osigura zadovoljavajuća razina uporabivosti kolničkog zastora za predviđeni projektni period i planirano prometno opterećenje uzimajući u obzir određene utjecajne parametre:
 - lokalni uvjeti (klimatski i hidrološki),
 - nosivost posteljice, donjeg ustroja ili temeljnog tla kao i ujednačenost nosivosti na razini posteljice u periodu odmrzavanja,
 - prometno opterećenje (maksimalni osovinsko opterećenje, broj prolaza i struktura osovinskih opterećenja),
 - predviđenu razinu usluge prometnice, sigurnost korisnika i ekonomičnost izgradnje te
 - svojstva materijala predviđenih za izradu pojedinih slojeva kolničke konstrukcije, njihova nosivost i kvaliteta gradnje.
- Sadržaj glavnog/izvedbenog projekta **građevine** definiran je **PRAVILNIKOM O OBVEZNOM SADRŽAJU I OPREMANJU PROJEKATA GRAĐEVINA** (NN 118/2019, Ministarstvo graditeljstva i prostornoga uređenja)
- Sadržaj glavnog/izvedbenog projekta **kolničke konstrukcije** definiran je dodatno u okviru **TEHNIČKOG PROPISA ZA ASFALTNE KOLNIKE** (NN 48/2021, Ministarstvo prostornoga uređenja, graditeljstva i državne imovine)

Pravilnik o obaveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (III., IV., V. poglavlje)

- **Opći zahtjevi za glavni projekt (članak 20)** - glavni projekt građevine mora sadržavati one odgovarajuće projekte pojedinih struka koji su, ovisno o vrsti građevine, potrebni za davanje cjelovitog i usklađenog tehničkog rješenja građevine, prikaza smještaja građevine u prostoru i dokazivanje ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu, kao i drugih zahtjeva i uvjeta iz Zakona, uvjeta gradnje na određenoj lokaciji, posebnih zakona i propisa donesenih na temelju tih zakona.
- Projekt kolničke konstrukcije (građevinski projekt) izrađuje se kao zasebna mapa glavnog/izvedbenog projekta
- Prema Pravilniku (**članak 15.**) svaki projekt, pa tako i projekt kolničke konstrukcije mora sadržavati:
 - opći dio projekta (sadržaj **članak 16.** Pravilnika)
 - **tehnički dio projekta – tekstualni dio i grafički prilozi** (sadržaj **članak 21.** Pravilnika).

Pravilnik o obaveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (III, IV., V. poglavlje)

- Tekstualni dio glavnog projekta - sadrži sve tehničke, tehnološke i druge **podatke, proračune i rješenja** kojima se dokazuje da će građevina ispunjavati temeljne zahtjeve za građevinu te druge zahtjeve i uvjete koje građevina mora ispunjavati.
- **podaci** o građevini/njezinom dijelu, **proračuni i rješenja**, sadržani su u:
 - **tehničkom opisu**
 - **dokazima o ispunjavanju temeljnih i drugih zahtjeva, proračunima mehaničke otpornosti i stabilnosti te drugim proračunima i odgovarajućim metodama** kojima se dokazuje da je građevina projektirana u skladu s odredbama Zakona
 - **programu kontrole i osiguranja kvalitete** s uvjetima ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu tijekom građenja i održavanja građevine (procedure osiguranja kvalitete, program ispitivanja i dr.)
 - **posebnim tehničkim uvjetima građenja,**
 - posebnim tehničkim uvjetima za gospodarenje građevnim otpadom koji nastaje tijekom građenja i pri uklanjanju građevine ili njezinog dijela, i
 - posebnim tehničkim uvjetima za gospodarenje opasnim otpadom, ako se tijekom građenja, korištenja odnosno pri uklanjanju građevine pojavljuje opasni otpad i
 - **iskazu procijenjenih troškova građenja**

Pravilnik o obaveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (III., IV., V. poglavlje)

- Tehnički opis – mora **sadržavati sve bitne tehničke podatke o projektiranoj građevini** odnosno (članak 24.) ➔ **njezinom dijelu, uvjetima i zahtjevima koji moraju biti ispunjeni pri izvođenju radova** i koje način izvođenja radova mora ispuniti i ➔ o ugrađenim građevnim proizvodima i opremi te konstrukciji, ovisno o vrsti građevine
- između ostalog, prema članku 25. Pravilnika **tehnički opis projekta pojedine struke** (projekta kolničke konstrukcije) treba sadržavati:
 - opis projektiranog dijela građevine
 - uvjete i zahtjeve koji moraju biti ispunjeni pri izvođenju radova i koje način izvođenja radova mora ispuniti za projektirani dio građevine a koji su bitni za ispunjavanje tehničkih svojstava projektiranog dijela građevine, te temeljnih zahtjeva za građevinu
 - opis ispunjenja uvjeta gradnje na određenoj lokaciji za projektirani dio građevine
 - opis ispunjenja temeljnih zahtjeva za projektirani dio građevine
 - **podatke iz elaborata o prethodnim istraživanjima i drugih elaborata, studija i podloga koji su od utjecaja na tehnička svojstva projektiranog dijela građevine i građevine u cjelini**
 - projektirani vijek uporabe i uvjete za održavanje projektiranog dijela građevine.

Pravilnik o obaveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (III, IV., V. poglavlje)

- **Dokazi o ispunjavanju temeljnih i drugih zahtjeva (članak 27.)** - proračunima i drugim prikladnim metodama se, u skladu s posebnim propisom ili, za pitanja koja nisu uređena propisom, prema pravilima struke, dokazuje da će projektirana građevina s ugrađenim građevnim proizvodima, instalacijama i ugrađenom opremom ispunjavati temeljne zahtjeve:
 - **mehaničke otpornosti i stabilnosti**,
 - sigurnosti u slučaju požara, higijene, zdravlja i okoliša,
 - sigurnosti i pristupačnosti tijekom uporabe,
 - **zaštite od buke**,
 - gospodarenja energijom i očuvanja topline,
 - **održive uporabe prirodnih izvora**, a što ovisi o vrsti građevine.
- dokazi o ispunjavanju temeljnih zahtjeva u projektu pojedine struke sadrže:
 - **podatke o tehničkim propisima i drugim propisima (pobliže upućivanje na dijelove koji se odnose na proračune i druge prikladne metode)**
 - **podatke o predviđenim djelovanjima i utjecajima na građevinu koji su relevantni za ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu**
 - **proračune i druge dokaze o ispunjavanju temeljnih zahtjeva za projektirani dio građevine i**
 - po potrebi, od projektanta vrednovane rezultate ispitivanja dijela građevine za sva predvidiva djelovanja i utjecaje na građevinu

Pravilnik o obaveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (III, IV., V. poglavlje)

- Program kontrole i osiguranja kvalitete (PKOK), članak 29. - mora sadržavati:
 - **pregled i specificirana svojstva svih građevnih i drugih proizvoda te predgotovljenih elemenata koji se ugrađuju u građevinu**, kao i
 - **opis potrebnih ispitivanja i/ili postupaka i zahtijevanih rezultata** kojima se dokazuje sukladnost s propisima odnosno projektom, ispunjavanje temeljnih zahtjeva i tražena kvaliteta.
- U odgovarajućem projektu pojedine struke **PKOK** sadrži:
 - **svojstva i bitne značajke** koje moraju imati građevni proizvodi te tehničke zahtjeve koje moraju ispuniti drugi proizvodi koji se ugrađuju u projektirani dio građevine
 - **potrebna ispitivanja i postupke dokazivanja uporabljivosti građevnih i drugih proizvoda** za one proizvode koji su izrađeni na gradilištu pojedinačne građevine u koju će biti ugrađeni
 - **potrebna ispitivanja i postupke dokazivanja tehničke i/ili funkcionalne ispravnosti projektiranog dijela građevine**
 - **zahtjeve koji moraju biti ispunjeni tijekom izvođenja projektiranog dijela građevine**, a koji imaju utjecaj na postizanje projektiranih/propisanih tehničkih i/ili funkcionalnih svojstava tog dijela građevine, te na ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu u cjelini

Pravilnik o obaveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (III., IV., V. poglavlje)

- U odgovarajućem projektu pojedine struke **PKOK** sadrži:
 - **svojstva i bitne značajke** koje moraju imati građevni proizvodi te tehničke zahtjeve koje moraju ispuniti drugi proizvodi koji se ugrađuju u projektirani dio građevine
 - **potrebna ispitivanja i postupke dokazivanja uporabljivosti građevnih i drugih proizvoda** za one proizvode koji su izrađeni na gradilištu pojedinačne građevine u koju će biti ugrađeni
 - **potrebna ispitivanja i postupke dokazivanja tehničke i/ili funkcionalne ispravnosti projektiranog dijela građevine**
 - **zahtjeve koji moraju biti ispunjeni tijekom izvođenja projektiranog dijela građevine**, a koji imaju utjecaj na postizanje projektiranih/propisanih tehničkih i/ili funkcionalnih svojstava tog dijela građevine, te na ispunjavanje temeljnih zahtjeva za građevinu u cjelini
 - **postupke ispitivanja projektiranih i izvedenih dijelova građevine** koji se provode tijekom građenja građevine, prije početka njezine uporabe tijekom uporabe građevine
 - **zahtjeve učestalosti periodičnih pregleda tijekom uporabe**, a u svrhu održavanja dijela građevine, **pregled i opis potrebnih kontrolnih postupaka i/ili ispitivanja i zahtijevanih rezultata** kojima se dokazuje sukladnost s projektom predviđenim svojstvima tog dijela građevine
 - **popis propisa i norma** čiju primjenu program kontrole i osiguranja kvalitete određuje u prethodno navedenim točkama.

Pravilnik o obaveznom sadržaju i opremanju projekata građevina (III., IV., V. poglavlje)

- **Rekonstrukcija postojeće građevine (članak 40.)** - projekt za rekonstrukciju postojeće građevine mora dodatno sadržavati slijedeće:
 - **podatke o aktu** na temelju kojeg je izgrađena odnosno kojim je stekla **status zakonito izgrađene građevine**
 - **podatke o utvrđenom zatečenom stvarnom izvedenom stanju** postojeće građevine (utvrđuje se očevidom na građevini, uvidom u dokumentaciju građevine, uzimanjem i ispitivanjem uzoraka sklopova građevine, proračunima ili na drugi primjereni način)
 - **dokaze da će postojeći materijali i građevni proizvodi koji su ugrađeni u dijelove građevine nakon rekonstrukcije zadovoljiti propisane zahtjeve i uvjete,**
 - **dokaze da je građevina odnosno njezin dio prikladan za rekonstrukciju kao cjelina** koji mora sadržavati
 - **opis tehničkog stanja postojećeg dijela građevine** koja se rekonstruira s provjerom razine ispunjavanja temeljenih zahtjeva za građevinu i
 - **snimak postojećeg stanja** koji mora obuhvatiti cjelokupnu zonu zahvata rekonstrukcije u primjerenom mjerilu

Tehnički propis za asfaltne kolnike (treći dio)

- Tehničkim propisom za asfaltne kolnike se, u okviru ispunjavanja temeljnih zahtjeva za građevinu namijenjenu cestovnom i zračnom prometu, propisuju:
 - **tehnička svojstva za asfaltni kolnik** kao dio kolničke konstrukcije prometne građevine,
 - **svojstva koja moraju imati građevni proizvodi u odnosu na njihove bitne značajke** i
 - **zahtjevi koje moraju zadovoljiti građevni proizvodi** namijenjeni ugradnji u asfaltni kolnik,
 - **zahtjevi za projektiranje, izvođenje, uporabljivost, održavanje, uklanjanje** te drugi zahtjevi
- propis se odnosi se na **gradnju novih asfaltnih kolnika, rekonstrukciju i radove održavanja** postojećih asfaltnih kolnika.
- propis se primjenjuje (članak 2.) na **sve asfaltne slojeve kolničke konstrukcije** a koji moraju biti mehanički otporni i stabilni, trajni i sigurni tijekom uporabe
- za njih je potrebno dokazati **mehaničku otpornost, stabilnost, uporabljivost, trajnost, otpornost na požar, zaštitu od buke i sigurnost tijekom uporabe** u skladu s njihovom namjenom u asfaltnom kolniku.

Tehnički propis za asfaltne kolnike (treći dio)

- **Projektom kolničke konstrukcije** dokazuje se, da će prometna građevina tijekom izvođenja i projektiranog uporabnog vijeka ispunjavati temeljni zahtjev mehaničke otpornosti i stabilnosti, otpornosti na požar, zaštite od buke, sigurnosti tijekom uporabe te druge temeljne zahtjeve u skladu s propisom kojim se uređuje gradnja.
- **Projektiranjem kolničke konstrukcije** moraju se za fazu izvođenja i za projektirani uporabni vijek prometne građevine predvidjeti svi utjecaji na tu građevinu, koji proizlaze iz načina i redoslijeda građenja te predvidivih djelovanja uporabe i utjecaja okoliša na prometnu građevinu.
- **Projektirani (proračunski) uporabni vijek kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom** je najmanje **20 godina** a za **radove održavanja** prometne građevine **može** se odrediti i **kraći uporabni vijek**.

Tehnički propis za asfaltne kolnike (treći dio)

- **Projektiranje** kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom provodi se **temeljem prethodnih istražnih radova**. Obim i vrstu potrebnih istražnih radova određuje **projektant**, sukladno konkretnoj situaciji i značajkama građevine.
- **Mehanička otpornost i stabilnost** dokazuju se u glavnom projektu **proračunima nosivosti i uporabivosti kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom ili drugim primjerenim postupcima**, u ovisnosti o donjem ustroju ceste i to za sva predvidiva djelovanja i utjecaje na građevinu.
- Proračuni se provode **primjenom prikladnih proračunskih postupaka** koji se po potrebi **dopunjuju ispitivanjima**, pri čemu se u obzir uzimaju svi mjerodavni parametri.
- U projektu kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom mora se **osigurati održiva uporaba prirodnih izvora** na način da **minimalno 2 % svih građevnih proizvoda** bude iz recikliranih odnosno ponovo uporabljivih izvora, a posebno se mora voditi računa o **maksimalnoj upotrebi reciklažnog asfalta** u proizvodnji građevnih proizvoda za asfaltni kolnik.

Tehnički propis za asfaltne kolnike (treći dio)

- U projektu kolničke konstrukcije na **autocestama, brzim cestama, javnim cestama I i II kategorije** (prema Odluci o provedbi tehničke kategorizacije javnih cesta u Republici Hrvatskoj, ožujak 2017. godine, MMPI), **nerazvrstanim cestama minimalne odgovarajuće razine prometa i operativnim površinama aerodroma**, površine **veće od 6000 m²**, prije početka radova potrebno je izraditi **tehničko-tehnološki postupovnik izvođenja radova**, koji sadržava:
 - detaljan opis tehnološkog procesa izvedbe kolničke konstrukcije (priprema podloge, proizvodnja, transport, polaganje i zbijanje, njegovanje do puštanja u promet) i **definirane posebne načine izvedbe i**
 - program tekućih ispitivanja.

Tehnički propis za asfaltne kolnike (treći dio)

- U projektu kolničke konstrukcije određuje se da se **prije početka radova** izradi **probna dionica** kojom se dokazuje sposobnost za kvalitetnu ugradnju asfaltnih slojeva s odabranim građevnim proizvodima i na način kako je to predloženo u tehničko-tehnološkom postupovniku izvođenja radova, a sve prema zahtjevima projekta.
- **Probna dionica obavezna je na autocestama, brzim cestama, javnim cestama I i II kategorije, nerazvrstanim cestama min. odgovarajuće razine prometa i operativnim površinama aerodroma u slučaju površine veće od 6000 m².**
- Projektom se određuju **ispitivanja svojstava bitumenske mješavine i ugrađenog asfaltnog sloja na probnoj dionici** o čemu se treba izraditi **izvještaj o probnoj dionici**.

Tehnički propis za asfaltne kolnike (treći dio)

- **Sadržaj projekta kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom** (članak 8.)
- kao dio glavnog građevinskog projekta – projekta prometne građevine, projekt KK mora biti izrađen sukladno posebnom propisu koji uređuje obvezni sadržaj i opremanje projekata građevina.
- Pored stavki koje treba glavni projekt sadržavati prema navedenim pravilniku mora obavezno sadržavati i sljedeće:
 - U tehničkom opisu
 - a) **opis utjecaja i načina uporabe prometne građevine, te utjecaja okoliša** na svojstva kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom,
 - b) **podatke iz prometnog, geotehničkog i hidrološkog elaborata i drugih elaborata, studija i podloga koji utječu na svojstva kolničke konstrukcije** s asfaltnim kolnikom,
 - c) **opis kolničke konstrukcije** s asfaltnim kolnikom i **donjeg ustroja ceste**
 - d) **opis načina izvođenja kolničke konstrukcije** s asfaltnim kolnikom i ugradnje građevnih proizvoda, a osobito način postizanja sigurnosti vozne površine i učinkovite odvodnje.

Tehnički propis za asfaltne kolnike (treći dio)

- **Sadržaj projekta kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom** (članak 8.)
 - U proračunu nosivosti
 - a) **podatke o predviđenim djelovanjima i utjecajima** na kolničku konstrukciju i uporabivosti koji se odnose na proračun nosivosti i uporabivosti kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom
 - b)
 - c) **proračun nosivosti i uporabivosti kolničke konstrukcije za predviđiva djelovanja i utjecaje**, te proračun pojedinih dijelova kolničke konstrukcije za sve faze građenja i uporabe prometne građevine.

Tehnički propis za asfaltne kolnike (treći dio)

- U PKOK-u
 - a) **svojstva** koja moraju imati **građevni proizvodi koji se ugrađuju u asfaltni kolnik**, uključivo odgovarajuće podatke propisane odredbama o označavanju građevnih proizvoda prema prilogima ovog Propisa
 - b) **svojstva** koja moraju imati **građevni proizvodi koji se ugrađuju u donje nosive slojeve**,
 - c) **program kontrole građevnih proizvoda** koji se ugrađuju u kolničku konstrukciju s asfaltnim kolnikom, **koja se provodi prije, tijekom i nakon izvođenja kolničke konstrukcije**,
 - d) **program ispitivanja i postupaka dokazivanja uporabljivosti građevnih proizvoda koji se izrađuju na gradilištu za potrebe toga gradilišta** i
 - e) **uvjete građenja i druge zahtjeve koji moraju biti ispunjeni tijekom izvođenja kolničke konstrukcije** s asfaltnim kolnikom.
- ovisno o uvjetima, postupcima i drugim okolnostima građenja navedeni zahtjevi mogu biti detaljnije razrađeni u **izvedbenom projektu** kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom

Tehnički propis za asfaltne kolnike (treći dio)

- **Sadržaj projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom (članak 9.)**
- osim prethodno navedenog odredaba (članak 8.), projekt rekonstrukcije kolničke konstrukcije s asfaltnim kolnikom kojim se mijenja kolnička konstrukcija obvezno treba sadržavati i **podatke o utvrđenim zatečenim tehničkim svojstvima kolničke konstrukcije**.
- zatečena tehnička svojstva kolničke konstrukcije i donjeg ustroja ceste prije početka projektiranja rekonstrukcije utvrđuju se:
 - pregledom prometne građevine,
 - uvidom u dokumentaciju prometne građevine,
 - uzimanjem uzoraka,
 - ispitivanjima uzoraka,
 - proračunima ili
 - na drugi primjereni način.

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije

Broj projekta: TRK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopada 2021.
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRKProjekt d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

SADRŽAJ MAPE 4/6 KNJIGA 1: PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

MAPA 4/6

KNJIGA 1: PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

- Naslovna strana
- Popis projektnog tima
- Popis mapa glavnog projekta
- Popis knjiga mapa projekata
- Sadržaj mape 4/6, knjiga 1: PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

prilog br.	SADRŽAJ MAPE	5
0.	OPĆI DIO	6
0.1.	Izvod iz sudskog registra za djelatnost tvrtke	7
0.2.	Rješenje o imenovanju projektanta kolničke konstrukcije	10
0.3.	Rješenje o upisu u imenik ovlaštenih inženjera građevinarstva	11
0.4.	Izjava projektanta da je glavni projekt izrađen u skladu s dokumentom prostornog uređenja, važećim zakonima i propisima	13
0.5.	Prikaz tehničkih rješenja za primjenu pravila zaštite na radu	16
0.6.	Izjava o zaštiti na radu	18
0.7.	Prikaz tehničkih rješenja za primjenu pravila zaštite od požara	19
0.8.	Izjava o zaštiti od požara	20
0.9.	Prikaz tehničkih uvjeta građenja te način zbrinjavanja otpada	21
0.10.	Projektirani vijek uporabe građevine i uvjeti za njeno održavanje	23
1.	TEHNIČKI DIO	25
1.1.	Uvod	26
1.2.	Dimenzioniranje kolničkih konstrukcija	22
1.3.	Osnovni tehnički uvjeti za kakvoću materijala i izvedbu kolničke konstrukcije	41
1.4.	Program kontrole i osiguranja kvalitete	62
2.	PRILOZI	74
2.1.	Ispis proračuna naprezanja i deformacija, državna cesta DC34, dionica 002, Sv. Đurad - Črnkovi	75

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopada 2021.
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

Izradio: **TRIKprojekt j.d.o.o.**
10 000 ZAGREB, Zagrebačka cesta 98

Građevina: **REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OZNAKE DC34, DIONICA: SV. ĐURAD – ČRNKOVC, UKUPNE DUŽINE 7,12 km**

Mapa: **MAPA 4/6
KNJIGA 1: PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE**

Vrsta projekta (razina i struka): **GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT**

Zajednička oznaka projekta: **RDC-DC34-800-234/2019**

1. TEHNIČKI DIO

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OZNAKE DC34
DIONICA: SV. ĐURAD – ČRNKOVC UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 25 od 78

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopada 2021.
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

1.1. Uvod
Državna cesta DC34, spaja Virovitičko-podravsku i Osječko-baranjsku županiju. Područje zahvata, rekonstrukcije državne ceste DC34, dionica: Sv. Đurađ - Črncovci nalazi se na području Osječko-baranjske županije. Predmetna dionica prolazi kroz dvije katastarske općine i to k.o. Podgajci Podravski i k.o. Črncovci. Područje zahvata prikazano je na slici 1.



Slika 1. Područje budućeg zahvata u prostoru.

Sukladno Sustavu za označavanje razvrstanih cesta (Hrvatske ceste d.o.o.) predmetna dionica 002 državne ceste DC34, obuhvaćena ovim projektom rekonstrukcije, ukupne je dužine 5,92 km, a nalazi se između naselja Sv.Đurađ i naselja Črncovci pri čemu prolazi kroz mjesto Podravski Podgajci.

Veliki dio promatrane trase ceste prolazi kroz naseljena mjesta Črncovci i Podravski Podgajci, dok manji dio prolazi izvan naselja i to između naselja Podravski Podgajci i Črncovci. Na dijelu ceste koji je izvan naseljenog mjesta, izvedeno je nekoliko priključaka, a cesta se križa s nizom poljskih puteva što značajno utječe na smanjenje sigurnosti vožnje i na sigurnost prometa.

Projektom identifikacije i rangiranja potencijalno opasnih mjesta na mreži državnih cesta Republike Hrvatske, koji je izradio Fakultet prometnih znanosti u Zagrebu utvrđeno je kako je državna cesta DC34 među 10 državnih cesta s najvećim ukupnim brojem prometnih nesreća. Za napomenuti je, kako je riječ o državnoj cesti ukupne dužine oko 80 km koju ne karakterizira intenzivan promet, a što u odnosu na veliki broj prometnih nesreća izravno upućuje na činjenicu kako se radi o cesti s visokom razinom rizika u pogledu nastanka prometnih nesreća.

Kolnik državne ceste na predmetnoj dionici promjenjive je širine, od 6,00 m do 6,20 m. Asfaltni je kolnik u lošem stanju, neravan sa izraženim kolotrazima, ispresjecan mrežastim pukotinama i glatke površine. Površinu habajućeg sloja prekrivaju zakrpe u vidu asfaltnih presvlaka s nizom površina koje su lokalno sanirane.

Kako se državna cesta DC34 može svrstati u grupu cesta s visokom razinom rizika u pogledu nastanka prometnih nesreća a da stanje kolnika još i više povećava tu opasnost, donesena je odluka o njenoj rekonstrukciji, te je ovim projektom obuhvaćena dionica 002, Sv. Đurađ – Črncovci. Pri izradi projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije predmetne dionice državne ceste DC34 korištene su slijedeće podloge:

- Elabarat o provedenim terenskim i istražnim radovima na DC34, izvještaj broj: Ascon 234/21, ASCON INSTITUT d.o.o., Zagrebačka 14, Velika Kosnica, 10410 Velika Gorica, rujan 2021.
- knjiga "Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske", 2021. godina, Hrvatske ceste d.o.o., Zagreb

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OZNAKE DC34
DIONICA: SV. ĐURAD – ČRNKOVC UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 25 od 78

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopada 2021.
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

- "Studija određivanja indeksa smrzavanja za državne ceste i ublažavanje učinka smrzavanja na kolničku konstrukciju", Hrvatske ceste d.o.o., Zagreb, svibanj 2003. godine
- Pored navedenih podloga korišteni su i računalni programi
- [1] BISAR 3.0, Shell Global Solutions International B.V., The Hague, The Netherlands
- [2] Bands 2.0, Shell Global Solutions International B.V., The Hague, The Netherlands.
- Prilikom projektiranja kolničke konstrukcije svih prometnih površina korišteni su i primijenjeni propisi, zakoni i norme navedeni u točki 1.5. Program kontrole i osiguranja kvalitete.
- Dimenzioniranje nove kolničke konstrukcije kao i dokaz njene mehaničke otpornosti i stabilnosti provedeno je prema metodi opisanoj u HRN U.C4.012. (Dimenzioniranje novih asfaltnih kolničkih konstrukcija). Provedena je provjera dimenzija prema preporukama AASHO Interim Guide-a. Naprezanja i deformacije koji se javljaju u pojedinim slojevima kolničke konstrukcije pod djelovanjem prometnog opterećenja proračunata su pomoću računalnog programa BISAR 3.0. Tako proračunata naprezanja/deformacije uspoređena su s dopustivim veličinama za materijale pojedinih slojeva kolničke konstrukcije. Dopusnene veličine deformacija koje se javljaju u asfaltnim slojevima kolničke konstrukcije za određeni broj ponavljanja prometog opterećenja određene su pomoću računalnog programa BANDS 2.0 [2], dok su dopuštena naprezanja i deformacije na razini posteljice određeni prema opće usvojenim izrazima za proračun njihovih veličina.
- Ulazni podatak za dimenzioniranje kolničke konstrukcije, provjeru na smrzavanje i provjeru naprezanja je kakvoća materijala koji će se ugraditi u pojedine slojeve te način izvedbe. Zbog toga su propisani tehnički uvjeti kakvoće i načina ugradnje materijala kolničke konstrukcije i posteljice, uz primjenu odredaba iz Općih tehničkih uvjeta za radove na cestama i ostalih relevantnih propisa navedenih u točki 1.5. Program kontrole i osiguranja kvalitete.

Projektant kolničke konstrukcije:

prof. dr. sc. Tatjana Rukavina, dipl. ing. građ.

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OZNAKE DC34
DIONICA: SV. ĐURAD – ČRNKOVC UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 27 od 78

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: Istopad 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

1.2. Dimenzioniranje kolničkih konstrukcija

Osnovni cilj dimenzioniranja kolničke konstrukcije sastoji se u odabiru vrste i debljine pojedinih slojeva tako da se osigura zadovoljavajuća razina uporabivosti kolničkog zastora za predviđeni projektni period i planirano prometno opterećenje.

Ovisno o veličini prometnog opterećenja (razredu) i kategoriji prometnice u okviru postupka dimenzioniranja provodi se izbor kolničke konstrukcije u cjelini a posebno završnih asfaltnih slojeva. Na sam postupak dimenzioniranja utječu lokalni uvjeti (klimatski i hidrološki), nosivost tla posteljice, donjeg ustroja ili temeljnog tla kao i ujednačenost nosivosti na razini posteljice u periodu odmrzavanja, zatim prometno opterećenje (maksimalni osovinski opterećenje, broj prolaza i struktura osovinskih opterećenja), predviđena razina usluge prometnice, sigurnost korisnika i ekonomičnost izgradnje te svojstva materijala predviđenih za izradu pojedinih slojeva kolničke konstrukcije, njihova nosivost i kvaliteta gradnje.

Postupak dimenzioniranja mora omogućiti razmatranje svih materijala kojima graditelji mogu raspolagati u području kroz koje prometnica prolazi kao i razmatranje kolničkih konstrukcija različitih po koncepciji ali istih tehničkih vrijednosti.

Dakle, u okviru postupka dimenzioniranja potrebno je definirati geometriju i sastav kolničke konstrukcije koja je dovoljno otporna na utjecaje pokretnih opterećenja, po kojoj se može prometovati bez obzira na vremenske utjecaje, koja posjeduje ravan i hrapav zastor koji omogućuje sigurnu i udobnu vožnju bez stvaranja prekomjerne razine buke i koja osigurava mogućnost prijelaza predviđenog broja prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja, odnosno koja je trajna i otporna na djelovanje prometnog opterećenja u predviđenom projektnom periodu uz jednostavno održavanje i troškove u okviru planiranih pri projektiranju.

1.2.1. Mjerodavni parametri

Dimenzioniranje kolničkih konstrukcija izrađen je uzevši u obzir sljedeće utjecajne parametre: projektni period

- vozna sposobnost površine kolnika na kraju projektnog perioda
- prometno opterećenje
- klimatsko-hidrološki uvjeti
- nosivost materijala posteljice
- kvaliteta primijenjenih materijala u kolničkoj konstrukciji propisana u skladu sa Osnovnim tehničkim uvjeti za kakvoću materijala i izvedbu kolničke konstrukcije.

Projektni period

Projektni period je vremenski period izražen u godinama za koji je kolnička konstrukcija dimenzionirana. Pri kraju projektnog perioda ona se može racionalno popraviti i osposobiti za daljnju upotrebu.

Dimenzioniranje kolničke konstrukcije državne ceste državne ceste DC34, dionice 002: Sv.Đurađ – Črnkovac provedeno za projektni period od 20 godina, tj. od 2022. do 2042. godine.

Vozna sposobnost površine kolnika na kraju projektnog perioda

Vozna sposobnost površine kolnika procjenjuje se preko indeksa vozne sposobnosti "p" čija je vrijednost 5,0 za nove i idealno ravne kolnike, a p = 0 za potpuno uništene kolnike po kojima vožnja više nije moguća.

Prema standardu za dimenzioniranje, usvojena je najmanja vrijednost vozne sposobnosti površine kolnika pri kraju projektnog perioda $p_k = 2,5$.

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OZNAKE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAĐ – ČRNKOVCU UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Masa 4/6: Krilja 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 28 od 78

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: Istopad 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

Klimatsko - hidrološki uvjeti

Utjecaj klimatsko-hidroloških uvjeta na nosivost kolničke konstrukcije uzima se u obzir preko regionalnog faktora "R". Njegove vrijednosti kreću se od 0,5 do 5,0 pri čemu su veće vrijednosti nepovoljnije.

U konkretnom slučaju uzeta je u proračun veličina regionalnog faktora $R=2,0$, što odgovara kontinentalnoj klimi Slavonije.

Nosivost materijala posteljice

Pored prometnog opterećenja, parametar koji najviše utječe na geometriju kolničke konstrukcije je nosivost tla podloge odnosno posteljice. Nosivost tla pak ovisi o vrsti tla, sadržaju vlage u njemu i stupnju zbijenosti (gustoći) postignutoj tijekom gradnje. Iz tog je razloga neophodno da je posteljica, bilo da se nalazi u usjeku ili nasipu, oblikovana i zbijena u skladu s važećim zahtjevima.

Za potrebe izrade predmetnog projekta rekonstrukcije državne ceste D34, dionice 002 od Sv.Đurada do Črakovca provedeni su terenski istražni radovi i laboratorijska ispitivanja materijala. Rezultati provedenih terenskih i laboratorijskih istražnih radova prikazani su u Elaboratu o provedenim terenskim i istražnim radovima na DC34, izvještaj broj: ASCON 234/21, ASCON INSTITUT d.o.o.

U okviru terenskih istražnih radova proveden je iskop sondažnih jama pri čemu su izmjerene, zabilježene i fotodokumentirane debljine slojeva kolničke konstrukcije te dubina na kojoj se nalazi posteljica, uzorkovan materijal pojedinih slojeva kolničke konstrukcije te provedena mjerenja dinamičkog deformacijskog modula E_{vd} . Na slikama 1 do 5 prikazane su fotografije snimljene nakon iskopa sondažnih jama.



Slika 1. Istražna jama na poziciji 1, km 8 + 700 m, desno



- asfaltni slojevi debljine 14 cm
- mehanički zbijeni nosivi sloj, šljunak, debljina 25 cm, $E_{vd}=55,83 \text{ MN/m}^2$
- posteljica, prašinasta glina smeđe boje debljina >25 cm, $E_{vd}=25,66 \text{ MN/m}^2$

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OZNAKE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAĐ – ČRNKOVCU UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Masa 4/6: Krilja 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 29 od 78

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: Istopad 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

Tablica 1. Pregled izmjerenih vrijednosti dinamičkog deformacijskog modula E_{vd} te odgovarajućih vrijednosti kalifornijskog indeksa nosivosti CBR za mehanički zbijeni nosivi sloj i posteljicu

Sloj	Mehanički zbijeni nosivi sloj	Posteljica
pozicija 1, km 8+700 m, desno		
Dinamički deformacijski modul E_{vd} [MN/m ²]	55,83	25,66
Kalifornijski indeks nosivosti, CBR [%]	≈32	≈3
pozicija 2, km 10+400 m, lijevo		
Dinamički deformacijski modul E_{vd} [MN/m ²]	53,19	26,79
Kalifornijski indeks nosivosti, CBR [%]	≈30	≈3
pozicija 3, km 11+800 m, desno		
Dinamički deformacijski modul E_{vd} [MN/m ²]	49,02	41,98
Kalifornijski indeks nosivosti, CBR [%]	≈27	≈19
pozicija 4, km 12+900 m, lijevo		
Dinamički deformacijski modul E_{vd} [MN/m ²]	74,50	18,72
Kalifornijski indeks nosivosti, CBR [%]	≈44	<3
pozicija 5, km 13+600 m, lijevo		
Dinamički deformacijski modul E_{vd} [MN/m ²]	93,36	22,29
Kalifornijski indeks nosivosti, CBR [%]	≈55	<3



Slika 2. Istražna jama na poziciji 2, km 10 + 400 m, lijevo



- asfaltni slojevi debljine 26 do 28 cm
- mehanički zbijeni nosivi sloj, šljunak, debljina 17 do 18 cm, $E_{vd}=53,19 \text{ MN/m}^2$
- posteljica, prašinasta glina smeđe boje debljina >35 cm, $E_{vd}=26,79 \text{ MN/m}^2$

Na uzorkovanom materijalu posteljice i nosivog sloja provedena su u cilju ocjene kvalitete materijala kolničke konstrukcije laboratorijska ispitivanja.

Ocjena kvalitete materijala provedena je temeljem zahtjeva kvalitete danih u Općim tehničkim uvjetima za radove na cestama, OTU 2001, Hrvatske ceste – Hrvatske autoceste, Zagreb, 2001.

Na materijalu posteljice određena je Proctorovim pokusom 100%, 97% te 95% gustoća materijala kao i optimalni sadržaj vlage. Također na materijalu posteljice određena je laboratorijska vrijednost kalifornijskog indeksa nosivosti (CBR), neposredni indeks nosivosti te vrijednost linearnog bubrenja.

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OZNAKE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAĐ – ČRNKOVCU UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Masa 4/6: Krilja 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 30 od 78

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopada 2021.
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagrebčka cesta 98
10000 Zagreb

Prema normi HRN EN 17892-12:2018 određena je granica tečenja i granica plastičnosti. Prema normi HRN U.B1.024 određen je sadržaj sagorljivih i organskih tvari.



- asfaltni slojevi debljine 17 do 18 cm
- mehanički zbijeni nosivi sloj, šljunak, debljina 25 cm, $E_{vd}=49,02 \text{ MN/m}^2$
- posteljica, prašinasta glina smeđe boje debljina >25 cm, $E_{vd}=41,98 \text{ MN/m}^2$

Slika 3. Istražna jama na poziciji 3, km 11 + 800 m, desno



- asfaltni slojevi debljine 17 do 18 cm
- mehanički zbijeni nosivi sloj, šljunak, debljina 27 do 30 cm, $E_{vd}=74,50 \text{ MN/m}^2$
- mehanički zbijeni nosivi sloj, miješani materijal, debljina 10 cm
- posteljica, prašinasta glina smeđe boje debljina >30 cm, $E_{vd}=18,72 \text{ MN/m}^2$

Slika 4. Istražna jama na poziciji 4, km 12 + 900 m, lijevo

Posteljicu postojeće kolničke konstrukcije gradi prašinasta glina smeđe boje, niske plastičnosti. Na mjestu iskopa sondažnih jama određen je dinamički deformacijski modul E_{vd} čija se vrijednost kretala od $18,72 \text{ MN/m}^2$ pa do $41,98 \text{ MN/m}^2$. Prema opće poznatim korelativnim izrazima između dinamičkog deformacijskog modula te vrijednosti CBR-a, kao jednog od osnovnih ulaznih parametara prilikom

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopada 2021.
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagrebčka cesta 98
10000 Zagreb

dimenzioniranja savitljivih kolničkih konstrukcija, a uzimajući u obzir i vrijeme kada su provedeni terenski istražni radovi (ljetni period, mjesec srpanj) zaključeno je, da je na 4 od 5 lokacija iskopa sondažnih jama (pozicije 1, 2, 4 i 5) kalifornijski indeks nosivosti CBR na razini posteljice bio manji ili približno jednak 3%, dok je na jednoj (pozicija 3) bio viši (oko 19%). Obzirom na tako niske vrijednosti kalifornijskog indeksa nosivosti, posteljicu se svrstava u one slabe nosivosti na kojima je prilikom izvođenja radova potrebno provesti postupke stabilizacije, bilo zamjenom materijala posteljice, bilo primjenom nekog stabilizacijskog sredstva (u ovom slučaju, obzirom da se radi o glinenom materijalu vapna) ili primjenom geosintetskih materijala.



- asfaltni slojevi debljine 18 do 20 cm
- mehanički zbijeni nosivi sloj, šljunak, debljina 10 cm, $E_{vd}=93,36 \text{ MN/m}^2$
- mehanički zbijeni nosivi sloj, krupni kamen, debljina 18 do 20 cm
- posteljica, prašinasta glina smeđe boje debljina >40 cm, $E_{vd}=22,29 \text{ MN/m}^2$

Slika 5. Istražna jama na poziciji 5, km 13 + 600 m, lijevo

U tablici 2 pregledno su prikazani dobiveni rezultati ispitivanja materijala posteljice.

Tablica 2. Pregled rezultata laboratorijskih ispitivanja materijala posteljice

Svojstvo	Granica tečenja, W_L		Granica plastičnosti, W_P		Indeks plastičnosti, IP	Optimalni sadržaj vlage, W_{opt}	Gustoća po Proctoru ρ_{95}	CBR/prilježena sila utiskivanja	Udio vode u uzorku priprema/ispitivanje	Suha gustoća uorka pri pripremi	Bubrenje	Udio organskih tvari
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[g/cm ³]	[%]/[kN]	[%]/[%]	[Mg/m ³]	[%]	[%]
POSTELJICA 1	25,1	20,5	4,6	14,6	1,748	3,2/0,63	15,2/16,1	1,75	0,15	1,22		
POSTELJICA 2	25,2	21,6	3,6	15,8	1,736	4,0/0,78	15,3/17,0	1,75	0,43	1,41		
POSTELJICA 3	30,9	20,2	10,7	13,4	1,784	3,7/0,81	13,0/15,2	1,77	0,31	0,54		
POSTELJICA 4	25,3	20,6	4,7	18,1	1,637	3,6/0,71	17,5/18,9	1,66	0,22	0,10		
POSTELJICA 5	25,3	20,6	4,7	15,1	1,726	4,3/0,82	15,9/18,7	1,72	0,34	1,19		

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopada 2021.
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagrebčka cesta 98
10000 Zagreb

Usporede li se vrijednosti CBR-a određenog temeljem poznatih korelacijskih izraza sa vrijednosti dinamičkog deformacijskog modula E_{vd} , vidljivo je da se u oba slučaja kreću između 3 i 4,0% (jedino na materijalu posteljice uzorkovanom na poziciji 5 ustanovljena je nešto viša vrijednost CBR-a). Za proračun kolničke konstrukcije, obzirom da se prije izvedbe slojeva predviđa provesti neki od postupaka povećanja nosivosti, odabrana je vrijednost CBR-a posteljice u iznosu 5,0%.

Obzirom da se projektnim zadatkom traži provođenje ispitivanja postojećeg tamponskog sloja kolnika s ciljem da se utvrdi njegova pogodnost za navedeni sloj kolnika u sadašnjem stanju, odnosno da se utvrdi način njegove obrade/stabilizacije kako bi se mogao upotrijebiti tijekom obnove kolnika u okviru istražnih radova ispitivan je materijal ovog sloja.

U okviru terenskih istražnih radova, prilikom iskopa sondažnih jama određen je dinamički deformacijski modul na površini nevezanog mehanički zbijenog nosivog sloja, prikazani u tablici 1. Također, navedene su i korelative vrijednosti kalifornijskog indeksa nosivosti CBR.

U okviru laboratorijskih ispitivanja, na materijalu uzorkovanom iz mehanički zbijenog nosivog sloja određen je granulometrijski sastav pri čemu je određen udio sitnih čestica promjera manjeg od 0,02 mm, omjeri udjela graničnih veličina zrna (gline, prah, pijesak, šljunak), koeficijent jednoličnosti i koeficijent zakrivljenosti granulometrijske krivulje te maksimalna veličina zrna. Također, na materijalu mehanički zbijenog nosivog sloja određena je laboratorijska vrijednost kalifornijskog indeksa nosivosti (CBR), neposredni indeks nosivosti te vrijednost linearnog bubrenja. Proctorovim pokusom određena je 100%, 97% te 95% gustoća materijala kao i optimalni sadržaj vlage. Pored navedenog određena je i prirodna vlažnost materijala mehanički zbijenog nosivog sloja.

U nastavku, u tablici 3 sažeto su prikazani rezultati provedenih laboratorijskih ispitivanja materijala nevezanog mehanički zbijenog nosivog sloja.

Tablica 3. Pregled rezultata laboratorijskih ispitivanja materijala nevezanog mehanički zbijenog nosivog sloja

Svojstvo	Udio sitnih čestica <0,02 mm		Koeficijent jednoličnosti C_u (stupanj neravnomjernosti U)		Koeficijent zakrivljenosti C_z		Maksimalna veličina zrna, D_{max}	Optimalni sadržaj vlage, W_{opt}	Gustoća po Proctoru ρ_{95}	CBR/ prilježena sila utiskivanja	Udio vode u uzorku priprema/ispitivanje	Suha gustoća uorka pri pripremi	Bubrenje
	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[%]	[mm]	[%]	[g/cm ³]	[%]/[kN]	[%]	[Mg/cm ³]	[%]
MNS1	2,03	31,3/0,7	34,8	5,4	2,294	113,0/24,20	5,2/6,1	2,31	0,10				
MNS2	2,09	60,3/0,7	31,6	5,3	2,222	108,0/21,50	5,3/6,3	2,24	0,02				
MNS3	1,95	29,1/0,9	44,8	4,5	2,266	110,3/20,60	4,4/5,9	2,26	0,07				
MNS4	2,17	33,3/0,8	28,8	5,1	2,276	98,8/18,90	5,0/5,8	2,28	0,01				
MNS5	2,55	34,2/0,8	35,6	5,1	2,254	95,1/20,10	5,0/6,2	2,26	0,08				
MNS5-2	9,80	1743/-	135	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Nevezani mehanički zbijeni nosivi sloj gradi šljunčani materijal. Na svim lokacijama osim na lokaciji broj 5 ovaj je sloj izveden na posteljici od glinenog materijala, u debljini od 17 pa do 30 cm. Na lokaciji 5, ispod nosivog sloja od šljunka debljine 10 cm nalazi se sloj od krupnog kamenog materijala debljine 18 do 20 cm, položen na glinenom posteljicu.

Kameni materijal mehanički zbijenog nosivog sloja postojeće kolničke konstrukcije većinom ne zadovoljava uvjete kvalitete granulometrijskog sastava. Granulometrijska krivulja šljunčanog materijala

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: Istopad 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

nalazi se izvan graničnog područja za materijal nevezanog mehanički zbijenog nosivog sloja, iznad gornje granične krivulje. Ovakva krivulja ukazuje na povećani udio krupnih zrna kamenog agregata. Granulometrijske krivulje šljunčanog materijala koji gradi nevezani nosivi sloj vrlo su sličnog oblika.

Udio sitnih čestica manjih od 0,02 mm u materijalu nevezanog nosivog sloja od šljunka kreće se u rasponu od 1,95 do 2,55 % te kao takav zadovoljava OTU postavljeni kriterij za materijal nevezanog nosivog sloja bilo da se radi o drobljenom kamenom materijalu ili šljunčanom materijalu ili njihovim mješavinama.

Stupanj neravnomjernosti U_i (identično koeficijentu jednoličnosti C_u), kreće se u rasponu od 29,1 do 60,3, što ukazuje da se radi o dobro građuranom šljunčanom materijalu, koji je kao takav i dobro ugrađljiv. Međutim, vrijednosti koeficijenta zakrivljenosti C_c kreću se u rasponu od 0,7 do 0,9 što ne odgovara vrijednostima kakve bi trebala imati granulometrijska krivulja dobro građuranog šljunčanog materijala (1 < C_c < 3).

Kalifornijski indeks nosivosti (CBR) materijala nevezanog nosivog sloja kretao se od 95,1 do 113%. Vrijednost CBR-a, obzirom da se radi o šljunčanom materijalu, zadovoljava postavljeni kriterij za drobljeni kameni materijal ili mješavinu prirodnog šljunka s više od 50% drobljenog kamenog materijala kojim se zahtijeva da CBR>80% kao i zahtijevanu vrijednost za prirodni šljunak ili mješavinu šljunka s manje od 50% drobljenog kamenog materijala (CBR>50%).

Prilikom iskopa sondažne jame na poziciji 5 ustanovljeno je da mehanički zbijeni nosivi sloj od šljunčanog materijala leži na sloju izvedenom od krupnog kamena debljine 18 do 20 cm, maksimalne veličine zrna 135 mm, sa visokim udjelom sitnih čestica manjih od 0,02 mm.

Ukoliko se razmatraju laboratorijskim ispitivanjima ustanovljene vrijednosti parametara kvalitete mehanički zbijenog nosivog sloja, ovaj se materijal, prema gotovo svim karakteristikama, (osim granulometrijske krivulje koja se ne nalazi unutar zadanog graničnog područja u dijelu dijagrama kojise odnosi na krupnija zrna - šljunak) može smatrati pogodnim za izradu ovog sloja. Međutim, ukoliko se ne poduzmu određeni koraci na razini posteljice, neće biti moguće riješiti probleme degradacije kolničke konstrukcije kao ni povećane zahtjeve na njenu nosivost te je stoga projektom predviđeno uklanjanje ovog sloja, a kako bi se omogućila stabilizacija posteljice, odnosno povećanje njezine nosivosti. Međutim, predlaže se da se ovaj materijal upotrijebi prilikom izvedbe radova na zamjeni materijala posteljice.

Prometno opterećenje

Proračun prometnog opterećenja predmetne dionice 002 državne ceste DC34, od Sv. Đurada do Črakovca, proveden je na temelju podataka iz knjige "Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske" za 2020. godinu.

Ukupni broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja na predmetnoj prometnici (državna cesta DC34) za 2020. godinu prikazan je u tablici 1. Na brojačkom mjestu 2402, Donji Miholjac - istok, promet se prilikom brojenja razvrstava u 5 kategorija (skupina) prema brojačkom obrascu: vozila duljine do 5,5 m, vozila duljine preko 5,5 m do 9,1 m, vozila duljine preko 9,1 do 12,2 m, vozila duljine preko 12,2 m do 16,5 m te vozila duljine preko 16,5 m. Udio pojedinih kategorija vozila u PGDP-u, prema podacima ovog brojačkog mjesta iznosi:

- vozila duljine do 5,5 m – 79,86%
- vozila duljine preko 5,5 m do 9,1 m – 13,99%
- vozila duljine preko 9,1 m do 12,2 m – 3,23%
- vozila duljine preko 12,2 m do 16,5 m – 2,54%
- vozila duljine preko 16,5 m – 0,38%

Prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) na državnoj cesti DC34, iznosi 3475 vozila.

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OSNANE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAD – ČRANKOVCI UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 34 od 78

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: Istopad 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

Prilikom izračuna broja prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja vrijednosti faktora ekvivalencije uzimane su kao prosječne vrijednosti faktora ekvivalencije tipova vozila obuhvaćenih pojedinim razredom duljina. Naime prenosiva automatska brojila s mogućnošću razvrstavanja prebrojenih vozila u razrede duljina, vozila razvrstavaju prema njihovim duljinama, tako da se ne može točno utvrditi koje su vrste prebrojena vozila, ali može se, na osnovi provedenih statističkih analiza, reći koja su vozila najzastupljenija u svakom od razreda.

Knjiga "Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske" navodi slijedeće upute:

u I. razredu duljina najzastupljeniji su osobni automobili, najčešće čineći i preko 95% vozila

u II. razredu duljina najzastupljenija su laka teretna i kombinirana vozila, ali u taj razred pripada i dio srednje teških teretnih vozila (laka teretna i kombinirana vozila u odnosu na srednje teška teretna vozila zastupljena su, u grubo, u omjeru 3:1)

u III. razredu duljina najzastupljenija su srednje teška teretna vozila i autobusi (prema gruboj procjeni, unutar ove skupine, srednje teška teretna vozila prema autobusima zastupljena su u omjeru 2,5:1)

u IV. razredu duljina dominiraju teška teretna vozila bez prikolica (prema gruboj procjeni, u ovoj su skupini navedena vozila zastupljena preko 90%)

u V. su razredu duljina najzastupljenija teška teretna vozila s prikolicama i tegljači s poluprikolicama (također prema gruboj procjeni, preko 90%). Tegljače s poluprikolicama, kao granični slučaj, brojila mogu manjim dijelom svrstati i u četvrtu skupinu.

U analizama, u obzir, zbog strukture vozila koja pripadaju I. razredu duljina, ova skupina vozila nije uzeta u razmatranje. Za II. do V. razred duljina uzimane su prosječne vrijednosti koeficijenata zamjene kategorija vozila koja pripada tom razredu.

Ukupni broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja za predmetnu prometnicu, državnu cestu DC34, dionica 002, Sv. Đurad - Črakovci, prikazan je u tablici 4.

Posljednjih godina stopa rasta prometa na ovoj prometnici bliska je nuli, odnosno PGDP je bio na istoj razini. Kako se u narednom periodu, ne očekuju značajne promjene koje bi doprinjele porastu prometnog opterećenja, realno je za pretpostaviti da će stopa rasta prometa ostati ista.

Tablica 4. Ukupni broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja za državnu cestu DC34, brojačko mjesto 2402, Donji Miholjac – istok, 2020. godina

Kategorija vozila	Udio u PGDP	Broj vozila	Faktor ekvivalencije	Broj prijelaza ekvivalentnih 80 kN osovina
II. razred duljina	13,99	486	0,50	243
III. razred duljina	3,23	112	1,20	134
IV. razred duljina	2,54	88	1,50	132
V. razred duljina	0,38	13	2,40	31
				541

Za 20-godišnji projektni period, te predviđeni porast broja vozila od 0% (koeficijent množenja za 20 godišnji projektni period 20,00), uzimajući u obzir da se radi o dvosmjernoj jednostranoj prometnici, za potrebe proračuna kolničkih konstrukcija predmetne dionice državne ceste DC34, dionica 002, Sv. Đurad - Črakovci, proračunat je slijedeći broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja:

Tu = 541·365·20·0,5 = 1,97·10⁶

prijelaza standardnog ekvivalentnog 80 kN osovinskog opterećenja (na granici srednjeg i teškog prometnog opterećenja).

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OSNANE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAD – ČRANKOVCI UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 35 od 78

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: Istopad 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

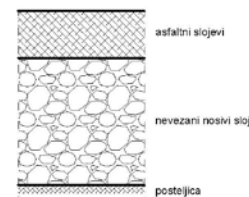
TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

1.2.2. Proračun kolničke konstrukcije

U nastavku je provedeno dimenzioniranje kolničke konstrukcije državne ceste DC34, dionica 002, Sv. Đurad - Črakovci.

Proračun kolničke konstrukcije prema HRN U.C4.012.

Uvažavajući namjenu površine kao i pretpostavljeni broj i strukturu vozila, te posebno uvažavajući činjenicu da posteljicu kolničke konstrukcije gradi materijal slabe nosivosti, u dogovoru s investitorom za ovaj je segment državne ceste D34, dionice 002, Sv. Đurad – Črakovci odabrano rješenje kojim se u potpunosti uklanja postojeća kolnička konstrukcija i zamjenjuje novom.



Slika 6. Sastav kolničke konstrukcije tipa 1 prema HRN U.C4.012.

Nakon uređenja posteljice bilo zamjenom materijala, bilo primjenom odgovarajućeg postupka stabilizacije izvesti će se nova kolnička konstrukcija. Predviđena je izvedba kolničke konstrukcije tipa 1 prema HRN U.C4.012, dakle sa asfaltnim slojevima izvedenim na nevezanom, mehanički zbijenom nosivom sloju, slika 6. Pri tome se usvaja da nakon uređenja, nosivost na razini posteljice bude minimalno 5% i sa tom se vrijednošću ulazi u proračun kolničke konstrukcije.

Za prije navedene ulazne parametre, korištene prilikom izrade projekta,

- prometno opterećenje 1,97•10⁶ prijelaza standardnog 80 kN osovinskog opterećenja,
- projektni period 20 godina,
- nosivost posteljice CBR=5,0%,
- indeks služnosti PSI=2,5 i
- regionalni faktor R=2,0

korištenjem dijagrama iz norme HRN U.C4.012, za odabrani tip kolničke konstrukcije (prema HRN U.C4.012 radi se o kolničkoj konstrukciji tipa 1, koja se sastoji od asfaltnih slojeva, nosivog sloja od zrnatog kamenog materijala), određena je ukupna potrebna debljina asfaltnih slojeva te debljina nevezanog mehanički zbijenog nosivog sloja (MNS):

- ukupna debljina asfaltnih slojeva 13,0 cm
- ukupna debljina MNS-a 47,0 cm

Ukupna debljina asfaltnih slojeva određena iz navedenog dijagrama odnosi se na odabranu asfaltnu mješavinu prosječne kvalitete između standardne asfaltbetonske mješavine i mješavine od bitumenizirane kamene sitneži, za koju, koeficijent zamjene iznosi 0,38. Debljine pojedinih slojeva od odabranih asfaltnih mješavina proračunavaju se iz ukupne debljine asfaltnih slojeva pomoću koeficijenata zamjene materijala pri čemu se vodi računa o najmanjim tehnološkim debljinama slojeva, koje su utvrđene tehničkim uvjetima i odgovarajućim standardima.

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OSNANE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAD – ČRANKOVCI UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 36 od 78

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije

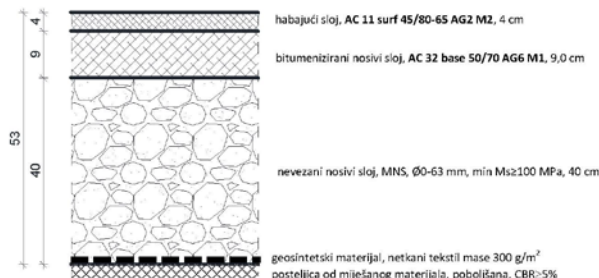
Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: Istodobno 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIK-projekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

Dakle, ukupna debljina asfaltnih slojeva od 13,0 cm pretvara se u debljinu habajućeg sloja i nosivog sloja pomoću odgovarajućih koeficijenata zamjene koji, za odabranu mješavinu habajućeg sloja (asfaltbeton sa polimerom modificiranim bitumenom), iznosi 0,44 dok za bitumenizirani nosivi sloj koeficijent zamjene iznosi 0,35. Izračunom se dobiva:

$$0,38 \cdot 13,0 = 4,94 + x \cdot 0,35$$
$$4,864 = 1,76 + x \cdot 0,35$$
$$x = 8,87 \text{ cm.}$$

Za odabranu debljinu habajućeg sloja 4 cm, proračunom je dobivena debljina bitumeniziranog nosivog sloja 8,87 cm. Odabrana je debljina bitumeniziranog nosivog sloja 9,0 cm. Debljina mehanički zbijenog nosivog sloja određena je grafički, korištenjem istog dijagrama, te iznosi 47,0 cm. Kako se na razini posteljice predviđa na cijeloj dužini dionice postavljanje geosintetskog razdvajajućeg sloja, debljinu nevezanog, mehanički zbijenog nosivog sloja dozvoljava se smanjiti i do 30%. Usvojena je debljina nevezanog nosivog sloja 40 cm (smanjenje cca 25%). Na taj je način optimizirana debljina ovog sloja kolničke konstrukcije a ujedno su dobivene dostatne debljine kolničke konstrukcije otporne na djelovanje smrznutice. Odabrana, projektirana, nova kolnička konstrukcija državne ceste DC34, dionica 002, Sv. Đurad - Črnkovec prikazana je na slici 7.



Slika 7. Poprečni presjek kolničke konstrukcije, DC34 dionica 002, Sv. Đurad - Črnkovec

Provjera dimenzija slojeva odabrane kolničke konstrukcije prema AASHO Interim Guide

Ulazni parametri za određivanje strukturnog broja konstrukcije su sljedeći:

- prometno opterećenje $T_u = 1,97 \cdot 10^6$ prijelaza 80 kN osovina
- nosivost materijala posteljice (CBR=5%) $S = 4,75$
- regionalni faktor $R = 2,0$
- vozna sposobnost kolnika na kraju projektnog perioda $p = 2,5$

Potreban strukturni broj kolničke konstrukcije, uzimajući navedene ulazne parametre iznosi:

$$SN_{podr} = 4,04 \text{ inch} = 10,26 \text{ cm.}$$

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: Istodobno 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIK-projekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

opterećenja javljaju u pojedinim kritičnim presjecima projektiranih kolničkih konstrukcija korištenjem računalnog programa BISAR (Shell B.V.). Pri proračunu naprezanja i deformacija koje se javljaju u pojedinim slojevima kolničke konstrukcije svaki je sloj karakteriziran fizičko-mehaničkim svojstvima materijala od kojeg je izrađen, proračunatom vrijednosti modula elastičnosti slojeva postojeće kolničke konstrukcije i Poissonovim koeficijentom. Fizikalna obilježja posteljice i gradiva odabranih kolničkih konstrukcija, navedena su u tablici 5.

Tablica 5. Fizikalna obilježja posteljice i gradiva

Fizikalna obilježja posteljice i gradiva		Zima -10-0°C	Proljeće-jesen 10-15°C	Ljeto >20°C
Habajući sloj	Edin (MPa)	8000	4500	3000
	v	0,35	0,42	0,47
Bitumenizirani nosivi sloj	Edin (MPa)	6000	4000	3500
	v	0,37	0,39	0,43
Nevezani nosivi sloj, MNS (postojeći sloj)	Edin (MPa)	500	400	600
	v	0,25	0,25	0,25
Posteljica, segment 2 od km 11+500 m do km 14+000 m	Edin (MPa)	50		
	v	0,25		

Pri analizama se razmatraju tri varijante ulaznih parametara

- stanje u ljeti
- stanje u proljeće i jesen
- stanje u zimi

Opterećenje mjerodavno za proračun deformacija u kolničkim konstrukcijama je stražnja osovina teretnog vozila s osovinskim opterećenjem od 80 kN. Pri proračunu se uzima da se opterećenje prenosi preko dvostrukog kotača, uz unutarnji tlak zraka od 0,7 MPa.

Tablica 6. Rezultati proračuna naprezanja i deformacija računalnim programom BISAR te dopušteni broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja na državnoj cesti D34, dionica 002, Sv.Đurad - Črnkovec

DC34, Sv. Đurad – Črnkovec						
sloj	d [mm]	E [MPa]	μ [-]	naprezanja i deformacije		dopušteni broj prijelaza
				σ [MPa]	ε [μm/m]	
zima						
Habajući sloj	40	8000	0,35	-0,4881	-15,70	$>100 \cdot 10^3$
Nosivi sloj	100	6000	0,37	0,7769	97,14	$2,21 \cdot 10^3$
Mehanički zbijeni nosivi sloj	400	500	0,25			
posteljica	-	50	0,25	-0,0128	-276,20	$1,29 \cdot 10^3$
proljeće – jesen						
Habajući sloj	40	4500	0,47	-0,5809	-8,87	$>100 \cdot 10^3$
Nosivi sloj	100	4000	0,43	0,7254	126,70	$1,21 \cdot 10^3$
Mehanički zbijeni nosivi sloj	400	400	0,25			
posteljica	-	50	0,25	-0,0149	-323,60	$6,39 \cdot 10^3$
ljeto						
Habajući sloj	40	3000	0,42	-0,5884	-10,33	$>100 \cdot 10^3$
Nosivi sloj	100	3500	0,39	0,4784	109,40	$3,21 \cdot 10^3$
Mehanički zbijeni nosivi sloj	400	600	0,25			
posteljica	-	50	0,25	0,0133	-286,20	$1,08 \cdot 10^3$

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: Istodobno 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIK-projekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

Kolnička konstrukcija tipa 1, sastava i debljine slojeva prema slici 7. prema AASHO Interim Guide-u, ima sljedeći strukturni broj:

- asfaltbeton, habajući sloj $4,0 \text{ cm} \cdot 0,44 = 1,76 \text{ cm}$
 - bitumenizirani nosivi sloj $9,0 \text{ cm} \cdot 0,34 = 3,06 \text{ cm}$
 - nevezani nosivi sloj, droljeni kameni materijal, MNS $40,0 \text{ cm} \cdot 0,14 = 5,60 \text{ cm}$
- $$SN_{konstr.} = 10,42 \text{ cm}$$

Strukturni broj kolničke konstrukcije, odabranih debljina i sastava slojeva veći je od potrebnog

$$SN_{konstr.} > SN_{podr.} (10,42 \text{ cm} > 10,26 \text{ cm}).$$

Drugim riječima, pretpostavljena kolnička konstrukcija zadovoljava kriterije nosivosti prema ovoj metodi dimenzioniranja.

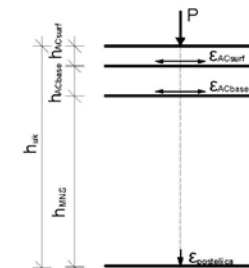
1.2.3. Analiza strukturalnog kapaciteta novo projektirane kolničke konstrukcije

Uvažavajući podatke o sastavu i kvaliteti materijala slojeva novo projektiranih konstrukcija u nastavku je provedena provjera njihovog strukturalnog kapaciteta.

Prilikom provjere strukturalnog kapaciteta projektirane kolničke konstrukcije kao prvi će se korak računalnim programom "BISAR" provesti proračun naprezanja i deformacija u pojedinim slojevima kolničkih konstrukcija. Kod kolničkih konstrukcije tipa 1 (prema HRN U.C4.012) provjerava se se horizontalna vlačna deformacija uslijed savijanja u slojevima asfalta te vertikalna deformacija na razini posteljice.

1.2.3.1. Proračun naprezanja i deformacija

Proračun naprezanja i deformacija u pojedinim slojevima kolničke konstrukcije provesti će se računalnim programom "BISAR". Kod odabrane nove kolničke konstrukcije tipa 1 (prema HRN U.C4.012) provjerit će se horizontalna vlačna deformacija uslijed savijanja u slojevima asfalta te vertikalna deformacija na razini posteljice, sve prema slici 8.



Slika 8. Kritični presjeci u kojima će se izračunati naprezanja/deformacije u kolničkoj konstrukciji

U okviru provedene analize strukturalnog kapaciteta projektiranih kolničkih konstrukcija u prvom su koraku određene veličine naprezanja i deformacija koje se uslijed djelovanja prometnog

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopad 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

Ispis rezultata proračuna naprezanja i deformacija u kritičnim presjecima kolničkih konstrukcija pomoću računalnog programa BISAR nalazi se u prilogu. Zbog preglednosti, podaci o naprezanjima i deformacijama u analiziranoj kolničkoj konstrukciji, relevantni za ocjenu njene trajnosti i stabilnosti kao i podaci o dopuštenom broju ponavljanja opterećenja prikazani su u tablici 6. Za proračunate vrijednosti naprezanja i deformacija u kritičnim presjecima kolničkih konstrukcija proveden je proračun dopuštenog broja prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja (strukturnali kapacitet pojedinih slojeva kolničke konstrukcije). Dopušteni broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja određen je za asfaltnje slojeve pomoću računalnog programa BANDS PC, Shell Research B.V., The Hague, za nosivi sloj od hladno reciklirane mješavine sa upjenjenim bitumenom kao osnovnim vezivom izraz Nottingham instituta, dok je za posteljicu određeno temeljem izraza Edwardsa i Walkeringa. Proračunate dopuštene vrijednosti broja prijelaza standardnog ekvivalentnog 80 kN osovinskog opterećenja za svaki sloj, uspoređene su sa ukupnim brojem prijelaza istog opterećenja u periodu eksploatacije konstrukcije (20 godina), od 2022. do 2042. godine.

Pri određivanju vrijednosti dopuštenih naprezanja/deformacija, odnosno odgovarajućeg dopuštenog broja ponavljanja opterećenja ukupno je prometno opterećenje raspodijeljeno prema vremenskim periodima u kojima su računana naprezanja/deformacije u konstrukciji, i to:

- zimi 15 % $4,34 \cdot 10^5$
- proljeće i jesen 50 % $9,77 \cdot 10^5$
- ljeti 35 % $7,60 \cdot 10^5$

Ispis rezultata proračuna dopuštenog broja ponavljanja opterećenja u asfaltnim slojevima analiziranih kolničkih konstrukcija pomoću računalnog programa BENDS PC nalazi se u prilogu.

1.2.3.2. Proračun iskorištenosti kolničke konstrukcije

Svojstva materijala u kolničkoj konstrukciji mijenjaju se tokom godine zbog promjena temperature i vlažnosti materijala. Radi toga je potrebno provesti proračun iskorištenja konstrukcije primjenom hipoteze Minera. Prema toj hipotezi do kumulativnog propadanja kolničke konstrukcije pod promjetnim opterećenjem dolazi ukoliko je

$$\sum \frac{n_i}{N_i} < 1$$

gdje je n stvarni broj prijelaza opterećenja a N mogući (dopušteni) broj prijelaza opterećenja.

Za proračun korištenja konstrukcije primjenom hipoteze Minera korištene su vrijednosti dozvoljenog broja ponavljanja programom BISAR dobivenih deformacija odnosno naprezanja u pojedinim, kritičnim presjecima kolničke konstrukcije, navedene u tablicama 5 i 6.

Proračunom iskorištenja konstrukcije prema hipotezi Minera za pojedine slojeve kolničke konstrukcije dobiveni su slijedeći rezultati:

državna cesta DC34, dionica 002, Sv. Đurađ - Črnkovec

habajući sloj asfalta

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = \frac{4,34 * 10^5}{\infty} + \frac{9,77 * 10^5}{\infty} + \frac{7,60 * 10^5}{\infty} = 0 < 1$$

bitumenizirani nosivi sloj

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = \frac{4,34 \cdot 10^5}{2,21 \cdot 10^7} + \frac{9,77 \cdot 10^5}{1,21 \cdot 10^7} + \frac{7,60 \cdot 10^5}{3,21 \cdot 10^7} = 1,24 \cdot 10^{-1} < 1$$

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OZNAKE DC34
DIOČICA: SV. ĐURAD – ČRNKOVCİ UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 40 od 78

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopad 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

posteljica

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = \frac{4,34 * 10^5}{1,06 * 10^8} + \frac{9,77 * 10^5}{5,61 * 10^7} + \frac{7,60 * 10^5}{9,16 * 10^7} = 2,98 * 10^{-2} < 1$$

Kako su proračunom iskorištenja konstrukcije prema hipotezi Minera za pojedine slojeve kolničkih konstrukcija (habajući i nosivi sloj) izrađeni od asfaltne mješavine te posteljicu) dobivene vrijednosti koje su redom manje od 1 može se zaključiti da u analiziranim kolničkim konstrukcijama neće doći do kumulativnog propadanja pod djelovanjem prometnog opterećenja.

1.2.4. Provjera kolničkih konstrukcija na djelovanje smrzavanja

Zbog zaštite od smrzavanja ukupna debljina kolničke konstrukcije prema rezultatima istraživačkog projekta "Određivanje indeksa smrzavanja za državne ceste i ublažavanje učinka smrzavanja na kolničke konstrukcije" (2715-1-0970/02), koji je financiran od strane Hrvatskih cesta d.o.o., publiciranom u časopisu Građevinar pod naslovom "Određivanje dubine smrzavanja tla ispod kolničke konstrukcije", tablica 2: Prikaz vrijednosti indeksa smrzavanja zraka ISZ i vrijednosti dubina smrzavanja DS (m) određenih prema švicarskim normama i AASHTO smjernicama, minimalna potrebna debljina kolničke konstrukcije izračunava prema švicarskoj metodi, treba, za područje na kojem se nalazi predmetna dionica državne ceste, biti veća od 50 cm.

Naime, prema podacima mjernje postaje Miholjac dubina smrzavanja tla za područje na kojem se nalazi predmetna dionica državne ceste DC34, dionica Sv. Đurad - Črunkovci iznosi oko 71 cm (prema Švicarskoj metodi). Za dubinu smrzavanja od 71 cm pod uvjetom da je posteljica kolničke konstrukcije osjetljiva na smrzavanje, a usvajajući povoljne hidrološke uvjete, minimalna debljina kolničke konstrukcije trebala bi iznositi 70% dubine smrzavanja što odgovara dubini od 50 cm.

Kako je ukupna debljina kolničke konstrukcije, za oba segmenta predmetne dionice državne ceste DC34, dionica 002, Sv. Đurad - Črnkovići, veće od navedenih 50 cm može se zaključiti da zadovoljavaju u pogledu sigurnosti od štetnog djelovanja smrzavanja.

1.2.5. Zaključak

Na osnovi svih navedenih činjenica može se zaključiti da je novo projektirana asfaltna kolnička konstrukcija državne ceste DC34, dionica 002, Sv. Đurađ – Črnkovići dobro dimensionirana u smislu mehaničke otpornosti i stabilnosti prema djelovanju prometnog opterećenja kao i da ima dostatnu debljinu kojom je zajamčena njena otpornost na djelovanje smrznave.

Životni vijek novo projektirane kolničke konstrukcije, takav je da će bez većih oštećenja moći podnijeti prometno opterećenje u periodu od slijedećih 20 godina, nakon čega će biti potrebno provesti radove sanacije asfaltnog kolnika.

Napominje se, da je prilikom izvođenja radova, potrebno:

- posebnu pažnju posvetiti uređenju posteljice, odnosno potrebno je poboljšati njenu nosivost na način da minimalna vrijednost CBR-a na razini posteljice bude 5%
- naglašava se da je nevezani mehanički zbijeni nosivi sloj potrebno izraditi od drobljenog kamenskog materijala (bilo stenske mase ili drobljenog šljunka).

Projektant:

TATJANA
RUKAVINA

prof. dr. sc. Tatjana Rukavina, dipl. ing. građ.

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OZNAKE DC34
DICIČICA: Sv. ĐURAD – ČRNKOVCi UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 41 od 78

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopada 2021.
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagreb, ulica vrta 98
10000 Zagreb

1.3. Osnovni tehnički uvjeti za kakvoću materijala i izvedbu kolničke konstrukcije

Za radove kod izvođenja projektirane kolničke konstrukcije daju se sljedeći osnovni zahtjevi kvalitete materijala i radova. Zahtjevi su propisani u ovom poglavlju, "Općim tehničkim uvjetima za radove na cestama" - knjiga II i knjiga III (IGH Zagreb, 2001.) kao i u Tehničkom propisu za asfaltne kolnike (NN br. 48/2021).

1.3.1. Posteljica

Na državnoj cesti DC34, dionica 002, Sv. Đurad – Črakovac, posteljicu kolničke konstrukcije gradi prašinasta glina smeđe boje, niske plastičnosti. Obzirom na niske vrijednosti kalifornijskog indeksa nosivosti CBR, posteljica se svrstava u one slabe nosivosti na kojima je prilikom izvođenja radova potrebno provesti postupke stabilizacije, bilo zamjenom materijala posteljice, bilo primjenom nekog stabilizacijskog sredstva (u ovom slučaju, obzirom da se radi o glinenom materijalu vapnom) ili primjenom geosintetskih materijala.

Na predmetnoj će se dionici u potpunosti ukloniti slojevi postojeće kolničke konstrukcije. Obzirom na ustanovljenu, nisku vrijednost nosivosti, na dijelovima na kojima parametri kvalitete posteljice ne zadovoljavaju uvjete koji se postavljaju na zemljani materijal posteljice predviđa se iskop materijala posteljice do kote -30 cm od kote planuma posteljice, te izrada sloja zamjene slabo nosivog, zemljanog materijala posteljice uklonjenim materijalom nevezanog nosivog sloja postojeće kolničke konstrukcije koji se može smatrati miješanim pri čemu minimalna vrijednost nosivosti posteljice na novo formiranom planumu mora biti veća od 5%. Prema potrebi ispod ovog, zamjenskog sloja može se položiti geosintetski materijal.

Kriteriji za ocjenu kakvoće posteljice od mješanih (nekoherentnih) materijala (dijelovi dionice na kojima se provodi zamjena materijala posteljice) su:

- | | |
|---|---|
| • stupanj zbijenosti prema standardnom Proctorovu postupku | $S_t \geq 100\%$ |
| • modul stižljivosti mjeren kružnom pločom promjera $\varnothing 30$ cm | $M_v \geq 35$ MN/m ² |
| • kalifornijski indeks nosivosti CBR | CBR $\geq 5\%$ |
| • modul deformacije E_{v2} (mjerenje kružnom pločom) | $E_{v2} > 50$ MN/m ² , $E_{v2}/E_{v1} < 2$ |
| E_{vd} (mjerenje dinamičkom pločom) | $E_{vd} > 25$ MN/m ² |

Na dijelovima na kojima neće biti potrebno provesti zamjenu materijala posteljice, te će ona ostati od zemljanog materijala, kriteriji kakvoće trebaju zadovoljavati sljedeće zahtjeve navedene u Općim tehničkim uvjetima za radove na cestama" - knjiga II (IGH Zagreb, 2001.) za posteljicu od zemljanih (koherentnih) materijala:

- | | |
|---|---|
| • stupanj zbijenosti prema standardnom Proctorovu postupku | $S_t \geq 100\%$ |
| • modul stižljivosti mjeren kružnom pločom promjera $\varnothing 30$ cm | $M_v \geq 35$ MN/m ² |
| • kalifornijski indeks nosivosti CBR | CBR $\geq 5\%$ |
| • modul deformacije E_{v2} | $E_{v2} > 40$ MN/m ² , $E_{v2}/E_{v1} < 2$ |
| E_{vd} (mjerenje dinamičkom pločom) | $E_{vd} > 20$ MN/m ² |

1.3.2. Geosintetski sloj

Uređenje posteljice geosintetskim materijalom obuhvaća dobavu i ugradnju istoga kao razdvajajućeg sloja između temeljnog tla (slabo nosivi zemljani materijal) i materijala zamjene. Odabrani geosintetski materijal mora minimalno zadovoljiti sljedeće uvijete kvalitete:

- vlačna čvrstoća MD/CMD $> 55/50$ kN/m
- izduženje MD/CMD $< 15/15\%$

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE GZNAKE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAD – ČRKOVCU UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 42 od 78

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopada 2021.
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagreb, ulica vrta 98
10000 Zagreb

Izbor materijala vrši se prema ponudama kojima se prilaže tehnički list sa svojstvima a osim toga treba dodati i podatke o:

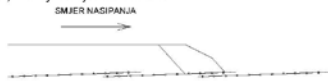
- proizvodu
- proizvođaču/prodavaču
- postupku proizvodnje i sirovini
- skupini proizvoda.

Uz proizvod na dostavnicu treba navesti proizvođača i vrstu proizvoda. Isto tako treba navesti količinu, način pakiranja i datum isporuke. Proizvod treba biti označen otiskom i etiketom. Etiketa na roli mora sadržavati podatke o proizvođaču, tipu, sirovini, masi po jedinici površine i načinu pakiranja.

Geosintetski materijal se polaže na ravnu odgovarajuće pripremljenu površinu pri čemu ga je potrebno navući do vanjskog ruba nasutog sloja (usidrenje) i ne treba ga ograničiti na područje vožnje. Geosintetski materijal treba pažljivo polagati i dobro zategnuti tako da se ne stvaraju nabori.

Ukoliko je role geosintetskog materijala građevinskim strojevima moguće transportirati na mjesto polaganja, kod primjene na velikim površinama moguće je direktno, ručno odmotavanje rola. Kod malih površina i loše pristupačnosti preporučuje se prethodno rezanje na potrebnu veličinu polaganja.

Potrebni spojevi izvode se preklapanjem. Preklopi moraju iznositi najmanje 30 cm na uzdužnim spojevima (preporuka 50) odnosno 30 cm na poprečnim. Preklapanje se izvodi u smjeru nasipavanja materijala, kako je vidljivo na slici 9.



Slika 9. Preklapanje u smjeru nasipavanja

Nasipni sloj nanosi se sa čela, pri čemu se izbjegava vožnja po geotekstilu. Debljina nasipnog sloja u zbijenom stanju treba iznositi 40 cm. Način zbijanja ovisi o temeljnom tlu i nasipnom materijalu. Traženu debljinu sloja potrebno je postići na cijeloj širini.

Tekuća ispitivanja provodi izvođač kako bi se utvrdilo odgovaraju li svojstva proizvoda ugovorenim zahtjevima i zahtjevima ovih tehničkih uvjeta. Troškove tekućih ispitivanja snosi izvođač. Tekuća se ispitivanja provode na svakih 10000 m² ugrađenog proizvoda. O rezultatima ispitivanja vodi se protokol. U okviru tekućih ispitivanja izvođač je dužan provesti sljedeća ispitivanja:

- | | |
|--|--------------|
| • vlačno ispitivanje na širokim trakama (HRN EN ISO 10319) | |
| vlačna čvrstoća | MD >55 kN/m |
| | CMD >50 kN/m |
| izduženje pri maksimalnoj sili | MD <15 % |
| | CMD <15 % |

- ispitivanje statičkim probijanjem (CBR) (HRN EN ISO 12236) 5000 N
- ispitivanje dinamičkim probijanjem (Cone drop test) (HRN EN ISO 13433) 15 mm

Ukoliko geotekstil pored uloge razdvajanja ima i ulogu filtriranja mora ispunjavati odgovarajuće kriterije za filterske geotekstile. Minimalni zahtjevi na hidraulička svojstva geosintetskih materijala su:

- | | |
|---|------------------|
| • ispitivanje karakteristične veličine otvora O_{90} (HRN EN ISO 12956) | $O_{90} > 95$ mm |
| • ispitivanje vodopropusnost okomito na ravninu VII50 (HRN EN ISO 11058) | > 60 mm/s. |

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE GZNAKE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAD – ČRKOVCU UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 43 od 78

Broj projekta: TRIK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopada 2021.
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIKprojekt j.d.o.o.
Zagreb, ulica vrta 98
10000 Zagreb

Kontrolna ispitivanja se prema potrebi provode na minimalno svakih 10000 m². Kontrolna ispitivanja minimalno obuhvaćaju sljedeća ispitivanja.

- | | |
|---|------------------|
| • vlačno ispitivanje na širokim trakama | HRN EN ISO 10319 |
| • ispitivanje dinamičkim probijanjem - Cone drop test | HRN EN ISO 13433 |
| • ispitivanje statičkim probijanjem (CBR) | HRN EN ISO 12236 |

Dokumentacija o dokazu kakvoće ugrađenih materijala i izvedenih radova kod tehničkog pregleda građevine obuhvaća:

- Isprava o sukladnosti za geosintetski sloj,
- Izvještaj o izvođačkoj kontroli kvalitete,
- Izvještaj o investitorskoj kontroli kvalitete i
- Izvještaj nadzornog inženjera o izvedenim radovima.

Neposredno po obavljenim ispitivanjima, izvođač radova rezultate ispitivanja, u pisanom obliku, dostavlja nadzornom inženjeru.

Po završetku radova rezultati ispitivanja u okviru izvođačke kontrole kvalitete prikazuju se u pisanom izvještaju.

Investitorsku kontrolu kvalitete putem ispitivanja sloja geotekstila obavlja (osigurava) investitor, preko ovlaštenog laboratorija, a zajedno s ispitivanjima izvođačke kontrole kvalitete služe kao potvrda postignute kakvoće sloja. Opseg ispitivanja od investitorske kontrole kvalitete je takav da na tri ispitivanja izvođačke kontrole kvalitete dolazi jedna investitorska kontrolna kvalitete (jedno ispitivanje).

Po završetku radova rezultati investitorske kontrole kvalitete prikazuju se u pisanom izvještaju.

Na osnovi rezultata izvođačke i investitorske kontrole kvalitete investitor, odnosno njegov nadzorni inženjer, donosi konačnu ocjenu o kakvoći izvedenog sloja.

Ukoliko radovi nisu kvalitetni, nadzorni inženjer će obustaviti radove i zahtijevati da se nedostaci poprave na trošak izvoditelja

1.3.3. Nosivi sloj od zrnatog kamenog materijala bez veziva

Nosivi sloj od mehanički zbijenog nevezanog kamenog materijala, veličine zrna 0/63 mm predviđen je u debljini od 40 cm.

Za izradu ovog sloja može se primijeniti mješavina drobljenog kamenog materijala ili drobljenog šljunčanog materijala.

Tehnička svojstva agregata za nosive slojeve od nevezanih mješavina specificirana su prema normama HRN EN 13242:2008 i HRN EN 13285:2010.

Tehnička svojstva mješavina za nosive slojeve bez veziva moraju zadovoljavati određene uvjete (navedene u tablici 7) u pogledu:

- fizičko-mehaničkih i mineraloško-petrografskih svojstava zrna,
- granulometrijskog sastava,
- sadržaja organskih tvari i lakih čestica i
- nosivosti.

Granulometrijski sastav

Granulometrijska krivulja zrnatog kamenog materijala mora se nalaziti unutar granica koje su definirane normom HRN EN 13285 (točka 4.4.1, tablica 6) i to razreda G_w , G_b ili G_c . Isporučitelj se osim odabranog razreda graničnih krivulja mora pridržavati i dodatnih graničnih krivulja definiranih u HRN EN 13285 (točka 4.4.1, tablica 6).

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE GZNAKE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAD – ČRKOVCU UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 44 od 78

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije

Broj projekta: TRIK-GR-KK-DC/2021
Datum: Istisad 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIK-Projekt d.o.o.
Zagreb
10000 Zagreb

1.4. Program kontrole i osiguranja kvalitete

Programom kontrole i osiguranja kvalitete dokazuje se uporabljivost građevnog proizvoda. U nastavku je dan program kontrole i osiguranja kvalitete za materijale i radove na izradi kolničke konstrukcije državne ceste DC34, dionice 002 od Sv. Đurada do Črnkovca.

1.4.1. Primijenjeni propisi, zakoni i norme

Prilikom projektiranja kolničke konstrukcije državne ceste DC34, dionice 002 od Sv. Đurada do Črnkovca pored propisa i zakona navedenih u točki 0.4. korišteni su sljedeći standardi za:

- ▶ **posteljicu** HRN U.E8.010, HRN U.B1.046
- ▶ **mehanički zbijene nosive slojeve** HRN U.E9.020 HRN U.B1.046 HRN EN 13285 HRN EN 13242
- ▶ **asfaltne slojeve** HRN EN 196-1 HRN EN 206-1 HRN EN 196-3 HRN EN 197-1 HRN EN 1008 HRN EN 445 HRN EN 934-2 HRN EN 12591, HRN B.B3.100, HRN EN 13108-1 HRN EN 14023, HRN EN 1426, HRN EN 1427, HRN EN 13703, HRN EN 13589, HRN EN ISO 2592, HRN EN 12607-1, HRN EN 12593, HRN EN 12697-6 HRN EN 12697-8 HRN EN 12697-18 HRN EN 13108-7 HRN EN 13108-20 HRN EN 13108-21 HRN EN 13036-1 HRN EN 13043 HRN EN 13398, HRN EN 13399 HRN EN 13877-2
- ▶ **dimenzioniranje kolničkih konstrukcija s asfaltnim zastorom** HRN U.C4.010, HRN U.C4.012, HRN U.B9.012.

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE GZNAKE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAD – ČRNKOVO UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 62 od 78

Broj projekta: TRIK-GR-KK-DC/2021
Datum: Istisad 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIK-Projekt d.o.o.
Zagreb
10000 Zagreb

1.4.2. Ispitivanja i kontrole

Na temelju "Zakona o prostornom uređenju" (NN 153/13) i „Zakona o gradnji" (NN 153/13), tijekom građenja je potrebno vršiti slijedeća ispitivanja i kontrole:

Posteljica

Izvoditelj radova je dužan obavljati (osigurati) kontrolu posteljice, odnosno završnog sloja nasipa, koja mora u svemu odgovarati zahtjevima iz projekta. Sva ispitivanja potrebno je provesti prema "Općim tehničkim uvjetima za radove na cestama", Hrvatske ceste, Knjiga II, Zagreb, 2001.

Kontrolna ispitivanja posteljice obuhvaćaju:

- ▶ kontrolna ispitivanja koje obavlja (osigurava) naručilac – investitorska kontrola kvalitete,
- ▶ tekuća (tehnoška) ispitivanja koje obavlja (osigurava) izvođač – izvođačka kontrola kvalitete.

Sve gotove površine moraju biti prema projektu ili zahtjevu nadzornog inženjera. Ako radovi nisu izvedeni u skladu s projektom postavljenim zahtjevima nadzorni inženjer će obustaviti radove i zahtijevati da se nedostaci poprave na trošak izvoditelja.

Geosintetski materijal

Izvoditelj radova dužan je obavljati (osigurati) kontrolu geotekstilnog razdvajajućeg materijala, koji mora u svemu odgovarati zahtjevima iz projekta.

Kontrolna ispitivanja geotekstila obuhvaćaju:

- ▶ prethodno ispitivanje materijala,
- ▶ tekuća (tehnoška) ispitivanja koje obavlja (osigurava) izvođač – izvođačka kontrola kvalitete,
- ▶ kontrolna ispitivanja koje obavlja (osigurava) naručilac – investitorska kontrola kvalitete.

Sva ispitivanja geotekstila potrebno je provesti prema zahtjevima navedenim u poglavlju 1.3. Osnovnih tehničkih uvjeta za kakvoću materijala i izvedbu kolničke konstrukcije ovog projekta a navedena u okviru odjeljka 1.3.2. Geosintetski sloj.

Geotekstil, kao razdvajajuće armirajući sloj postavlja se na uređenu posteljicu (temeljno tlo) ispod sloja materijala koji se zamjenjuje materijal slabije nosive posteljice ili na uređenu posteljicu. Može se polagati tek kad nadzorni inženjer primi navedeni sloj, odnosno kada budu zadovoljeni svi zahtjevi koji se bilo na temeljno tlo ili posteljicu postavljaju u vidu pravilno izvedene odvodnje i traženih uvjeta kvalitete. Površina na koju se polaže geotekstil treba biti ravna.

Dokumentacija o dokazu kakvoće ugrađenih materijala i izvedenih radova kod tehničkog pregleda građevine obuhvaća:

- Isprava o sukladnosti za geosintetski sloj za armiranje asfalta,
- Izvještaj o izvođačkoj kontroli kvalitete,
- Izvještaj o investitorskoj kontroli kvalitete i
- Izvještaj nadzornog inženjera o izvedenim radovima.

Izvođačku kontrolu kvalitete putem ispitivanja obavlja (osigurava) izvođač, preko svog ovlaštenog laboratorija, ili ako ga ne posjeduje, preko drugog ovlaštenog laboratorija. Ta ispitivanja služe za ocjenu kakvoće upotrijebljenog materijala za izradu ovog sloja.

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE GZNAKE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAD – ČRNKOVO UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 63 od 78

Broj projekta: TRIK-GR-KK-DC/2021
Datum: Istisad 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRIK-Projekt d.o.o.
Zagreb
10000 Zagreb

Ispitivanja obuhvaćaju:

- ✓ ispitivanje vlačne čvrstoće prema HRN EN ISO 10.319 na svakih 10.000 m² ugrađenog geotekstila
- ✓ ispitivanje statičkim probijanjem (CBR) prema HRN EN ISO 12236 na svakih 10.000 m² ugrađenog geotekstila
- ✓ ispitivanje dinamičkim probijanjem (Cone drop test) prema HRN EN ISO 13433 na svakih 10.000 m² ugrađenog geotekstila

Ukoliko geotekstil pored uloge razdvajanja ima i ulogu filtra mora ispunjavati odgovarajuće kriterije za filtrarske geotekstile. Minimalni zahtjevi na hidraulička svojstva geosintetskih materijala su:

- ✓ ispitivanje karakteristične veličine otvora O_{90} prema HRN EN ISO 12956 na svakih 40.000 m² ugrađenog geotekstila
- ✓ ispitivanje vodopropusnost okomito na ravninu VIH50 prema HRN EN ISO 11058 na svakih 40.000 m² ugrađenog geotekstila

Neposredno po obavljenim ispitivanjima, izvođač radova rezultate ispitivanja, u pisanom obliku, dostavlja nadzornom inženjeru.

Po završetku radova rezultati ispitivanja u okviru izvođačke kontrole kvalitete prikazuju se u pisanom izvještaju.

Investitorsku kontrolu kvalitete putem ispitivanja geosintetskog sloja za armiranje asfalta obavlja (osigurava) investor, preko ovlaštenog laboratorija, a zajedno s ispitivanjima od izvođačke kontrole kvalitete služe kao potvrda postignute kakvoće sloja. Opseg ispitivanja investitorske kontrole kvalitete je takav da na četiri ispitivanja izvođačke kontrole kvalitete dolazi jedna investitorska kontrolna kvalitete (jedno ispitivanje).

Po završetku radova rezultati investitorske kontrole kvalitete prikazuju se u pisanom izvještaju. Na osnovi rezultata izvođačke i investitorske kontrole kvalitete investor, odnosno njegov nadzorni inženjer, donosi konačnu ocjenu o kakvoći upotrijebljenog geosintetskog materijala.

Ukoliko ugrađeni materijali ne zadovoljava projektom propisane zahtjeve kvalitete, nadzorni inženjer će obustaviti radove i zahtijevati da se materijal zamijeni na trošak izvoditelja

Nosivi sloj od zrnatog kamenog materijala bez veziva - MNS

Izvoditelj radova je dužan obavljati (osigurati) kontrolu nevezanog nosivog sloja od mehanički zbijenog zrnatog kamenog materijala, koji mora u svemu odgovarati zahtjevima iz projekta.

Sva ispitivanja potrebno je provesti prema Općim tehničkim uvjetima za radove na cestama, Hrvatske ceste, Knjiga III, Zagreb, 2001 kao i onima navedenim u Projektu.

Ovaj sloj se može raditi tek kad nadzorni organ primi posteljicu u pogledu ravnosti, projektiranih nagiba, pravilno izvedene odvodnje i traženih uvjeta kvalitete.

Dokumentacija o dokazu kakvoće ugrađenih materijala i izvedenih radova kod tehničkog pregleda građevine obuhvaća:

- Isprava o sukladnosti za agregat od kojeg je napravljen sloj,
- Izvještaj o pogodnosti materijala za mješavinu,
- Izvještaj o izvođačkoj kontroli kvalitete,
- Izvještaj o investitorskoj kontroli kvalitete,
- Izvještaj o kontrolnim ispitivanjima sloja geodetskim snimanjem i
- Izvještaj nadzornog inženjera o izvedenim radovima.

Pravilnikom o potvrđivanju sukladnosti, ispravama o sukladnosti i označavanju građevnih proizvoda nije definiran sustav ocjenjivanja sukladnosti za nevezane mješavine.

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE GZNAKE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAD – ČRNKOVO UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 64 od 78

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije

Broj projekta: TRUK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopada 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRUKprojekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

Izradio: **TRUKprojekt j.d.o.o.**
10 000 ZAGREB, Zagrebačka cesta 98

Građevina: **REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OZNAKE DC34, DIONICA:
SV.ĐURAD – ČRNKOVC, UKUPNE DUŽINE 7,12 km**

Mapa: **MAPA 4/6
KNJIGA 1: PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE**

Vrsta projekta (razina i struka): **GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT**

Zajednička oznaka projekta: **RDC-DC34-800-234/2019**

2. PRILOZI

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OZNAKE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAD – ČRNKOVC, UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 74 od 78

Broj projekta: TRUK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopada 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRUKprojekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

Prilog 2.1. Ispis proračuna naprezanja i deformacija DC34, dionica 002 od Sv. Đurada do Črnkovca

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OZNAKE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAD – ČRNKOVC, UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 75 od 78

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE OZNAKE DC34
DIONICA: Sv. ĐURAD – ČRNKOVC, UKUPNE DUŽINE 7,12 km

Mapa 4/6, Knjiga 1
PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE
Stranica 75 od 78



BISR 3.0 - Block Report DC34 Sv. Đurad-Črnkovci System 1: DC34 Sv.Đurad_Crnkovci_zima

Structure				Loads									
Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio	Load Number	Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Stress Angle (Degrees)	
1	0,040	8,000E+03	0,25	1	2,000E+01	6,995E-01	2,000E+00	8,000E+00	3,940E-02	8,000E+00	8,000E+00	0,000E+00	
2	0,050	8,000E+03	0,25										
3	0,400	5,000E+02	0,25										
4	8,000E+01		0,25										

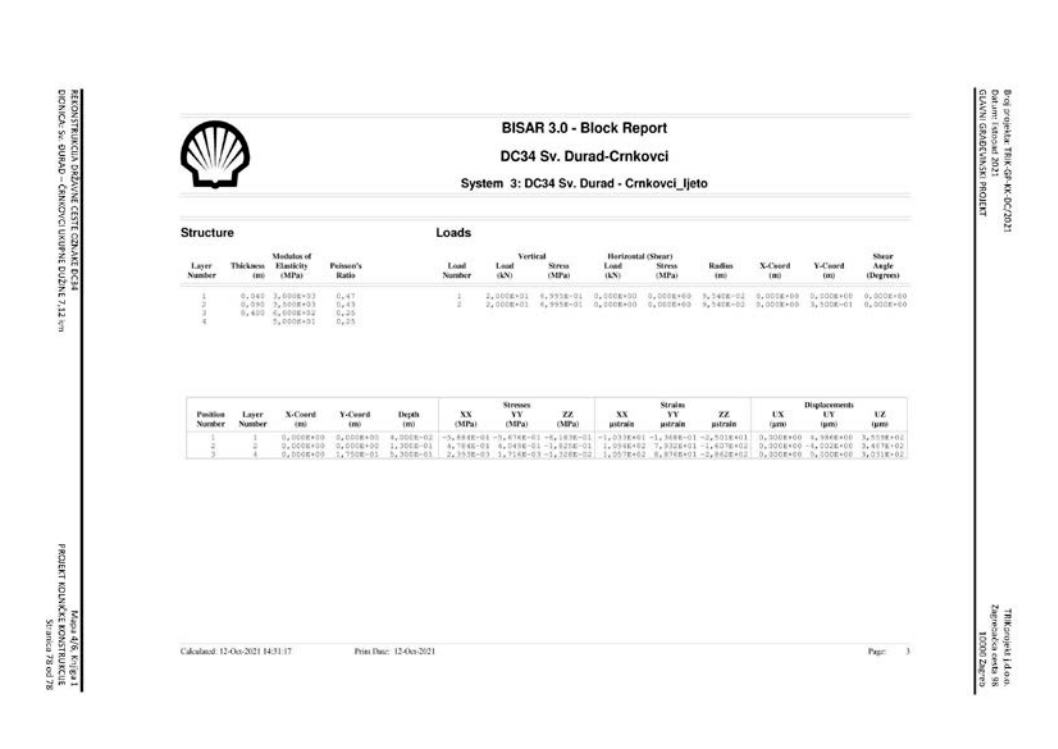
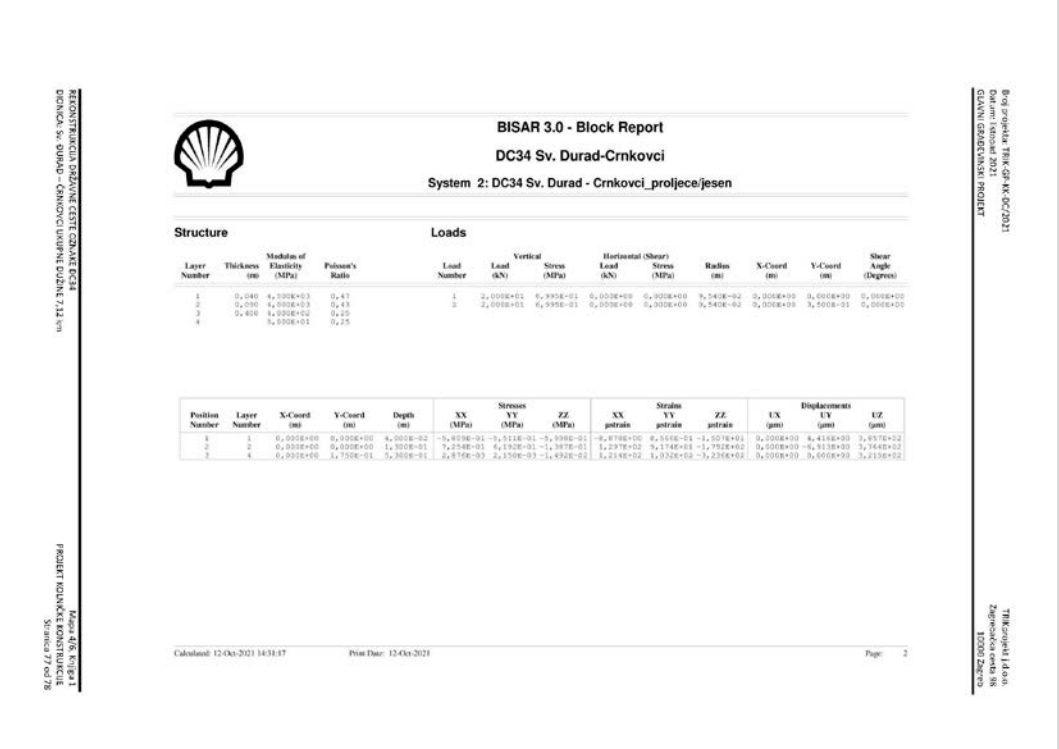
Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	XX Stress (MPa)	YY Stress (MPa)	ZZ Stress (MPa)	XX Strain (mm/mm)	YY Strain (mm/mm)	ZZ Strain (mm/mm)	UX (mm)	Displacements LV (mm)	UZ (mm)
1	1	0,000E+00	0,000E+00	8,000E-02	-4,881E-01	-4,407E-01	-5,949E-01	-1,170E-01	-7,712E-02	-3,372E-01	8,000E+00	3,512E+00	2,412E+02
2	2	0,000E+00	0,000E+00	1,300E-01	7,769E-01	6,570E-01	-1,128E-01	6,716E-01	6,870E-01	-1,095E-01	8,000E+00	6,410E+00	2,700E+02
3	4	0,000E+00	1,750E-01	9,300E-01	2,339E-01	1,828E-01	-1,273E-02	1,020E-02	8,832E-01	-2,762E-02	8,000E+00	2,600E+00	2,359E+02

Calculated: 12-Oct-2021 14:31:17 Print Date: 12-Oct-2021 Page: 1

Broj projekta: TRUK-GP-KK-DC/2021
Datum: listopada 2021
GLAVNI GRAĐEVINSKI PROJEKT

TRUKprojekt j.d.o.o.
Zagrebačka cesta 98
10000 Zagreb

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije



Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije (temeljem podataka FWD mjerenja)

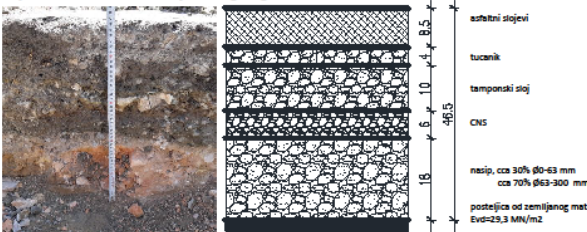
1. TEHNIČKI DIO

1.1. Uvod
Državna cesta D7 prema provedenom Sustavu za označavanje razvrstanih cesta (HC d.o.o.) povezuje cestovni pravac G.P. Duboševica (granica R. Mađerske) – Beli Manastir – osijek – Đakovo – G.P. Slavonski Šamac (granica R. BiH). Projektom rekonstrukcije obuhvaćena je dionica 001 od Kneževa do Belog Manastira, ukupne duljine 7,5 km.
Na predmetnoj dionici provedeno je mjerenje defleksija uređajem s padajućim teretom (Falling Weight Deflectometer – FWD), a kako bi se odredili parametri elastičnosti mehanički zbijenog nosivog sloja i posteljice. Mjerenjem uređajem s padajućim teretom željelo se pored modula elastičnosti odrediti i mjesta smanjene nosivosti kako pojedinih slojeva tako i kolničke konstrukcije u cjelini, a sve u cilju optimizacije projekta kolničke konstrukcije.
Prvi dio projekta rekonstrukcije odnosi se na podatke mjerenja FWD uređajem te njihovu interpretaciju dok drugi dio obuhvaća sam projekt kolničke konstrukcije koji je izrađen temeljem interpretacijom rezultata mjerenja FWD uređajem dobivenih podataka kao i istražnih terenskih radova.

1.2. Provedba i interpretacija mjerenja defleksija FWD uređajem
1.2.1. Opis dionice i načina mjerenja
Mjerenje nosivosti kolničke konstrukcije državne ceste D7, dionica Kneževo – Beli Manastir, provedeno je u listopadu 2018. godine.
Mjerenja na predmetnoj dionici Kneževo – Beli Manastir, državne ceste D7 provedeno je na dijelu duljine cca 8000 m. Početna stacionaža mjerenja provedenih u desnom prometnom traku (smjer Beli Manastir), nalazi se u stacionaži km 6+100,00 m dok joj se kraj nalazi u stacionaži km 14+000,00 m (prema kilometarskim oznakama HC-a). Početna stacionaža mjerenja koja su provedena u lijevom prometnom traku (smjer Kneževo) odgovara stacionaži km 13+950,00 m dok joj se kraj nalazi u stacionaži km 6 + 050,00 m.
Sva su mjerenja izvršena uređajem s padajućim teretom (FWD) KUAB 120, proizvođača KUAB, koji se nalazi u vlasništvu Hrvatskih cesta d.o.o. Mjerenje su proveli djelatnici Hrvatskih cesta.
Mjerenje defleksija FWD uređajem provedeno je u tragu desnog kotača za oba smjera vožnje (desni prometni trak, smjer Kneževo – Beli Manastir, lijevi prometni trak, smjer Beli Manastir - Kneževo). Razmak mjerenja jednog smjera iznosio je 100 m. Mjerenja suprotnog smjera izmahnuta su za 50 m.

1.2.2. Sastav i debljina slojeva kolničke konstrukcije
Izvor podataka o sastavu i debljini pojedinih slojeva kolničke konstrukcije državne ceste D7, dionice Kneževo – Beli Manastir, su, provedeni terenski istražni radovi.
Prema dostupnim podacima na predmetnoj dionici postoji nekoliko tipova kolničkih konstrukcija, od kojih neke nije moguće svrstati u normom HRN U.C4.012 definirane tipove. Naime prema podacima istražnih radova, na dijelu predmetne dionice radi se o kolničkim konstrukcijama kod kojih se ispod asfaltnih slojeva nalaze naizmjenice, mehanički zbijeni nosivi sloj (MNS) koji leži na cementom stabiliziranom nosivom sloju (CNS) male debljine ispod kojeg je na posteljici od glinenog materijala izveden nasipni sloj.
Na pojedinim dijelovima prometnice provedenim istražnim radovima utvrđeno je da se ispod asfaltnih slojeva nalazi nekoliko različitih slojeva od nevezanog mehanički zbijenog zmatog kamenog materijala, različite debljine i različitog granulometrijskog sastava koji leže na sloju od sлагanog kamena veličine zrna od 63 do 200 mm, različite debljine. Posteljica ovakve kolničke konstrukcije građena je od glinovitog materijala.
Na nekoliko lokacija predmetne dionice državne ceste D7, Kneževo – Beli Manastir ustanovljene su kolničke konstrukcije koje se sastoje od asfaltnih slojeva izvedenih na sloju betona različite debljine.

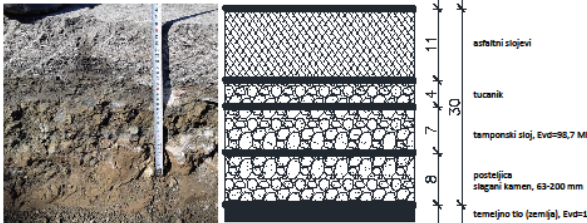
Debljine pojedinih slojeva kolničke konstrukcije navedene u Privremenom elaboratu o provedenim terenskim istražnim radovima i laboratorijskim ispitivanjima materijala iz kolničke konstrukcije, TPA za održavanje kvalitete i inovacije d.o.o., lipanj 2020., za lijevi i desni prometni trak, navedene su u tablici 1 te grafički prikazane na slikama 1 do 5.
Debljina asfaltnih slojeva uzduž predmetne dionice Kneževo – Beli Manastir, kretala se od 80 do 145 mm, debljina cementom stabiliziranog nosivog sloja iznosila je na obje lokacije na kojima je detektirana 60 mm, debljina sloja tucanika koji se nalazio neposredno ispod asfaltnih slojeva iznosila je 40 mm, debljina tamponskog sloja varirala je u rasponu od 70 do 110 mm, nasipnog sloja od 170 do 180 mm a sloja od sлагanog kamena 80 do 140 mm.



Slika 1. Istražna jama na lokaciji km 8+600 m, kolnička konstrukcija tip 1, desni prometni trak



Slika 2. Istražna jama na lokaciji km 10+900 m, kolnička konstrukcija tip 1, lijevi prometni trak

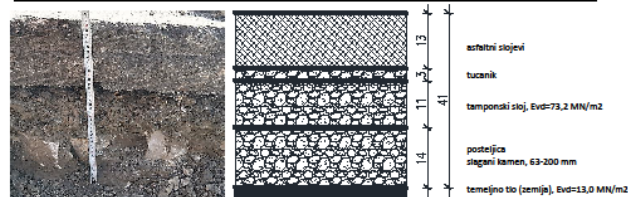


Slika 3. Istražna jama na lokaciji km 12+300 m, kolnička konstrukcija tip 2, lijevi prometni trak

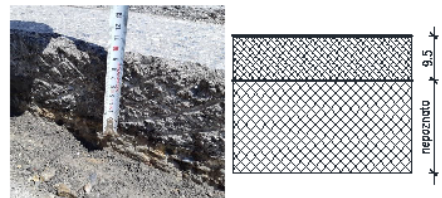
Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije (temeljem podataka FWD mjerenja)

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE



Slika 4. Istražna jama na lokaciji km 12+350 m, kolnička konstrukcija tip 3, desni prometni trak



Slika 5. Istražna jama na lokaciji km 12+850 m, kolnička konstrukcija tip 4, desni prometni trak

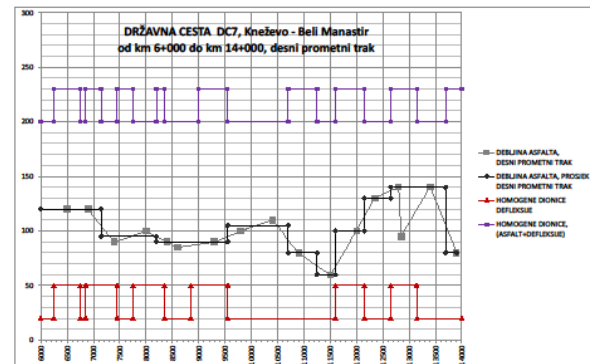
Tablica 1. Debljine slojeva kolničke konstrukcije (podaci bušotina i sondažnih jama)

Debljine slojeva kolničke konstrukcije u točkama mjerenja FWD uređajem [mm]							
Lijevi prometni trak				Desni prometni trak			
Stacionaža	$h_{\text{asf,li}}$	$h_{\text{asf,de}}$	$h_{\text{asf,li+de}}$	Stacionaža	$h_{\text{asf,li}}$	$h_{\text{asf,de}}$	$h_{\text{asf,li+de}}$
km 6+450 m	115	-	-	km 6+500 m	120	-	-
km 6+950 m	90	-	-	km 6+900 m	120	-	-
km 7+650 m	110	-	-	km 7+400 m	90	-	-
km 8+250 m	85	-	-	km 8+000 m	100	-	-
km 8+750 m	105	-	-	km 8+400 m	90	-	-
km 9+250 m	80	-	-	km 8+600 m	85	40+100	60 180
km 9+650 m	80	-	-	km 9+300 m	90	-	-
km 10+150 m	90	-	-	km 9+800 m	100	-	-
km 10+650 m	90	-	-	km 10+400 m	110	-	-
km 10+900 m	90	40+70	60 170	km 10+900 m	80	-	-
km 11+150 m	110	-	-	km 11+500 m	60	-	-
km 11+950 m	120	-	-	km 12+000 m	100	-	-
km 12+300 m	110	40+70	-	km 12+350 m	130	30+110	- 140
km 12+450 m	145	40+70	-	km 12+800 m	140	-	-
km 12+850 m	145	-	-	km 12+850 m	95	-	-
km 13+650 m	100	-	-	km 13+400 m	140	-	-
				km 13+900 m	80	-	-

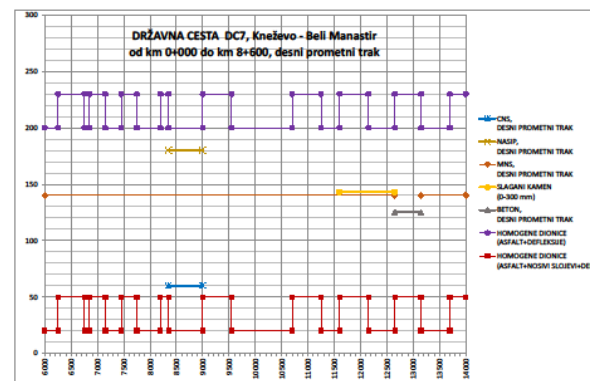
REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

Na slikama 6 do 9 prikazane su uprosječene debljine pojedinih slojeva kolničkih konstrukcija korištene prilikom izračuna modula elastičnosti temeljem podataka mjerenja FWD uređajem.



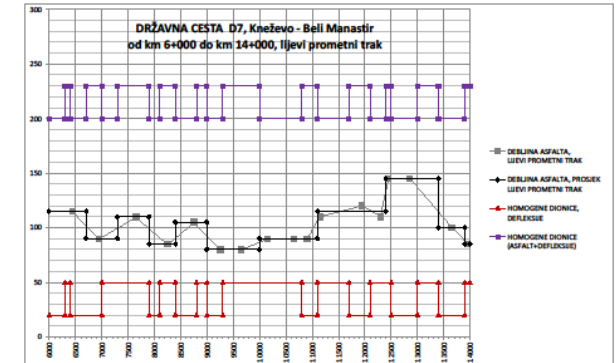
Slika 6. Istražnim radovima određene te temeljem tih vrijednosti procijenjene debljine asfaltnih slojeva kolničke konstrukcije, homogene dionice, desni prometni trak



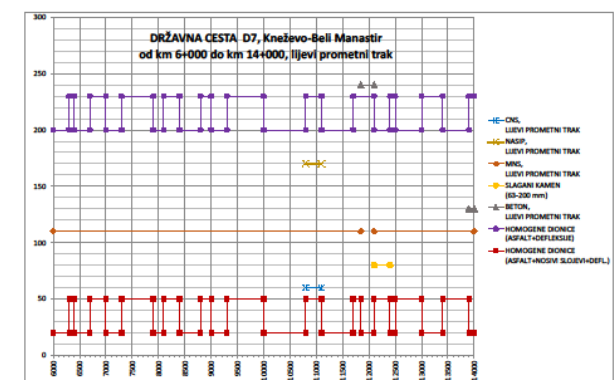
Slika 7. Procijenjene debljine i lokacije nosivih slojeva kolničke konstrukcije, homogene dionice, dinamička homogenizacija, desni prometni trak

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE



Slika 8. Istražnim radovima određene te temeljem tih vrijednosti procijenjene debljine asfaltnih slojeva kolničke konstrukcije, homogene dionice, lijevi prometni trak



Slika 9. Procijenjene debljine i lokacije nosivih slojeva kolničke konstrukcije, homogene dionice, dinamička homogenizacija, lijevi prometni trak

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije (temeljem podataka FWD mjerenja)

1.2.3. Određivanje modula elastičnosti (E) slojeva kolničke konstrukcije postupkom proračuna unatrag (Backcalculation procedure)

1.2.3.1. Opći dio

Na temelju izmjerenih vrijednosti defleksija, proveden je postupak proračuna modula elastičnosti sastavnih slojeva četiri tipa kolničkih konstrukcija detektiranih na dionici (slike 1 do 5). Na pretežno dužini predmetne dionice, temeljem, od strane tvrtke TPA za održavanje kvalitete i inovacije prikupljenih podataka, kao i izmjerenih defleksija, procijenjeno je da se kolnička konstrukcija sastoji od sljedećih slojeva:

- sloj 1 – asfaltni slojevi
- sloj 2 – gornji mehanički zbijeni nosivi slojevi od zmatog kamenog materijala, MNS
- sloj 3 – sloj nasipa (donji nosivi sloj)
- sloj 4 – posteljica.

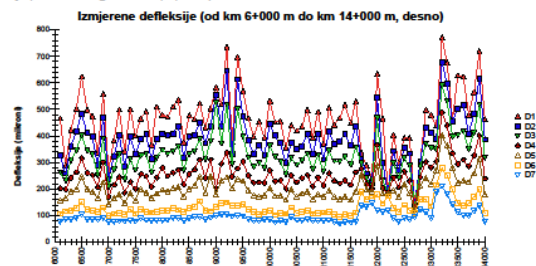
Na dionicama na kojima se kao podloga asfaltnim slojevima pojavljuje beton ili se u presjeku kolničke konstrukcije javlja cementom stabilizirani nosivi sloj moduli elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije računani su za stvarni presjek.

Proračun je proveden za sve homogene dionice, koje su definirane na način da se prilikom određivanja njihove duljine u obzir uzimalo da se radi o dionicama s približno jednakom nosivošću kolničke konstrukcije (duljine ovih dionica određene su postupkom kumulativnih razlika opisanom u AASHO priručniku za projektiranje kolničkih konstrukcija u dodatku oznake J) te da su duljine homogenih dionica usklađene s podacima o debljinama slojeva kolničke konstrukcije, obzirom na njihove razlike uzduž dionice. Duljine homogenih dionica određene su posebno za lijevi, a posebno za desni prometni trak.

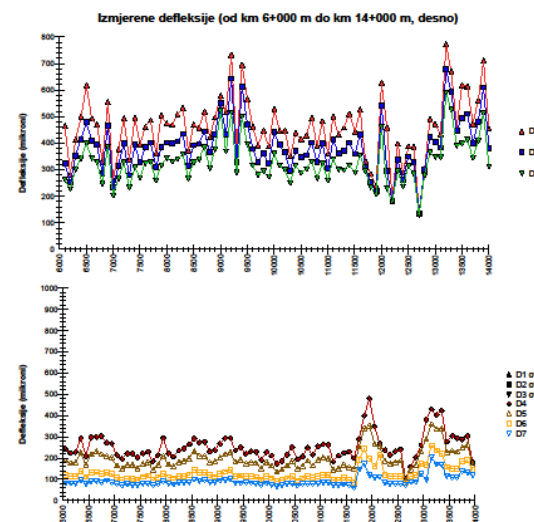
1.2.3.2. Proračun vrijednosti modula elastičnosti (E) slojeva kolničke konstrukcije prije provedenog postupka sanacije

Proračun modula elastičnosti pojedinih sastavnih slojeva kolničke konstrukcije proveden je na temelju izmjerenih defleksija za, postupkom kumulativnih razlika i dinamičkom homogenizacijom određene homogene dionice.

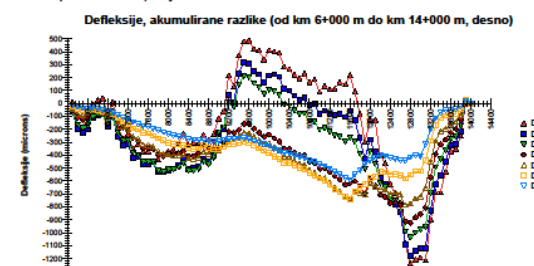
Grafički prikaz defleksija za desni prometni trak, smjer Beli Manastir, dan je na slikama 10 i 11 a akumuliranih razlika defleksija na slikama 12 (za geofone broj 1 do 7) i 13 (zasebno za geofone broj 1, 2 i 3 te za geofone 4, 5, 6 i 7).



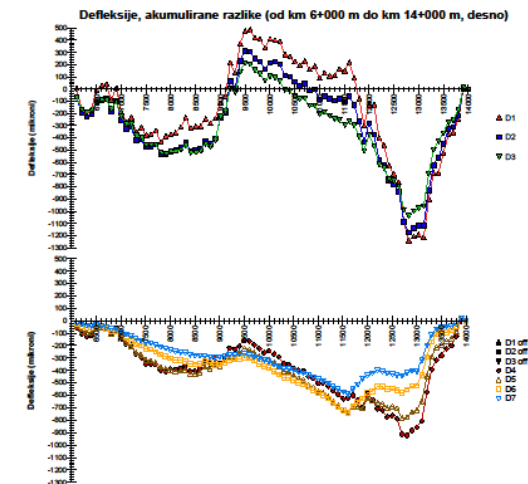
Slika 10. Izmjerene defleksije, državna cesta DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir, desni prometni trak, smjer Beli Manastir



Slika 11. Izmjerene defleksije, državna cesta DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir, desni prometni trak, smjer Beli Manastir

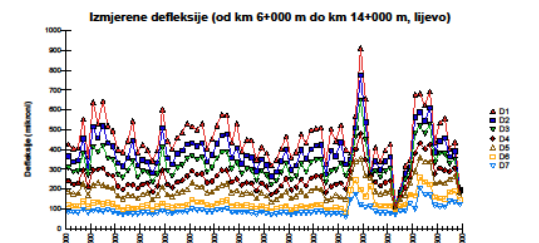


Slika 12. Akumulirane razlike, državna cesta DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir, desni prometni trak, smjer Beli Manastir



Slika 13. Akumulirane razlike, državna cesta DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir, desni prometni trak, smjer Beli Manastir

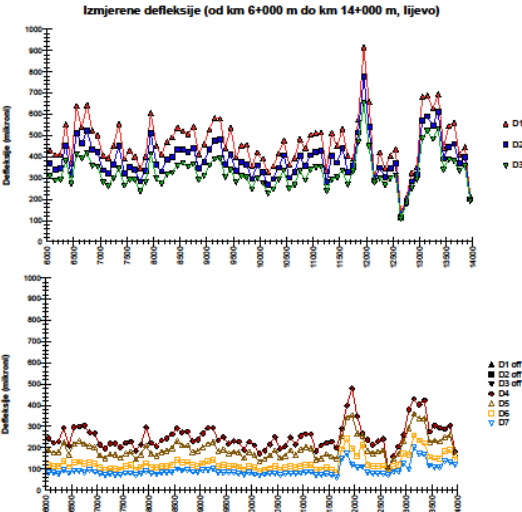
Grafički prikaz defleksija za lijevi prometni trak, smjer Kneževo, dan je na slikama 13 i 14 a akumuliranih razlika defleksija na slikama 15 (za geofone broj 1 do 7) i 16 (zasebno za geofone broj 1, 2 i 3 te za geofone 4, 5, 6 i 7).



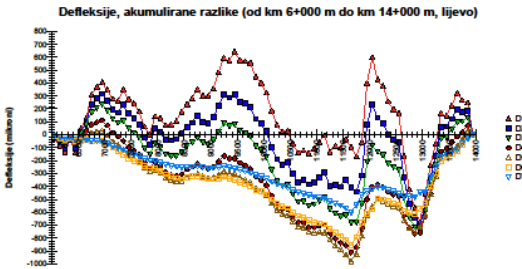
Slika 14. Izmjerene defleksije, državna cesta DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir, lijevi prometni trak, smjer Kneževo

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije (temeljem podataka FWD mjerenja)

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7 PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE



Slika 15. Izmjerene defleksije, državna cesta DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir, lijevi prometni trak, smjer Kneževo

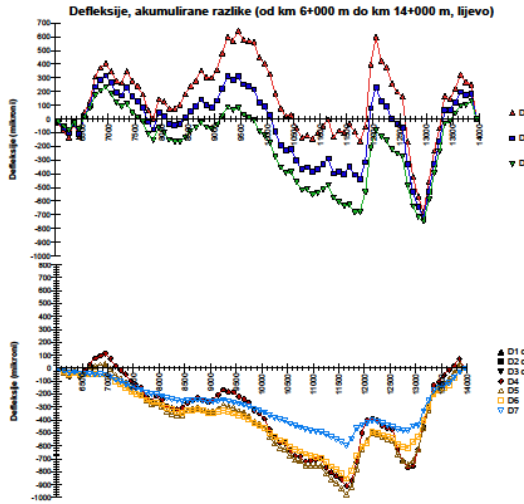


Slika 16. Akumulirane razlike, državna cesta DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir, lijevi prometni trak, smjer Kneževo

DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir

29

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7 PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE



Slika 17. Akumulirane razlike, državna cesta DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir, lijevi prometni trak, smjer Kneževo

Duljine homogenih dionica, stacionaže njihovog početka i kraja, određene samo iz mjerenja defleksija provedenih u tragu desnog kotača (dionice s približno jednakom nosivošću kolničke konstrukcije), za desni i lijevi prometni trak navedene su u nastavku.

Općenito se može reći da se predmetna dionica može podijeliti u dvije osnovne poddionice:

1. km 6+000 m do km 11+650 m
2. km 11+650 m do km 14+000 m

Unutar ovih dionica, temeljem izmjerenih defleksija, prilikom proračuna su vršene daljnje podjele u segmente, kako bi dobiveni moduli bili preciznije izračunani obzirom na nedostatak informacija kako o sastavu tako i o debljinama slojeva (debljine slojeva za potrebe proračuna su interpolirane temeljem podataka istražnih bušotina i sondažnih jama) uzduž trase predmetne dionice.

Desni prometni trak (smjer Beli Manastir), dionice državne ceste DC7, Kneževo – Beli Manastir podijeljen je za potrebe proračuna, na ukupno 18 dionica (prva poddionica na 12 segmenata, druga poddionica na 3 segmenta, treća poddionica na 3 segmenta) dok je lijevi prometni trak (smjer Kneževo), podijeljen na 13 dionica (prva poddionica na 9 segmenata, druga poddionica na 3 segmenta, treća poddionica nije dijeljena u segmente). U tablici 2. navedene su stacionaže početaka i kraja pojedinih homogenih dionica lijevog i desnog prometnog traka dionice Kneževo – Beli Manastir sa izdvojenim stacionažama na kojima su izmjerene ekstremno velike ili male defleksije.

DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir

30

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7 PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

Tablica 2. Stacionaže početaka i kraja homogenih dionica lijevog i desnog prometnog traka, izdvojene stacionaže ekstremno velikih ili malih defleksija

Homogene dionice, km+m			
Lijevi prometni trak	Ekstremi	Desni prometni trak	Ekstremi
km 6+000 m do km 6+300 m	6+550↑	km 6+000 m do km 6+250 m	6+500↑
km 6+300 m do km 6+400 m	6+750↑	km 6+250 m do km 6+750 m	6+900↑
km 6+400 m do km 7+900 m	7+950↑	km 6+750 m do km 6+850 m	9+000↑
km 7+900 m do km 8+100 m	9+150↑	km 6+850 m do km 7+450 m	9+200↑
km 8+100 m do km 8+400 m	9+250↑	km 7+450 m do km 7+750 m	9+400↑
km 8+400 m do km 8+800 m	11+950↑	km 7+750 m do km 8+350 m	9+500↑
km 8+800 m do km 9+000 m	13+050↑	km 8+350 m do km 8+850 m	12+000↑
km 9+000 m do km 9+300 m	13+150↑	km 8+850 m do km 9+550 m	13+200↑
km 9+300 m do km 10+800 m	13+350↑	km 9+550 m do km 11+600 m	13+300↑
km 10+800 m do km 11+100 m	6+450↓	km 11+600 m do km 12+150 m	13+500↑
km 11+100 m do km 11+700 m	7+750↓	km 12+150 m do km 12+650 m	13+600↑
km 11+700 m do km 12+100 m	9+850↓	km 12+650 m do km 13+150 m	13+900↑
km 12+100 m do km 12+500 m	10+150↓	km 13+150 m do km 14+000 m	6+200↓
km 12+500 m do km 13+000 m	10+250↓		6+800↓
km 13+000 m do km 13+400 m	10+550↓		7+000↓
km 13+400 m do km 13+900 m	11+250↓		7+300↓
km 13+900 m do km 14+000 m	11+750↓		9+300↓
	12+150↓		13+700↓
	12+650↓		11+800↓
	12+750↓		11+900↓
	12+850↓		12+200↓
	12+950↓		12+700↓
	13+950↓		

↑↑ - izrazito visoke vrijednosti defleksija
↑ - visoke vrijednosti defleksija
↓↓ - izrazito niske vrijednosti defleksija
↓ - niske vrijednosti defleksija
• - mala razlika između D₀ i D₁ (potencijalno kruta podloga)
•• - vrlo mala razlika između D₀ i D₁ (potencijalno vrlo kruta podloga, npr. beton)

Na poddionicama 2 (od km 11+650 m do km 13+000 m) i 3 (od km 13+000 m do km 14+300 m) zapažene su povišene vrijednosti defleksija na najudaljenijim deflektometrima kojima se karakterizira stanje posteljice (lijevi prometni trak od km 11+700 m do km 12+200 m te od km 12+850 m do km 13+950 m, desni prometni trak od km 11+700 m do km 12+250 m te od km 12+750 m do km 13+950 m). Na ovim dijelovima predmetne dionice državne ceste DC7, Kneževo – Beli Manastir potrebno je prilikom izvedbe kolničke konstrukcije posebnu pažnju posvetiti kvaliteti materijala posteljice, odnosno prema potrebi izvršiti zamjenu materijala posteljice ili provesti postupak stabilizacije materijala posteljice ili na razini posteljice upotrijebiti geosintetski materijal kao razdvajajući između posteljice i nevezanog, mehanički zbijenog nosivog sloja, a sve prema stanju utvrđenom nakon uklanjanja postojeće kolničke konstrukcije.

Postupak proračuna unatrag modula elastičnosti E, navedenih slojeva kolničke konstrukcije proveden je računalnim programom ELMOD.

Rezultati proračuna unatrag modula elastičnosti E pojedinih slojeva kolničkih konstrukcija pregledno su, za razmatranu dionicu prikazane u tablicama 3, 4 i 5 te na slikama 18 i 19 za desni prometni trak, odnosno na slikama 21 i 22 za lijevi prometni trak. Interpretirani podaci mjerenja defleksija, korišteni su u nastavku ovog elaborata kao ulazni parametri prilikom analize mogućih rješenja sanacije kao i dimenzioniranje.

DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir

31

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije (temeljem podataka FWD mjerenja)

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

Tablica 3. Moduli elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije tipa 1, desni i lijevi prometni trak

Moduli elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije tipa 1 [MPa]					
Desni prometni trak			Lijevi prometni trak		
Stacionaža	E_{asfalt}	E_{mrvl}	Stacionaža	E_{asfalt}	E_{mrvl}
6100	830	1277	6050	7266	534
6201	8084	2444	6150	6487	664
6300	2852	476	6249	6623	664
6401	3974	365	6350	4134	487
6500	1145	1053	6450	9321	267
6601	5310	276	6550	3273	277
6700	2830	225	6650	7094	268
6800	9029	792	6750	4091	361
6900	4761	221	6849	8386	483
7000	17248	641	6948	11505	383
7101	4677	451	7050	10633	720
7200	7390	309	7150	9529	670
7301	4155	2009	7250	9298	471
7405	4085	627	7350	7524	81
7500	8320	480	7449	12420	411
7600	3734	779	7549	11405	419
7700	8592	262	7649	15981	458
7801	10145	759	7750	13018	782
7900	1910	1054	7849	14130	419
8000	3066	1365	7950	12303	159
8100	11148	213	8050	4495	1432
8249	1689	1674	8148	6973	1021
8301	6894	383	8250	10310	529
8400	10145	131	8349	8286	468
8500	3602	912	8450	2783	886
8600	4958	1100	8550	6949	588
8701	8891	471	8649	6196	391
8800	4238	1260	8750	4638	583
8900	6946	207	8850	8285	610
90100	10170	126	8950	7342	287
91000	6529	338	9049	11262	348
92000	6177	1068	9148	9744	328
93000	5981	710	9250	9336	427
94000	6955	449	9349	11883	829
95000	8190	391	9450	5222	729
96000	4921	396	9550	14120	978
97000	16662	469	9650	11029	691
98000	15160	220	9746	8029	890
99000	8639	1691	9850	17513	846
100000	12435	327	9950	15533	682
101000	20514	228	10050	12685	655
102000	4436	1374	10150	11631	974
10300	2983	379	10250	12458	704
10400	4766	1388	10349	12255	380
10500			10450	11296	292
10600	15282	942	10550	12287	671
10700	4387	373	10650	10015	772
10801	4376	317	10750	10410	292
10900	8330	1683	10850		89
11003	2966	318	11150	4474	409
11100	3845	325	11250	7936	843
11200	10248	166	11350	3635	220
11300	2214	178	11450	6228	301
11400	3107	115	11550	4084	118
11501	4434	1888	11650	6972	326
11600	6669	691	11750	11599	869
11700	10780	272	11850	14180	138
11800	18925	229	11950	4140	63
11900			12049	3301	200

DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir

32

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

Tablica 4. Moduli elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije tipa 1, desni i lijevi prometni trak

Moduli elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije tipa 1 [MPa]					
Desni prometni trak			Lijevi prometni trak		
Stacionaža	E_{asfalt}	E_{mrvl}	Stacionaža	E_{asfalt}	E_{mrvl}
-	-	-	12750	11875	2639
-	-	-	12850	9016	710
-	-	-	12950	12469	962
-	-	-	13050	1738	673
-	-	-	13150	2715	809
-	-	-	13250	3794	548
-	-	-	13349	3380	250
-	-	-	13450	14023	695
-	-	-	13550	7127	357
-	-	-	13650	5556	409
-	-	-	13749	28321	828
-	-	-	13850	21278	746

Tablica 5. Moduli elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije tipa 2, desni i lijevi prometni trak

Moduli elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije tipa 2 [MPa]					
Desni prometni trak					
Stacionaža	E_{asfalt}	E_{mrvl}	E_{asfalt}	E_{mrvl}	E_{asfalt}
8400	22044	63	16718	285	123
8500	14343	58	6981	238	100
8600	20630	35	7849	223	101
8700	20630	25	5988	121	79
8800	18885	30	9316	205	117
8900	23206	14	10670	172	111
9000	4042	32	10500	1683	118
9101	13188	124	4706	26	38
9200	8406	48	4193	54	79
9300	34382	48	11996	75	111
9400	6297	44	2678	119	85
9501	12058	41	9960	172	86
Lijevi prometni trak					
10850	8727	124	7733	62	136
10950	10335	101	9736	40	110
11050	11561	95	6231	40	106

Tablica 6. Moduli elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije tipa 3, desni prometni trak

Moduli elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije tipa 3 [MPa]					
Desni prometni trak					
Stacionaža	E_{asfalt}	E_{mrvl}	E_{asfalt}	E_{mrvl}	E_{asfalt}
11601	5104	442	105		91
11700	9612	5972	77		76
11800	4936	3604	3600		90
11900	4883	4384	8930		71
12000	8311	300	72		65
12101	1291	190	2240		100
12200	21740	17562	9497		66
12301	4275	581	37		114
12401	8922	302	15		169
12501	7180	153	10		138
12600	4219	431	29		

Tablica 7. Moduli elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije tipa 4, desni i lijevi prometni trak

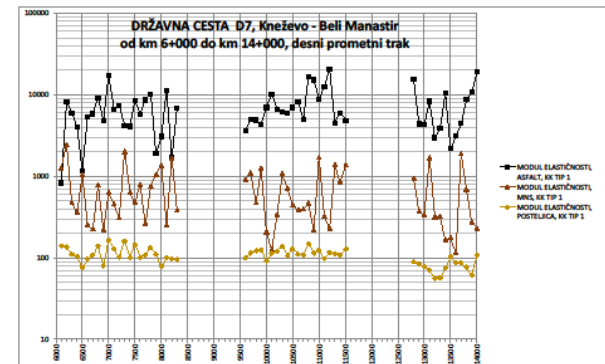
Moduli elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije [MPa]					
Desni prometni trak			Lijevi prometni trak		
Stacionaža	E_{asfalt}	E_{mrvl}	Stacionaža	E_{asfalt}	E_{mrvl}
12700	12115	47822	113	12649	5970
-	-	-	-	12750	11875
-	-	-	-	12850	12839
-	-	-	-	13950	10723

DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir

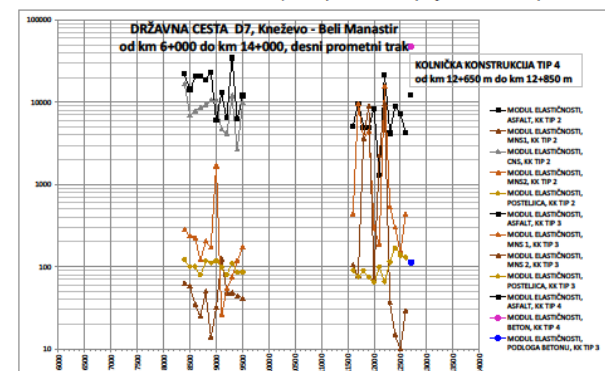
33

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE



Slika 18. Moduli elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije tip 1, državna cesta DC7, od km 6+000 do km 14+000 m, desni prometni trak (smjer Beli Manastir)



Slika 19. Moduli elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije tip 2, 3 i 4, državna cesta DC7, od km 6+000 m do km 14+000 m, desni prometni trak (smjer Beli Manastir)

Statistička procjena, unutar proračunatih vrijednosti modula elastičnosti određena je normalnom distribucijom za 85% percentil. Na slici 20 prikazani su moduli elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije sa naznačenim područjem unutar kojeg se nalazi 85% svih vrijednosti za desni prometni trak (smjer Beli Manastir) dok su na slici 23 prikazani moduli elastičnosti slojeva

DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir

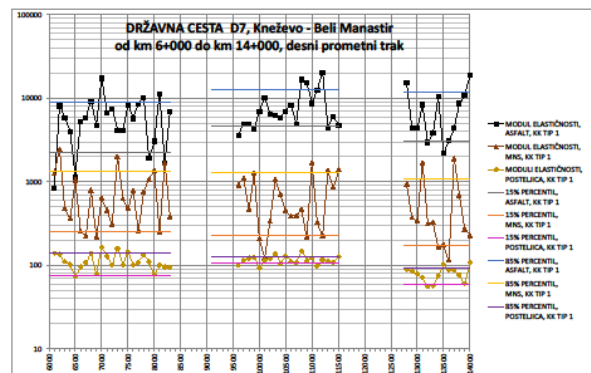
34

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije (temeljem podataka FWD mjerenja)

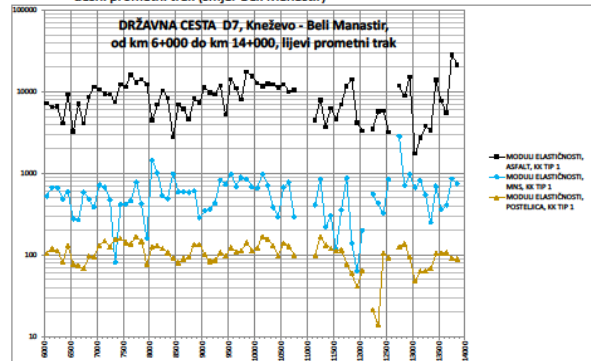
REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

kolničke konstrukcije sa naznačenim područjem unutar kojeg se nalazi 85% svih vrijednosti za lijevi prometni trak.



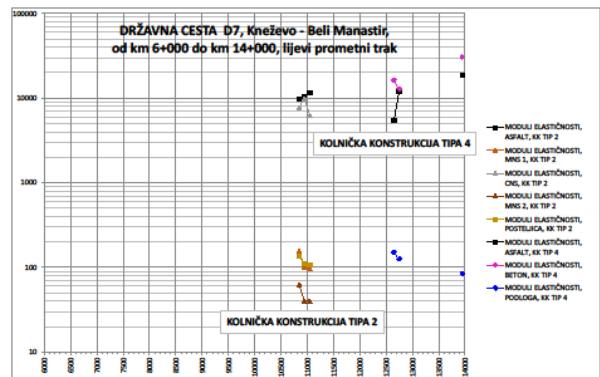
Slika 20. Modul elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije tip 1, državna cesta DC7, od km 6+000 do km 14+000 m, desni prometni trak (smjer Beli Manastir)



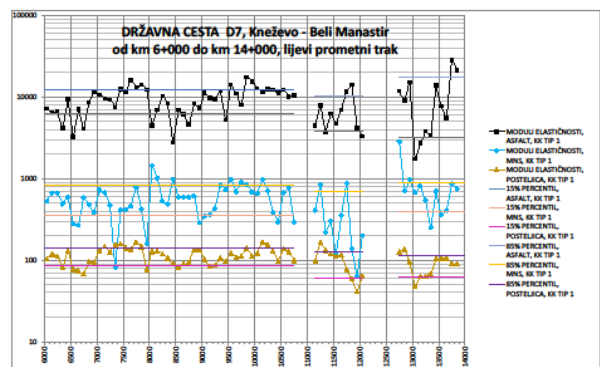
Slika 21. Modul elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije tip 1, državna cesta DC7, od km 6+000 do km 14+000 m, lijevi prometni trak (smjer Kneževo)

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE



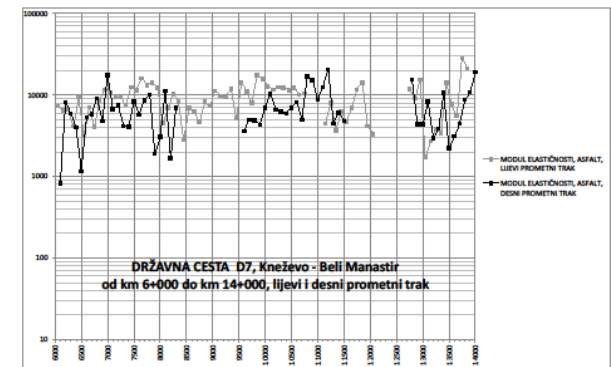
Slika 22. Modul elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije tip 2 i 4, državna cesta DC7, od km 6+000 do km 14+000 m, lijevi prometni trak (smjer Kneževo)



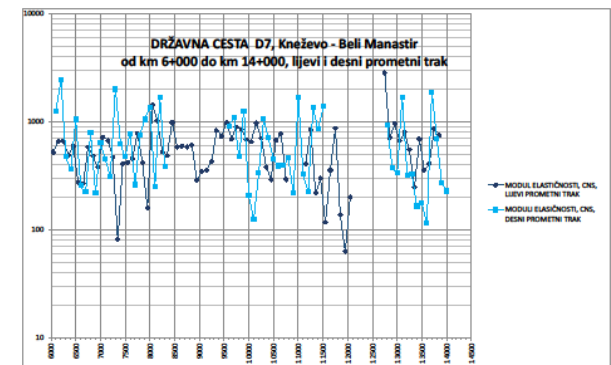
Slika 23. Modul elastičnosti slojeva kolničke konstrukcije sa naznačenim područjem unutar kojeg se nalazi 85% svih vrijednosti, državna cesta DC7, od km 6+000 do km 14+000 m, lijevi prometni trak (smjer Kneževo)

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE



Slika 24. Modul elastičnosti asfaltnih slojeva, državna cesta DC7, Kneževo – Beli Manastir, lijevi i desni prometni trak

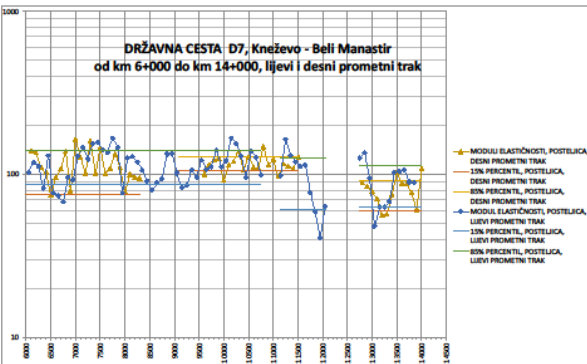


Slika 25. Modul elastičnosti nevezanog mehanički zbijenog nosivog sloja, državna cesta DC7, Kneževo – Beli Manastir, lijevi i desni prometni trak

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije (temeljem podataka FWD mjerenja)

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE



Slika 26. Modul elastičnosti posteljice sa naznačenim područjem unutar kojeg se nalazi 85% svih vrijednosti, državna cesta DC7, Kneževo – Beli Manastir, lijevi i desni prometni trak

Stanje postojeće kolničke konstrukcije projektnim je zadatkom definirano kao vrlo loše. Kolnik je ispresjecan izraženim poprečnim i mrežastim pukotinama koje su popravljane presvlačenjem habajućeg sloja novim slojem asfalta. U projektnom se zadatku, također, spominje da na dijelu trase u naselju Branjin Vrh, pukotine i mjestimični kolotrazi onemogućuju kvalitetnu površinsku odvodnju. Opisano stanje kolnika ukazuje na pojavu umora materijala kolničke konstrukcije kao i nedovoljnu nosivost kolnika u cjelini. Uzrok pojavi kolotraga kao i mrežastih pukotina, vjerojatno, između ostalog, leži u činjenici da je količina sitnih čestica u nevezanom mehanički zbijenom sloju visoka, što pospješuje kapilarno dizanje vode u ovaj sloj, čime mu se smanjuje nosivost i povećava deformabilnost a što opet pogoduje pojavi opisanih oštećenja na površini kolnika. Prodiranje vode s površine kolnika, uslijed smanjene mogućnosti odvodnje također djeluje na smanjenje nosivosti nevezanog mehanički zbijenog nosivog sloja, posebice u periodu proljeća i jeseni.

Obzirom na utvrđeno loše stanje postojeće kolničke konstrukcije kao i saznanja o kvaliteti sloja tucanika, tamponskog sloja te cementom stabiliziranog nosivog sloja male debljine, projektnim se rješenjem predviđelo njihovo uklanjanje te eventualna uporaba kao materijala za izradu nasipa, odnosno posteljice na dijelovima proširenja kolnika. Iz tog razloga, ovi se slojevi nisu razmatrali prilikom analize modula elastičnosti.

Na slikama 24, 25 i 26 rezultati proračuna modula elastičnosti prikazani su za oba prometna traka, lijevi i desni kako bi dobivene rezultate bilo lakše usporediti.

Detaljnija analiza je provedena za nasipni sloj odnosno sloj izrađen od slaganog kamena koji su za daljnje proračune smatrani posteljicom rekonstruirane kolničke konstrukcije, slika 26.

Rješenjem je, na dijelu predmetne dionice na kojem se predviđa zadržavanje jednog dijela postojeće konstrukcije, predviđena izrada mehanički zbijenog nosivog sloja debljine 20 cm na koji će se izraditi nosivi sloj od recikliranog asfalta debljine 15 cm (na postrojenju - in plant) te dva sloja asfalta nosivi debljine 10 cm i habajući debljine 4 cm. Mjesta lokalnih oštećenja (mjesta pojave ekstremno visokih defleksija) potrebno je prije izvedbe slojeva kolničke konstrukcije ocijeniti te prema potrebi sanirati.

DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir

38

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

Na dijelu na kojem se predviđa izrada potpuno nove kolničke konstrukcije, ukoliko to bude potrebno, provesti će se zamjena materijala posteljice kako bi se dobila kvalitetna podloga mehanički zbijenom nosivom sloju od zrnatog kamenog materijala (alternativa ovom rješenju može biti odvajanje materijala posteljice od mehanički zbijenog nosivog sloja geotekstilom). Na uređenu posteljicu izvesti će se mehanički zbijenom nosivom sloju od zrnatog kamenog materijala debljine 40 cm a na koji će se izvesti dva sloja asfalta, nosivi debljine 10 cm i habajući sloj debljine 4 cm.

1.3. Dimenzioniranje kolničkih konstrukcija

Osnovni cilj dimenzioniranja kolničke konstrukcije sastoji se u odabiru vrste i debljine pojedinih slojeva tako da se osigura zadovoljavajuća razina uporabivosti kolničkog zastora za predviđeni projektni period i planirano prometno opterećenje.

Ovisno o veličini prometnog opterećenja (razredu) i kategoriji prometnice u okviru postupka dimenzioniranja provodi se izbor kolničke konstrukcije u cjelini a posebno završnih asfaltnih slojeva. Na sam postupak dimenzioniranja utječu lokalni uvjeti (klimatski i hidrološki), nosivost tla posteljice, donjeg ustroja ili temeljnog tla kao i ujednačenost nosivosti na razini posteljice u periodu odmrzavanja, zatim prometno opterećenje (maksimalni osovinski opterećenje, broj prolaza i struktura osovinskih opterećenja), predviđena razina usluge prometnice, sigurnost korisnika i ekonomičnost izgradnje te svojstva materijala predviđenih za izradu pojedinih slojeva kolničke konstrukcije, njihova nosivost i kvaliteta gradnje.

Postupak dimenzioniranja mora omogućiti razmatranje svih materijala kojima graditelji mogu raspolagati u području kroz koje prometnica prolazi kao i razmatranje kolničkih konstrukcija različitih po koncepciji ali istih tehničkih vrijednosti.

Dakle, u okviru postupka dimenzioniranja potrebno je definirati geometriju i sastav kolničke konstrukcije koja je dovoljno otporna na utjecaje pokretnih opterećenja, po kojoj se može prometovati bez obzira na vremenske utjecaje, koja posjeduje ravan i hrapav zastor koji omogućuje sigurnu i udobnu vožnju bez stvaranja prekomjerne razine buke i koja osigurava mogućnost prijelaza predviđenog broja prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja, odnosno koja je trajna i otporna na djelovanje prometnog opterećenja u predviđenom projektnom periodu uz jednostavno održavanje i troškove u okviru planiranih pri projektiranju.

1.3.1. Mjerodavni parametri

Dimenzioniranje kolničkih konstrukcija izrađen je uzevši u obzir sljedeće utjecajne parametre: projektni period

- vozna sposobnost površine kolnika na kraju projektnog perioda
- prometno opterećenje
- klimatsko-hidrološki uvjeti
- nosivost materijala posteljice
- kvaliteta primijenjenih materijala u kolničkoj konstrukciji propisana u skladu sa Osnovnim tehničkim uvjeti za kakvoću materijala i izvedbu kolničke konstrukcije.

Projektni period

Projektni period je vremenski period izražen u godinama za koji je kolnička konstrukcija dimenzionirana. Pri kraju projektnog perioda ona se može racionalno popraviti i osposobiti za daljnju upotrebu.

U ovom je projektu dimenzioniranje kolničke konstrukcije dionice 001 državne ceste DC7, Kneževo-Beli Manastir provedeno za projektni period od 20 godina, tj. od 2022. do 2042. godine.

DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir

39

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

Vozna sposobnost površine kolnika na kraju projektnog perioda

Vozna sposobnost površine kolnika procjenjuje se preko indeksa vozne sposobnosti "p" čija je vrijednost 5,0 za nove i idealno ravne kolnike, a $p = 0$ za potpuno uništene kolnike po kojima vožnja više nije moguća.

Prema standardu za dimenzioniranje, usvojena je najmanja vrijednost vozne sposobnosti površine kolnika pri kraju projektnog perioda $p_k = 2,5$.

Klimatsko - hidrološki uvjeti

Utjecaj klimatsko-hidroloških uvjeta na nosivost kolničke konstrukcije uzima se u obzir preko regionalnog faktora "R". Njegove vrijednosti kreću se od 0,5 do 5,0 pri čemu su veće vrijednosti nepovoljnije.

U konkretnom slučaju uzeta je u proračun veličina regionalnog faktora $R=2,0$, što odgovara kontinentalnoj klimi istočne Slavonije.

Nosivost materijala posteljice

Jedan od najvažnijih parametara koji utječe na geometriju kolničke konstrukcije je nosivost tla podloge odnosno posteljice. Nosivost tla pak ovisi o vrsti tla, sadržaju vlage u njemu i stupnju zbijenosti (gustoći) postignutom tijekom gradnje. Iz tog je razloga neophodno da je posteljica, bilo da se nalazi u usjeku ili nasipu, oblikovana i zbijena u skladu s važećim zahtjevima.

U okviru ovog projekta, pored podataka istražnih radova prilikom karakterizacije nosivosti korišteni su interpretirani podaci mjerenja nosivosti kolničke konstrukcije FWD uređajem. Prilikom dimenzioniranja kolničke konstrukcije kao reprezentativna vrijednost modula elastičnosti posteljice, uzeta je vrijednost koja statistički odgovara 85% percentilu svih vrijednosti, odnosno vrijednost od koje je veće 85% svih proračunom dobivenih vrijednosti.

Prometno opterećenje

Proračun prometnog opterećenja predmetne dionice državne ceste DC7, Kneževo – Beli Manastir, proveden je na temelju podataka iz knjige "Brojenje prometa na cestama Republike Hrvatske" za 2019. godinu.

Ukupni broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja na predmetnoj prometnici (državna cesta DC7) za 2019. godinu prikazan je u tablici 1. Na brojačkom mjestu 2501, Duboševica, promet se prilikom brojenja razvrstava u 9 kategorija (skupina) prema brojačkom obrascu: motocikli (A1), osobna vozila (A2), osobna vozila s prikolicom (A3), kombi vozila sa i bez prikolice (A4), manja teretna vozila, <3 t (B1), srednja teretna vozila 3 t – 7 t (B2), teška teretna vozila >7 t (B3), teška teretna vozila i tegljač s prikolicom i poluprikolicom (B4) te autobusi (C1).

Udio pojedinih kategorija vozila u PGDP-u, prema podacima ovog brojačkog mjesta iznosi:

- motocikli (A1) – 1,36%
- osobna vozila sa ili bez prikolice (A2) – 62,67%,
- kombi vozila sa i bez prikolice (A3) – 7,73%
- manja teretna vozila, <3 t (B1) – 1,91%;
- srednja teretna vozila 3 t – 7 t (B2) – 0,72%;
- teška teretna vozila >7 t (B3) – 0,44%;
- teška teretna vozila sa prikolicom (B4) – 2,35%;
- tegljači (B5) – 21,62%;
- autobusi (C1) – 1,20%.

Prosječni godišnji dnevni promet (PGDP) na državnoj cesti DC7, iznosi 1412 vozila. Iako ovakav broj PGDP ne ukazuje da je DC7, Kneževo – Beli Manastir, značajno opterećena prometnica, iz

DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir

40

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije (temeljem podataka FWD mjerenja)

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7 PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

postotnog udjela pojedinih kategorija vozila (posebice kategorije B3, B4 te C1) vidi se da ova prometnica predstavlja važan prometni pravac za teretni promet prema Mađarskoj. U daljnjim analizama u obzir nisu uzeti motocikli, osobna vozila, kombi vozila te manja teretna vozila, zbog vrlo malog utjecaja na kolničku konstrukciju u odnosu na teretna vozila. Ukupni broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja za predmetnu prometnicu, državnu cestu DC7, Kneževo – Beli Manastir, prikazan je u tablici 8. Posljednjih godina stopa rasta prometa na ovoj prometnici bliska je nuli, odnosno PGDP je bio na istoj razini. Kako se u narednom periodu, od maksimalno 2 godine, očekuje otvaranje autoceste na koridoru Vc između mosta Halasica i grada Beli Manastir, realno je za pretpostaviti da će se velik dio, posebice teretnog prometa preseliti na novoizgrađenu prometnicu. Stoga je u daljnjim proračunima broj teških teretnih vozila sa prikolicom (B4) te tegljača sa prikolicom (B5) smanjen za 40%. Ukupni broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja, izračunan uz ovu pretpostavku, za predmetnu prometnicu, državnu cestu DC7, Kneževo – Beli Manastir, prikazan je u tablici 9.

Tablica 8. Ukupni broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja za državnu cestu DC7, brojačko mjesto 2501, Duboševica, 2019. godina

Kategorija vozila	Udio u PGDP	Broj vozila	Faktor ekvivalencije	Broj prijelaza ekvivalentnih 80 kN
A3	7,73%	109	0,8	87
B1	1,91%	27	1,1	30
B2	0,72%	10	1,3	13
B3	0,44%	6	1,6	10
B4	2,35%	33	1,6	53
B5	21,62%	305	1,9	641
C1	1,20%	17	1,7	29
				865

Tablica 9. Ukupni broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja (broj vozila kategorije B4 i B5 smanjen za 40%) za državnu cestu DC7, brojačko mjesto 2501, Duboševica, 2021. godina

Kategorija vozila	Udio u PGDP	Broj vozila	Faktor ekvivalencije	Broj prijelaza ekvivalentnih 80 kN
A3	7,73%	109	0,8	87
B1	1,91%	27	1,1	30
B2	0,72%	10	1,3	13
B3	0,44%	6	1,6	10
B4	2,35%	23	1,6	32
B5	21,62%	213	1,9	348
C1	1,20%	17	1,7	29
				548

Za 20-godišnji projektni period, prognozirani pad broja teretnih vozila te predviđeni porast broja vozila ostalih kategorija od 0% (koeficijent množenja za 20 godišnji projektni period 20,00), za potrebe proračuna kolničkih konstrukcija predmetne dionice državne ceste DC7, Kneževo – Beli Manastir, proračunat je sljedeći broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja:

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7 PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

Tu = 548·365·20·0,5 = 2,00·10⁶ prijelaza standardnog ekvivalentnog 80 kN osovinskog opterećenja (teško prometno opterećenje).

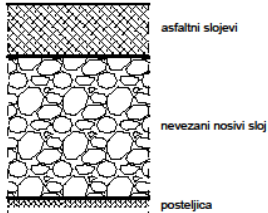
1.3.2. Proračun kolničke konstrukcije

U nastavku je provedeno dimenzioniranje kolničke konstrukcije državne ceste DC7, Kneževo Beli Manastir na dionici od km 6+000 m do km 14+000 m.

1.3.2.1. Segment dionice državne ceste DC7, Kneževo – Beli Manastir, od km 6+000 m do km 11+500 m

Proračun kolničke konstrukcije prema HRN U.C4.012.

Uvažavajući namjenu površine kao i pretpostavljeni broj i strukturu vozila u dogovoru s investitorom za ovaj je segment (od km 6+000 m do km 11+500 m) državne ceste Kneževo – Beli Manastir odabrana kolnička konstrukcija s nosivim slojem od recikliranog asfaltnog materijala izvedenog na nevezanom nosivom sloju. Kako dimenzioniranje kolničke konstrukcije takvog sastava slojeva nije definirano normom HRN U.C4.012, dimenzioniranje kolničke konstrukcije provedeno je na način kao da se radi o kolničkoj konstrukciji tipa 1 prema oznakama iz norme (slika 27) nakon čega je ukupna debljina nevezanog mehanički zbijenog nosivog sloja podijeljena pomoću koeficijenta ekvivalencije na debljinu sloja od recikliranog asfaltnog materijala i preostalu debljinu nevezanog nosivog sloja.



Slika 27. Sastav kolničke konstrukcije tipa 1 prema HRN U.C4.012.

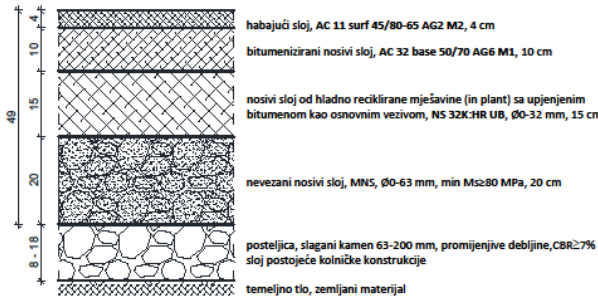
Debljina mehanički zbijenog nosivog sloja određena je grafički, iz dijagrama danog u standardu HRN U.C4.012. Ukupna debljina nevezanog mehanički zbijenog nosivog sloja, za ukupno ekvivalentno prometno opterećenje u 20-godišnjem projektnom periodu Tu=2,00·10⁶ prijelaza 80 kN osovina i nosivost posteljice CBR=7% iz dijagrama po HRN metodi iznosi:

- ukupna debljina asfaltnih slojeva 13,0 cm
- debljina MNS-a 38,0 cm.

Ukupna debljina asfaltnih slojeva, određena iz dijagrama odnosi se na odabranu asfaltnu mješavinu prosječne kvalitete između standardne asfaltbetonske mješavine i mješavine od bitumenizirane kamene sitneži a za koju koeficijent zamjene iznosi 0,38. Debljine pojedinih slojeva od odabranih asfaltnih mješavina proračunate su iz ukupne debljine asfaltnih slojeva pomoću koeficijentata zamjene materijala pri čemu se vodilo računa o najmanjim tehnološkim debljinama slojeva, a koje su utvrđene tehničkim uvjetima i odgovarajućim standardima. Za odabranu debljinu habajućeg sloja 4 cm, proračunom je dobivena debljina nosivog sloja 10 cm. Kako je predviđena izvedba nosivog sloja od recikliranog asfaltnog materijala (reciklaža in-plant) prilikom određivanja debljine slojeva kolničke konstrukcije predviđena je minimalna debljina

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7 PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

nosivog sloja od mehanički zbijenog zrnatog kamenog materijala (20 cm) dok je preostali dio ukupne debljine MNS-a (18,0 cm) pretvoren pomoću faktora ekvivalencije (0,70) u debljinu nosivog sloja izvedenog od reciklažnog asfalta koja iznosi 12,60 cm. Debljina sloja izvedenog od reciklažnog asfalta odabrana je 15 cm kako bi se bilo na strani sigurnosti.



Slika 28. Poprečni presjek kolničke konstrukcije od km 6+000 m do km 11+500 m

Odabrana projektirana kolnička konstrukcija državne ceste D7, od Kneževa do Belog Manastira prikazana je na slici 28. Asfaltbetonsku mješavinu za habajući sloj zbog značajnog udjela vozila kategorije B4, B5 i C1 potrebno je izvesti s polimerom modificiranim bitumenskim vezivom.

Provjera dimenzija slojeva odabrane kolničke konstrukcije prema AASHO Interim Guide

Ulazni parametri za određivanje strukturnog broja konstrukcije su sljedeći:

- prometno opterećenje Tu = 2,14·10⁶ prijelaza 80 kN osovina
- nosivost materijala posteljice (CBR=7%) S = 5,4
- regionalni faktor R = 2,0
- vozna sposobnost kolnika na kraju projektnog perioda p = 2,5

Potreban strukturni broj kolničke konstrukcije, uzimajući navedene ulazne parametre iznosi:

$$SN_{potr} = 3,5 \text{ inch} = 8,89 \text{ cm.}$$

Kolnička konstrukcija, sastava i debljine slojeva prema slici 28. prema AASHO Interim Guide-u, ima sljedeći strukturni broj:

- asfaltbeton 4,0 cm · 0,44 = 1,68 cm
 - bitumenizirani nosivi sloj 10,0 cm · 0,34 = 3,40 cm
 - nosivi sloj od hladno reciklirane mješavine (in plant) 15,0 cm · 0,28 = 4,20 cm
 - nevezani nosivi sloj, MNS 20,0 cm · 0,13 = 2,60 cm
- SN_{konstr.} = 11,88 cm

Strukturni broj kolničke konstrukcije, odabranih debljina i sastava slojeva veći je od potrebnog SN_{konstr.} > SN_{potr.} (11,88 cm > 8,89 cm).

Drugim riječima, pretpostavljena kolnička konstrukcija zadovoljava kriterije nosivosti prema ovoj metodi dimenzioniranja.

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije (temeljem podataka FWD mjerenja)

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

1.3.2.2. Segment dionice državne ceste DC7, Kneževo – Beli Manastir, od km 11+500 m do km 14+000

Proračun kolničke konstrukcije prema HRN U.C4.012.

Na dijelu državne ceste Kneževo – Beli Manastir od km 11+500 m do km 14+000 m mjerenja defleksija pokazala su značajne varijacije u nosivosti kolničke konstrukcije. Izmjerene su se defleksije značajno razlikovale od defleksija na prvom dijelu dionice.

Defleksije su na ovom segmentu bile značajno veće, posebice one kojima se karakterizira nosivost posteljice. Iz tog je razloga, u cilju omogućavanja poduzimanja mjera poboljšanja nosivosti posteljice odabrano rješenje potpunog uklanjanja slojeva postojeće kolničke konstrukcije te izrada kolničke konstrukcije tipa 1 prema oznakama iz norme HRN U.C4.012, slika xx, sa mehanički zbijenim nosivim slojem na kojem se izrađuju asfaltni slojevi.

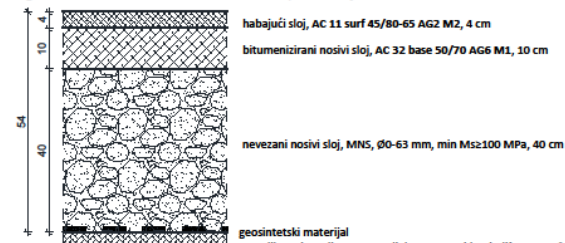
Za ukupno ekvivalentno prometno opterećenje u 20-godišnjem projektnom periodu $T_{\text{u}}=1,58 \cdot 10^6$ prijelaza 80 kN osovina i nosivost posteljice $\text{CBR} \geq 5\%$ iz dijagrama po HRN metodi proizlazi:

- ukupna debljina asfaltnih slojeva 13,0 cm
- debljina MNS-a min. 45,0 cm

Debljine pojedinih slojeva od odabranih asfaltnih mješavina odabrane su identičnima onima na prvom dijelu dionice, debljina habajućeg sloja 4 cm te debljina nosivog sloja 10 cm.

Debljina mehanički zbijenog nosivog sloja određena je grafički, iz dijagrama danog u HRN U.C4.012. Ukupna debljina nevezanog mehanički zbijenog nosivog sloja, određena iz ovog dijagrama, iznosi 46,0 cm. Kako se na razini posteljice postavlja geosintetski razdvajajući sloj, debljinu nevezanog, mehanički zbijenog nosivog sloja dozvoljava se smanjiti i do 30%. Usvojena je debljina nevezanog nosivog sloja 40 cm (smanjenje 11%). Na taj je način optimizirana debljina ovog sloja kolničke konstrukcije a ujedno dobivene dostatne debljine kolničke konstrukcije otporne na djelovanje smrznutice.

Odabrana, projektirana, nova kolnička konstrukcija državne ceste DC7, Kneževo – Beli Manastir, segmenta od km 11+500 m do km 14+000 m prikazana je na slici 6.



Slika 29. Poprečni presjek kolničke konstrukcije, od km 11+500 m do km 14+000

Provjera dimenzija slojeva odabrane kolničke konstrukcije prema AASHTO Interim Guide

Ulazni parametri za određivanje strukturnog broja konstrukcije su sljedeći:

- prometno opterećenje $T_u = 2,14 \cdot 10^6$ prijelaza 80 kN osovina
- nosivost materijala posteljice ($\text{CBR} = 5\%$) $S = 4,75$
- regionalni faktor $R = 2,0$
- vozna sposobnost kolnika na kraju projektnog perioda $p = 2,5$

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

Potreban strukturni broj kolničke konstrukcije, uzimajući navedene ulazne parametre iznosi:

$$SN_{\text{potr}} = 3,90 \text{ inch} = 9,91 \text{ cm.}$$

Kolnička konstrukcija tipa 1, sastava i debljine slojeva prema slici 27. prema AASHTO Interim Guide-u, ima sljedeći strukturni broj:

- asfaltbeton $4,0 \text{ cm} \cdot 0,44 = 1,68 \text{ cm}$
- bitumenizirani nosivi sloj $10,0 \text{ cm} \cdot 0,38 = 3,80 \text{ cm}$
- nevezani nosivi sloj, MNS $40,0 \text{ cm} \cdot 0,12 = 4,80 \text{ cm}$

$$SN_{\text{konstr.}} = 10,28 \text{ cm}$$

Strukturni broj kolničke konstrukcije, odabranih debljina i sastava slojeva veći je od potrebnog

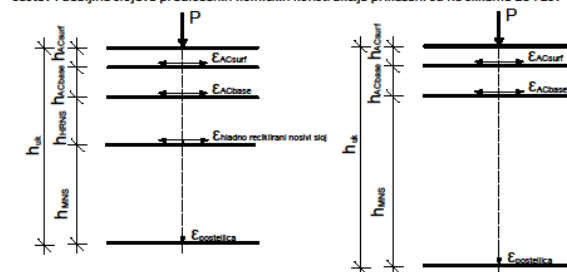
$$SN_{\text{konstr.}} > SN_{\text{potr.}} (10,28 \text{ cm} > 9,91 \text{ cm}).$$

Drugim riječima, pretpostavljena kolnička konstrukcija zadovoljava kriterije nosivosti prema ovoj metodi dimenzioniranja.

1.3.3. Analiza strukturalnog kapaciteta kolničke konstrukcije

Uvažavajući podatke o sastavu i kvaliteti materijala zadržanih slojeva postojećih kolničkih konstrukcije dobivenih interpretacijom podataka mjerenja FWD uređajem kao i novo projektiranih konstrukcija u nastavku je provedena provjera njihovog strukturalnog kapaciteta.

Sastav i debljina slojeva predloženih kolničkih konstrukcija prikazani su na slikama 28 i 29.



Slika 30. Kritični presjeci u kojima će se izračunati naprezanja/deformacije u kolničkoj konstrukciji

U okviru provedene analize strukturalnog kapaciteta projektiranih kolničkih konstrukcija u prvom su koraku određene veličine naprezanja i deformacija koje se uslijed djelovanja prometnog opterećenja javljaju u pojedinim kritičnim presjecima projektiranih kolničkih konstrukcija korištenjem računalnog programa BISAR (Shell B.V.). Prilikom proračuna, za zadržane slojeve postojeće kolničke konstrukcije korištene su reprezentativne vrijednosti modula elastičnosti dobivene interpretacijom rezultata mjerenja uređajem s padajućim teretom (FWD).

Kod odabrane kolničke konstrukcije za prvog segmenta dionice Kneževo – Beli Manastir, od km 6+000 m do km 11+500 m proračunana je

- horizontalna vlačna deformacija uslijed savijanja u slojevima asfalta,
- horizontalna vlačna deformacija uslijed savijanja s donje strane nosivog sloja od hladno reciklirane mješavine (in plant) sa upjenjenim bitumenom kao osnovnim vezivom te
- vertikalna deformacija na razini posteljice,

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7

PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

Kod kolničke konstrukcije drugog segmenta (od km 11+500 m do km 14+000) koji odgovara kolničkoj konstrukciji tipa 1 prema HRN U.C4.012 potrebno je provjeriti

- horizontalnu vlačnu deformaciju uslijed savijanja u slojevima asfalta te
- vertikalnu deformaciju na razini posteljice.

Pri proračunu naprezanja i deformacija koje se javljaju u pojedinim slojevima kolničke konstrukcije svaki je sloj karakteriziran fizičko-mehaničkim svojstvima materijala od kojeg je izrađen, proračunatom vrijednosti modula elastičnosti slojeva postojeće kolničke konstrukcije i Poissonovim koeficijentom. Fizikalna obilježja posteljice i gradiva odabranih kolničkih konstrukcija, navedena su u tablici 10.

Pri analizama se razmatraju tri varijante ulaznih parametara

- stanje u ljeti
- stanje u proljeće i jesen
- stanje zimi

Opterećenje mjerodavno za proračun deformacija u kolničkim konstrukcijama je stražnja osovina teretnog vozila s osovinskim opterećenjem od 80 kN. Pri proračunu se uzima da se opterećenje prenosi preko dvostrukog kotača, uz unutarnji tlak zraka od 0,7 MPa.

Tablica 10. Fizikalna obilježja posteljice i gradiva

Fizikalna obilježja posteljice i gradiva		Zima -10-0°C	Proljeće-jesen 10-15°C	Ljeto >20°C
Habajući sloj	Edin [MPa]	8000	4500	3000
	v	0,35	0,42	0,47
Bitumenizirani nosivi sloj	Edin [MPa]	6000	4000	3500
	v	0,37	0,39	0,43
Nosivi sloj od recikliranog asfaltnog materijala	Edin [MPa]	2700	2700	2700
	v	0,35	0,35	0,35
Nevezani nosivi sloj, MNS (postojeći sloj)	Edin [MPa]	500	400	600
	v	0,25	0,25	0,25
Posteljica, segment 1, od km 6+000 m do km 11+500 m	Edin [MPa]	70		
	v	0,25		
Posteljica, segment 2 od km 11+500 m do km 14+000 m	Edin [MPa]	50		
	v	0,25		

Ispis rezultata proračuna naprezanja i deformacija u kritičnim presjecima kolničkih konstrukcija pomoću računalnog programa BISAR nalazi se u prilogu. Zbog preglednosti, podaci o naprezanjima i deformacijama u analiziranoj kolničkoj konstrukciji, relevantni za ocjenu njene trajnosti i stabilnosti kao i podaci o dopuštenom broju ponavljanja opterećenja prikazani su u tablicama 11 i 12.

Za proračunate vrijednosti naprezanja i deformacija u kritičnim presjecima kolničkih konstrukcija proveden je proračun dopuštenog broja prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja (strukturni kapacitet pojedinih slojeva kolničke konstrukcije).

Dopušteni broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja određen je za asfaltna slojeve pomoću računalnog programa BANDS PC, Shell Research B.V., The Hague, za nosivi sloj od hladno reciklirane mješavine sa upjenjenim bitumenom kao osnovnim vezivom izraz Nottingham instituta, dok je za postelnicu određeno temeljem izraza Edwardsa i Walkeringa.

Proračunate dopuštene vrijednosti broja prijelaza standardnog ekvivalentnog 80 kN osovinskog opterećenja za svaki sloj, uspoređene su sa ukupnim brojem prijelaza istog opterećenja u periodu eksploatacije konstrukcije (20 godina), od 2022. do 2042. godine.

Primjer projekta rekonstrukcije kolničke konstrukcije (temeljem podataka FWD mjerenja)

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7 PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

Tablica 11. Rezultati proračuna naprezanja i deformacija računalnim programom BISAR te dopušteni broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja segment dionice od km 6+000 m do km 11+500 m

DC7, Kneževo – Beli Manastir, od km 6+000 m do km 11+500 m						
sloj	d [mm]	E [MPa]	μ [-]	naprezanja i deformacije		dopusćeni broj prijelaza
zimna						
Habaјуći sloj	40	8000	0,35	-0,4492	-10,37	>100*10 ⁶
Nosivi sloj	100	6000	0,37	0,2684	43,21	1,27*10 ⁶
Hladno reciklirani nosivi sloj	150	2300	0,45	0,1866	64,66	2,85*10 ⁶
Mehanički zbijeni nosivi sloj	200	500				
posteljica, sloj od lomljenog kamena	-	70	0,35	-0,0130	-68,96	2,72*10 ¹⁰
proljeće – jesen						
Habaјуći sloj	40	4500	0,47	-0,4971	-6,70	>100*10 ⁶
Nosivi sloj	100	4000	0,43	0,1696	50,47	1,21*10 ⁶
Hladno reciklirani nosivi sloj	150	2000	0,45	0,1949	78,61	1,38*10 ⁶
Mehanički zbijeni nosivi sloj	200	400				
posteljica, sloj od lomljenog kamena	-	70	0,35	-0,0151	-86,17	1,11*10 ¹⁰
ljetno						
Habaјуći sloj	40	3000	0,42	-0,5358	5,25	>100*10 ⁶
Nosivi sloj	100	3500	0,39	0,0148	36,13	8,18*10 ⁶
Hladno reciklirani nosivi sloj	150	2700	0,45	0,2070	62,47	2,54*10 ⁶
Mehanički zbijeni nosivi sloj	200	600				
posteljica	-	70	0,35	0,0140	-68,67	2,76*10 ¹⁰

Tablica 12. Rezultati proračuna naprezanja i deformacija računalnim programom BISAR te dopušteni broj prijelaza standardnog ekvivalentnog osovinskog opterećenja segment dionice od km 11+500 m do km 14+500 m

DC7, Kneževo – Beli Manastir, od km 11+500 m do km 14+000 m						
sloj	d [mm]	E [MPa]	μ [-]	naprezanja i deformacije		dopusćeni broj prijelaza
zimna						
Habaјуći sloj	40	8000	0,35	-0,4993	-16,26	>100*10 ⁶
Nosivi sloj	100	6000	0,37	0,7550	93,80	2,63*10 ⁶
Mehanički zbijeni nosivi sloj	400	500	0,25			
posteljica	-	50	0,25	-0,0122	-262,60	1,29*10 ⁸
proljeće – jesen						
Habaјуći sloj	40	4500	0,47	-0,5534	-17,87	>100*10 ⁶
Nosivi sloj	100	4000	0,43	0,6810	126,80	1,21*10 ⁶
Mehanički zbijeni nosivi sloj	400	400	0,25			
posteljica	-	50	0,25	-0,0145	-313,17	6,39*10 ⁷
ljetno						
Habaјуći sloj	40	3000	0,42	-0,5876	-9,39	>100*10 ⁶
Nosivi sloj	100	3500	0,39	0,4821	107,90	3,44*10 ⁶
Mehanički zbijeni nosivi sloj	400	600	0,25			
posteljica	-	50	0,25	0,0127	-274,80	1,08*10 ⁸

Pri određivanju vrijednosti dopuštenih naprezanja/deformacija, odnosno odgovarajućeg dopuštenog broja ponavljanja opterećenja ukupno je prometno opterećenje raspodijeljeno prema vremenskim periodima u kojima su računana naprezanja/deformacije u konstrukciji, i to:

- zimi 15 % 4,00*10²
- proljeće i jesen 50 % 1,00*10⁶
- ljeti 35 % 6,00*10²

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7 PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

Ispis rezultata proračuna dopuštenog broja ponavljanja opterećenja u asfaltnim slojevima analiziranih kolničkih konstrukcija pomoću računalnog programa BENDS PC nalazi se u prilogu.

1.3.4. Proračun iskorištenosti kolničke konstrukcije

Svojstva materijala u kolničkoj konstrukciji mijenjaju se tokom godine zbog promjena temperature i vlažnosti materijala. Radi toga je potrebno provesti proračun iskorištenja konstrukcije primjenom hipoteze Minera. Prema toj hipotezi do kumulativnog propadanja kolničke konstrukcije pod prometnim opterećenjem dolazi ukoliko je

$$\sum \frac{n_i}{N_i} < 1$$

gdje je n_i stvarni broj prijelaza opterećenja a N_i mogući (dopusćeni) broj prijelaza opterećenja. Za proračun iskorištenja konstrukcije primjenom hipoteze Minera korištene su vrijednosti dozvoljenog broja ponavljanja programom BISAR dobivenih deformacija odnosno naprezanja u pojedinim, kritičnim presjecima kolničke konstrukcije, navedene u tablicama 5 i 6. Proračunom iskorištenja konstrukcije prema hipotezi Minera za pojedine slojeve kolničke konstrukcije dobiveni su sljedeći rezultati:

državna cesta DC7, Kneževo – Beli Manastir, od km 6+000 m do km 11+500 m

habajući sloj asfalta

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = \frac{4,00 * 10^5}{\infty} + \frac{1,00 * 10^6}{\infty} + \frac{6,00 * 10^5}{\infty} = 0 < 1$$

bitumenizirani nosivi sloj

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = \frac{4,00 * 10^5}{1,27 * 10^9} + \frac{1,00 * 10^6}{1,21 * 10^9} + \frac{6,00 * 10^5}{8,18 * 10^9} = 1,22 * 10^{-3} < 1$$

reciklaža

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = \frac{4,00 * 10^5}{2,96 * 10^8} + \frac{1,00 * 10^6}{1,59 * 10^8} + \frac{6,00 * 10^5}{2,81 * 10^8} = 9,79 * 10^{-1} < 1$$

posteljica

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = \frac{4,00 * 10^5}{2,72 * 10^{10}} + \frac{1,00 * 10^6}{1,11 * 10^{10}} + \frac{6,00 * 10^5}{2,76 * 10^{10}} = 1,26 * 10^{-4} < 1$$

državna cesta DC7, Kneževo – Beli Manastir, od km 11+500 m do km 14+000 m

habajući sloj asfalta

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = \frac{4,00 * 10^5}{\infty} + \frac{1,00 * 10^6}{\infty} + \frac{6,00 * 10^5}{\infty} = 0 < 1$$

bitumenizirani nosivi sloj

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = \frac{4,00 * 10^5}{2,63 * 10^7} + \frac{1,00 * 10^6}{1,21 * 10^7} + \frac{6,00 * 10^5}{3,44 * 10^7} = 1,15 * 10^{-1} < 1$$

posteljica

$$\sum \frac{n_i}{N_i} = \frac{4,00 * 10^5}{1,29 * 10^8} + \frac{1,00 * 10^6}{6,39 * 10^7} + \frac{6,00 * 10^5}{1,08 * 10^8} = 2,43 * 10^{-2} < 1$$

Kako su proračunom iskorištenja konstrukcije prema hipotezi Minera za pojedine slojeve kolničkih konstrukcija (habajući i nosivi sloj izrađeni od asfaltna mješavine, nosivi sloj od hladno reciklirane mješavine sa upjenjenim bitumenom kao osnovnim vezivom te posteljice) dobivene vrijednosti koje su redom manje od 1 može se zaključiti da u analiziranim kolničkim

REKONSTRUKCIJA DRŽAVNE CESTE DC7 PROJEKT KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

konstrukcijama neće doći do kumulativnog propadanja pod djelovanjem prometnog opterećenja.

1.3.5. Provjera kolničkih konstrukcija na djelovanje smrzavanja

Zbog zaštite od smrzavanja ukupna debljina kolničke konstrukcije prema rezultatima istraživačkog projekta "Određivanje indeksa smrzavanja za državne ceste i ublažavanje učinka smrzavanja na kolničke konstrukcije" (2715-1-0970/02), koji je financiran od strane Hrvatskih cesta d.o.o., publiciranom u časopisu Građevinar pod naslovom „Određivanje dubine smrzavanja tla ispod kolničke konstrukcije“, tablica 2: Prikaz vrijednosti indeksa smrzavanja zraka ISZ i vrijednosti dubina smrzavanja DS (m) određenih prema švicarskim normama i AASHTO smjernicama, minimalna potrebna debljina kolničke konstrukcije izračunana prema švicarskoj metodi, treba, za područje na kojem se nalazi predmetna dionica državne ceste, biti veća od 50 cm.

Naime, prema podacima mjerne postaje Miholjac dubina smrzavanja tla za područje na kojem se nalazi predmetna dionica državne ceste DC7 iznosi oko 71 cm (prema švicarskoj metodi). Za dubinu smrzavanja od 71 cm pod uvjetom da je posteljica kolničke konstrukcije osjetljiva na smrzavanje, a usvajajući povoljne hidrološke uvjete, minimalna debljina kolničke konstrukcije trebala bi iznositi 70% dubine smrzavanja što odgovara dubini od 50 cm.

Kako su ukupne debljine kolničkih konstrukcija, za oba segmenta predmetne dionice državne ceste Kneževo – Beli Manastir, veće od navedenih 50 cm može se zaključiti da zadovoljavaju u pogledu sigurnosti od štetnog djelovanja smrzavanja.

1.3.6. Zaključak

Na temelju svih navedenih činjenica može se zaključiti da su kolničke konstrukcije oba segmenta predmetne dionice državne ceste DC7, Kneževo – Beli Manastir dobro dimenzionirane u smislu njihove mehaničke otpornosti i stabilnosti prema djelovanju prometnog opterećenja kao i da imaju dostatnu debljinu kojom je zajamčena njihova otpornost na djelovanje smrzavice. Ono što treba posebno naglasiti je, da je prilikom izvođenja radova potrebno posvetiti posebnu pažnju lokacijama s uočenim visokim vrijednostima defleksija koje ukazuju na problem lokalne nedovoljne nosivosti.

Prilog 3

Ispis proračuna naprezanja i deformacija
državna cesta DC7, dionica 001, Kneževo – Beli Manastir

km 6+000 m do km 11+500 m

DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir

DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir

Project OCJENA NOSIVOSTI KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

BISAR 3.0 - Block Report
DC7_Knezevo - Beli Manastir, segment 1
System 2: DC7, Knezevo - Beli Manastir, proljeće/ješen



Structure											
Loads											
Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure
1	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03
2	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03
3	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03
4	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03

Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure
1	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03
2	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03
3	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03
4	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03

DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir

Project OCJENA NOSIVOSTI KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

BISAR 3.0 - Block Report
DC7_Knezevo - Beli Manastir, segment 1
System 3: DC7, Knezevo - Beli Manastir, ljeto



Structure											
Loads											
Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure
1	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03
2	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03
3	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03
4	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03

Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure
1	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03
2	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03
3	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03
4	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03

DC7, dionica Kneževo – Beli Manastir

Project OCJENA NOSIVOSTI KOLNIČKE KONSTRUKCIJE

BISAR 3.0 - Block Report
DC7_Knezevo - Beli Manastir, segment 1
System 1: DC7, Knezevo - Beli Manastir, zima



Structure											
Loads											
Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure
1	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03
2	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03
3	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03
4	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03

Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure	Layer Number	Thickness (mm)	Material of Structure
1	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03	0.40	0.00	4.500e+03
2	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03	0.15	0.15	2.000e+03
3	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03
4	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03	0.20	0.20	1.000e+03

Prilog 4

Ispis proračuna naprezanja i del
državna cesta DC7, dionica 001, Knežev
km 11+500 m do km 14+00



BISAR 3.0 - Block Report
DC7_Knezevo - Beli Manastir, segment 2
System 2: DC7, Knezevo - Beli Manastir, projekcija

Structure									
Loads									
Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Load Number	Vertical Load (kN)	Stress (MPa)	Strain (MPa)	Stress (MPa)	Strain (MPa)	Shear Angle (degrees)
1	0.100	1.000E+03	1	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03
2	0.100	1.000E+03	2	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03
3	0.100	1.000E+03	3	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03



BISAR 3.0 - Block Report
DC7_Knezevo - Beli Manastir, segment 2
System 3: DC7, Knezevo - Beli Manastir, Ijelo

Structure									
Loads									
Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Load Number	Vertical Load (kN)	Stress (MPa)	Strain (MPa)	Stress (MPa)	Strain (MPa)	Shear Angle (degrees)
1	0.100	1.000E+03	1	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03
2	0.100	1.000E+03	2	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03
3	0.100	1.000E+03	3	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03



BISAR 3.0 - Block Report
DC7_Knezevo - Beli Manastir, segment 2
System 1: DC7, Knezevo - Beli Manastir, zima

Structure									
Loads									
Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Load Number	Vertical Load (kN)	Stress (MPa)	Strain (MPa)	Stress (MPa)	Strain (MPa)	Shear Angle (degrees)
1	0.100	1.000E+03	1	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03
2	0.100	1.000E+03	2	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03
3	0.100	1.000E+03	3	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03	1.000E+03

Prilog 5

Ispis proračuna dopuštenog broja ponavljanja opterećenja u asfaltnim slojevima kolničke konstrukcije
DC 7, dionica 001, Kneževo – Beli Manastir

segment 1, km 6+000 m do km 11+500 m

Bitumenizirani nosivi sloj, segment 1 od km 6+000 m do km 11+500 m

Zima

	BANDS 2.0 - Asphalt Mix Fatigue Calculations			Page	1
	22/01/2021				
Volume of Bitumen Layer	Asphalt Mix Stiffness MPa	Fatigue Strain $\mu\text{m/m}$	Fatigue Life $\times 1000$		
8.86	2100.000	45.2	1273333.000		

Proljeće/jesen

	BANDS 2.0 - Asphalt Mix Fatigue Calculations			Page	1
	22/01/2021				
Volume of Bitumen Layer	Asphalt Mix Stiffness MPa	Fatigue Strain $\mu\text{m/m}$	Fatigue Life $\times 1000$		
8.86	2100.000	50.5	1215555.333		

Ljeto

	BANDS 2.0 - Asphalt Mix Fatigue Calculations			Page	1
	21/01/2021				
Volume of Bitumen Layer	Asphalt Mix Stiffness MPa	Fatigue Strain $\mu\text{m/m}$	Fatigue Life $\times 1000$		
9.86	2000.000	46.1	8155555.000		

Prilog 6

Ispis proračuna dopuštenog broja ponavljanja opterećenja u asfaltnim slojevima kolničke konstrukcije
DC 7, dionica 001, Kneževo – Beli Manastir
segment 2, km 11+500 m do km 14+000 m

Bitumenizirani nosivi sloj, segment 1 od km 11+500 m do km 14+000 m

Zima

	2150/2021	BANDS 2.0 - Asphalt Mix Fatigue Calculations	Page 1
Volume of Bitumen %wt	Asphalt Mix Stiffness MPa	Fatigue Strain µm/m	Fatigue Life x1000
5.80	6100.00	99.9	26855.333

Proljeće/jesen

	2150/2021	BANDS 2.0 - Asphalt Mix Fatigue Calculations	Page 1
Volume of Bitumen %wt	Asphalt Mix Stiffness MPa	Fatigue Strain µm/m	Fatigue Life x1000
5.80	4600.00	150.9	15190.333

Ljeto

	2150/2021	BANDS 2.0 - Asphalt Mix Fatigue Calculations	Page 1
Volume of Bitumen %wt	Asphalt Mix Stiffness MPa	Fatigue Strain µm/m	Fatigue Life x1000
5.80	3800.00	187.2	31192.333

A 3D white figure is sitting on a large, glossy red letter 'Q'. The figure is leaning back against the curve of the letter, with its hands clasped near its chin. The figure's legs are extended forward, resting on the horizontal bar of the 'Q'. The background is plain white.

**Hvala na
pažnji!**

Pitanja?