

VIŠJA STROKOVNA ŠOLA ACADEMIA,
MARIBOR

DIPLOMSKO DELO

PROBLEMATIKA POŠKODB CEST – VZROKI ZA NASTANEK IN NJENE POSLEDICE

Kandidat: Renato Mulec

Študent izrednega študija

Št. indeksa: 11190122718

Program: Gradbeništvo

Mentor: mag. Aleksander Pirš, univ. dipl. inž. grad.

Maribor, december 2011

IZJAVA O AVTORSTVU DIPLOMSKEGA DELA

Podpisani Renato Mulec, z vpisno številko 11190122718, izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom:

PROBLEMATIKA POŠKODB CEST – VZROKI ZA NASTANEK IN NJENE POSLEDICE

S svojim podpisom zagotavljam, da:

- je predloženo diplomsko delo izključno rezultat mojega dela;
- sem poskrbel, da so dela in mnenja drugih avtorjev, ki jih uporabljam v predloženem delu, navedena oz. citirana skladno s pravili Višje strokovne šole Academia;
- se zavedam, da je plagiatorstvo – predstavljanje tujih del oz. misli kot moje lastne – kaznivo po Zakonu o avtorskih in sorodnih pravicah (Ur. l. RS 16/2007, v nadaljevanju ZAPS), prekršek pa podleže tudi ukrepom VSŠ Academia, skladno z njenimi pravili;
- skladno z 32. a členom ZAPS dovoljujem VSŠ Academia dajanje avtorskega dela na voljo javnosti z objavo diplomskega dela na elektronskem mediju, tj. e-portalu šole.

Maribor, december 2011

Podpis:

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju Višje strokovne šole Academia, mag. Aleksandru Piršu, univ. dipl. inž. grad., za strokovno pomoč in svetovanje pri pisanju diplomskega dela.

Prav tako se zahvaljujem Zavodu za gradbeništvo Slovenije, ki mi je omogočilo študij na Višji strokovni šoli Academia Maribor.

Zahvaljujem se tudi lektorici Tatjani Hren Dizdarević za lektoriranje diplomskega dela.

Veliko zahvalo namenjam mojima staršema in prijateljem za potrpežljivost ter moralno podporo med celotnim študijem.

POVZETEK

V Sloveniji se zaključuje gradnja avtocestnega križa. V javnosti so mnenja o kakovosti in trajnosti naših cest zelo deljena. V strokovni javnosti prevladuje mnenje, da v Sloveniji gradimo kakovostne ceste, medtem ko se predvsem uporabniki cest pritožujejo nad »slabo kakovostjo« naših cest.

Po podatkih Ministrstva za promet se državne ceste v povprečju obnavljajo na vsakih 34 let (ceste se načrtuje za 20 let). Garancijska doba elementov cest je med 2 in 10 let (odvisno od kategorije cest, vrste uporabljenih materialov ...), vendar se po izkušnjah uporabnikov, prve poškodbe lahko pojavijo že pred iztekom garancijske dobe.

Vzroki za nastanek poškodb so zelo različni, in sicer:

- prometna obremenitev;
- klimatski vplivi;
- pomanjkljiva izvedba;
- slabo vzdrževanje;
- neprimerna uporaba.

Najpogostejši vzrok za nastanek poškodb pa je kombinacija zgoraj naštetih dejavnikov.

V diplomski nalogi sem predstavil osnovne vzroke za nastanek poškodb, vrste poškodb in njihove posledice.

Ključne besede: poškodbe cest, sanacija, vzdrževanje cest, razpoke, udarne jame, preoblikovanja, razgraditve, poškodbe površine.

ABSTRACT

Construction of motorway cross is almost finished in Slovenia. The public opinion about the quality and sustainability of our roads is very divided. In professional circles prevails the opinion that we build quality roads, while the common road users complains about "poor quality" of our roads.

According to the Ministry of Transport, the state roads are repaired on average every 34 years (the roads are planned for 20 years). The warranty period for individual elements of the road is between 2 and 10 years (depending on the category of roads, types of materials used ...), but the experience of users shows, the initial damage can occur before the expiry of the warranty period.

The causes for damages on the road are very different:

- traffic load;
- climatic influences;
- inappropriate construction;
- poor maintenance;
- inappropriate use.

The most common cause for damages on the roads, is the combination of the above factors.

In the dissertation I presented the basic causes for damages on the road, types of damages and their consequences.

Keywords: injuries of roads, a rehabilitation, maintenance of roads, cracks, potholes, modifications, decomposition, injuries of surface

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	9
1.1	Naslov diplomske naloge	9
1.2	Opredelitev obravnavane zadeve.....	9
1.3	Namen, cilji in osnovne trditve diplomskega dela	10
1.4	Predvidene metode raziskovanja	10
2	SPLOŠNI OPIS CESTNEGA USTROJA.....	11
2.1	Splošno	11
2.2	Značilni prečni prerez ceste.....	12
2.3	Tipični elementi ceste.....	12
3	GRADNJA CESTE	14
3.1	Spodnji ustroj ceste.....	14
3.2	Zgornji ustroj ceste	14
3.3	Preverjanje kakovosti in nadzor	15
4	POŠKODBE CESTIŠČA	16
4.1	Vzroki za nastanek poškodb	16
4.1.1	Prometna obremenitev	17
4.1.2	Klimatske obremenitve.....	18
4.1.3	Izvedba.....	19
4.1.4	Neprimerna uporaba	24
4.1.5	Neprimerno vzdrževanje.....	25
4.2	Vrste poškodb	26
4.2.1	Preoblikovanje	26
4.2.2	Razgraditve.....	29
4.2.3	Poškodbe površine	32
4.2.4	Razpoke	34
5	PRAKTIČNI PRIMER NASTANKA RAZPOK NA IZBRANI CESTI.....	40
5.1	Splošni podatki o cesti.....	40
5.2	Opis obstoječega stanja ceste	40
5.2.1	Terenske preiskave	41
5.2.2	Preiskave vzorcev vgrajene asfaltne plasti	42
5.3	Laboratorijske preiskave odvzetih vzorcev	43
5.3.1	Laboratorijske preiskave nevezane nosilne plasti	43

5.3.2	Laboratorijske preiskave bituminizirane zmesi	46
5.4	Analiza rezultatov	48
5.4.1	Zemeljska dela	48
5.4.2	Asfaltne plasti in bituminizirana zmes	49
6	PREDLOG SANACIJE POŠKODOVANEGA CESTIŠČA	50
6.1	Osnove	50
6.2	Določitev stanja vozišča pred sanacijo	50
6.3	Priprava podlage pred sanacijo	51
6.4	Sanacija udarne jame	52
6.5	Sanacija razpok in odprtih stikov	53
6.6	Sanacija poškodovanih robov	54
6.7	Izvedba preplastitve	54
6.8	Izvedba ojačitve	55
6.9	Obnova	55
7	ZAKLJUČEK	56
8	LITERATURA IN VIRI	60
8.1	Literatura	60
8.2	Viri	60
8.3	Internetni viri	61

KAZALO SLIK

Slika 1:	Karakteristični prečni prerez ceste v vkopu in nasipu	12
Slika 2:	Primer utrujenosti asfaltne plasti	17
Slika 3:	Primer zdrsa pobočja	19
Slika 4:	Primer preoblikovanja - kolesnice	28
Slika 5:	Primer preoblikovanja - grbina	28
Slika 6:	Primer preoblikovanja - "ptičja kopel"	29
Slika 7:	Primer udarne jame	30
Slika 8:	Primer učinka naftnih derivatov	31
Slika 9:	Primer poškodovanega roba ceste	31
Slika 10:	Primer izstopanja bitumenskega veziva na površino vozišča	33
Slika 11:	Primer zglajenosti površine	33
Slika 12:	Primer mrežnih razpok	35

Slika 13: Primer vzdolžne razpoke na stiku	37
Slika 14: Sondni razkop.....	40
Slika 15: Meritev dinamičnega modula nosilnosti	42
Slika 16: Defletometer s padajočo utežjo (FWD - falling weight deflectometer).....	51
Slika 17: Primer sanirane razpoke	53

KAZALO TABEL

Tabela 1: Temperature bituminizirane zmesi	23
Tabela 2: Temperatura podlage in zraka pri vgrajevanju bituminizirane zmesi	23
Tabela 3: Terenske preiskave zemeljskih del	42
Tabela 4: Rezultati preiskav vgrajenih asfaltnih plasti.....	43
Tabela 5: Rezultati preiskav zemeljskih del	45
Tabela 6: Rezultati sejalne analize kamene zmesi.....	46
Tabela 7: Vsebnost veziva in lastnosti ekstrahiranega bitumna	47
Tabela 8: Prostorske lastnosti asfaltne zmesi	48

KAZALO GRAFOV

Graf 1: Sejalna analiza kamene zmesi.....	46
---	----

1 UVOD

1.1 *Naslov diplomske naloge*

Problematika poškodb cest – vzroki za nastanek in njene posledice.

1.2 *Opredelitev obravnavane zadeve*

V zadnjem času se tako v laični kot tudi strokovni javnosti veliko razpravlja o kakovosti, obstojnosti in ceni cest v Sloveniji. O stanju vozišč in njihovi kakovosti ima vsak voznik svoje subjektivno mnenje. Velikokrat slišimo komentarje o »slabo izvedenih« in predragih cestah. Glasnost teh komentarjev je pogojena glede na letni čas. Najpogostejši so spomladi, ko skopni sneg in se na cestah pojavijo poškodbe, ter poleti, ko se zaradi vzdrževalnih del na naših cestah vijejo dolge kolone vozil.

Po podatkih Ministrstva za promet se državne ceste v povprečju obnavljajo na vsakih 34 let (9. kongres o cestah in prometu, 2008 Kakovost gradnje in vzdrževanja cestne infrastrukture) (ceste se načrtuje za 20 let). Prvi ukrep (pregled ceste in eventualna sanacija poškodb) pa bi moral biti izveden po 15-ih letih. Stanje na lokalnih in občinskih cestah pa je predvsem zaradi manjših finančnih sredstev (že v času gradnje in vzdrževanja) še manj obvladovano in s tem še slabše.

Vzroki za takšno stanje naših cest so lahko zelo različni, in sicer:

- prometna obremenitev;
- klimatski vplivi;
- pomanjkljiva izvedba;
- slabo vzdrževanje;
- neprimerna uporaba.

Pri vzdrževanju cest v praksi poznamo nepisano pravilo 7 + 7 + 7:

- po 7. letih prve površinske sanacije (preplastitev obrabne plasti ali nadgradnja z novo obrabno plastjo);

- po 14. letih posegi tudi v vezne in nosilne asfaltne plasti;
- po 21. letih popolna rekonstrukcija vozišča.

V diplomski nalogi bom predstavil osnovne vzroke za nastanek poškodb, vrste poškodb in njihove posledice.

1.3 *Namen, cilji in osnovne trditve diplomskega dela*

Že ob sami gradnji in takoj po njej so vsi materiali izpostavljeni različnim vplivom. Na trajnost ceste poleg prometne obremenitve in klime vplivajo tudi priprava podlage, izvedba in vzdrževanje. Rezultati vseh zgoraj naštetih vplivov se prej ali slej pokažejo v spremembah na cesti, ki jih poznamo kot poškodbe. Da se v čim večji meri izognemo poškodbam na cesti, morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji:

- optimalno projektiranje;
- pravilna izvedba;
- kvalitetni materiali;
- primerno vzdrževanje.

Namen diplomskega dela je s strokovnega vidika predstaviti problematiko gradnje in obstojnosti cest v Sloveniji.

Cilj naloge je prikazati, kako lahko optimiziramo gradnjo in vzdrževanje cest ter s tem podaljšamo obstojnost cest in posledično zmanjšamo stroške vzdrževanja.

1.4 *Predvidene metode raziskovanja*

Pri preučevanju problematike za potrebe pisanja diplomskega dela sem uporabljal domačo in tujo strokovno literaturo, v veliko pomoč pa mi je bilo teoretično in praktično znanje, ki sem si ga pridobil v času zaposlitve na Cestnem podjetju Maribor in Zavodu za gradbeništvo Slovenije ter pri študiju na mednarodnem izobraževalnem centru Academia.

Diplomska naloga je tako teoretičnega kot tudi praktičnega značaja. V njej sem uporabil spoznanja iz literature, svetovnega spleta ter študija in vaj, pa tudi nekaj praktičnih primerov vzrokov nastanka poškodb.

2 SPLOŠNI OPIS CESTNEGA USTROJA

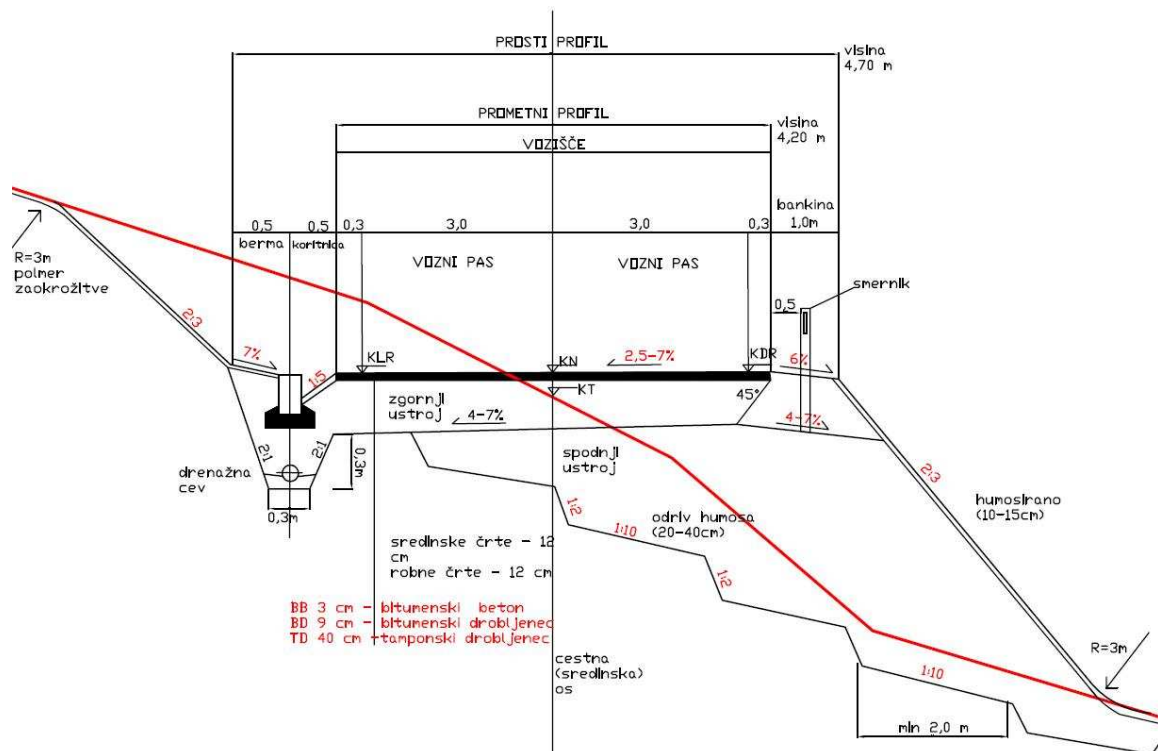
2.1 *Splošno*

Cesta je vsaka tako zgrajena ali utrjena površina, da jo kot prometno površino lahko uporabljajo vsi ali določeni udeleženci v prometu pod pogoji, določenimi z zakonom in drugimi predpisi (Zakon o cestah, 3. člen, 2010). Vse javne ceste so združene v cestno omrežje. Javne ceste so prometne površine splošnega pomena za cestni promet, ki jih lahko vsak prosto uporablja na način in pod pogoji, določenimi s predpisi, ki urejajo javne ceste in varnost prometa na njih (Topolšek, Lipičnik, 2008, 19). Pod javne ceste uvrščamo tudi nekategorizirane ceste z omejenim lokalnim prometom (vojaške ceste, gozdne ceste, poljske ceste ...). Interne ceste so prometne površine, namenjene prometu cestnih vozil za lastne potrebe gospodarskih in drugih organizacij. Glede na lastništvo javnih cest ločujemo v Sloveniji državne in občinske ceste (<http://sl.wikipedia.org/wiki/Cesta>, z dne 5. 11. 2011). V Sloveniji je okoli 38.000 km kategoriziranih javnih cest, od tega je državnih cest nekaj več kot 6.500 km: štiripasovnih avtocest je okoli 420 km, štiripasovnih hitrih cest okoli 60 km, dvopasovnih hitrih cest okoli 80 km, glavnih cest okoli 970 km in regionalnih okoli 4.800 km. Lokalnih cest je okoli 14.000 km, javnih poti pa okoli 18.000 km.

V osnovi lahko klasifikacijo cest opredelimo po naslednjih kriterijih (Topolšek, Lipičnik, 2008, 19):

- po družbeno-gospodarskem pomenu (magistralne, lokalne in lokalne ceste);
- glede na pomen za promet in povezovalne funkcije v prostoru (avtoceste, hitre ceste, glavne ceste I. in II. reda ter regionalne ceste I., II. in III. reda in občinske ceste);
- glede na potek v prostoru (ceste v naselju in ceste zunaj naselja);
- glede na prometno-tehnično razvrstitev (daljinske ceste, povezovalne ceste, zbirne ceste in dostopne ceste);
- glede povprečni letni dnevni promet (cesta 1. razreda, cesta 2. razreda, cesta 3. razreda, cesta 4. razreda in cesta 5. razreda);
- po računski hitrosti in kategoriji terena (ceste razdelimo v pet razredov v odvisnosti od kategorij terena);
- po kategoriji terena in širini prometnega pasu.

2.2 Značilni prečni prerez ceste



Slika 1: Karakteristični prečni prerez ceste

Vir: <http://gradbenik.files.wordpress.com/2008/06/precni-profil-cesta-slika.jpg>,

z dne 27. 11. 2011

2.3 Tipični elementi ceste

Sestavni deli javne ceste so odvisni od dejavnikov, ki vplivajo na izgradnjo ceste (Kresnik, Hanžič, 2011, 46). Ti dejavniki so:

- tehnična zakonitost ceste;
- prepustnost ceste;
- reliefne značilnosti;
- ekonomske značilnosti;
- prostorski pogoji;
- zaščita ohranjanja prostora.

Po Zakonu o javnih cestah (2010, 13. člen) javno cesto sestavljajo:

- cestno telo je del javne ceste, ki ga sestavljata nasip in voziščna konstrukcija;
- cestni objekti so mostovi, viadukti, podvozi, nadvozi, prepusti, predori, galerije, podporne in oporne konstrukcije ter podhodi in nadhodi;

- naprave za odvodnjavanje javne ceste so naprave za zbiranje, odvajanje in/ali preusmerjanje površinske in talne vode (odvodni jarki, koritnice, plitve in globoke drenaže, kanalizacija, vodnjaki, ponikalnice ipd.);
- brežina ceste je naravno nastala ali zgrajena nagnjena površina zemljišča ob cestnem telesu;
- cestni svet je največ 2,0 m širok zemljiški pas, merjen od zunanjega roba vozišča državne ceste ali od zunanjega roba katerega drugega elementa ceste, kot so pločniki, kolesarske poti, avtobusna postajališča, odstavní prostori, odstavne niše, bankine, brežine, jarki, mulde ali koritnice;
- zračni prostor nad voziščem v višini 7 m;
- prometne površine zunaj vozišča, kot so: počivališča, parkirišča, avtobusna postajališča in obračališča, prostori ter objekti za tehtanje in nadzor prometa;
- površine za pešce in kolesarje na cestišču ceste;
- priključki na cesto v širini cestnega sveta;
- prometna signalizacija in prometna oprema;
- cestne naprave in druge ureditve, namenjene varnosti prometa, zaščiti ceste ter zemljišč in objektov vzdolž ceste pred vplivi prometa na njej;
- naprave za evidentiranje prometa;
- zemljišče, objekti in naprave, ki jih je investitor pridobil v javno dobro ali zgradil za opravljanje rednega vzdrževanja ceste ali za opravljanje spremljajočih dejavnosti ob cesti.

V skladu s Pravilnikom o projektiranju cest (2005, 3. člen) razvrščamo konstrukcijske elemente ceste na obrabno plast, zgornje vezane plasti in spodnje nevezane plasti.

Zgradbo ceste delimo na:

- spodnji ustroj ceste (temeljna tla, nasipi, posteljica);
- zgornji ustroj ceste (nevezana nosilna plast, vezane nosilne plasti, obrabna plast).

Spodnji ustroj ceste prenaša obtežbo na temeljna tla, zgornji ustroj ceste pa služi prevzemu in prenosu prometnih obremenitev ter preprečuje pronicanje vode. Spodnji in zgornji ustroj ceste skupaj imenujemo cestno telo.

3 GRADNJA CESTE

3.1 Spodnji ustroj ceste

Spodnji ustroj ceste sestavljajo temeljna tla, nasipi in posteljica. Ravnost, nagib, zgoščenost in nosilnost na planumu spodnjega ustroja so osnova za projektiranje zgornjega ustroja ceste. Primerno nosilnost in zgoščenost na planumu spodnjega ustroja ceste dosežemo z vgradnjo posteljice primerne debeline.

3.2 Zgornji ustroj ceste

Pri izdelavi zgornjega ustroja ceste – voziščne konstrukcije moramo zagotoviti trdnost in nosilnost (prevzem prometne obremenitve), ravnost (udobnost vožnje), hrapavost, brezprašnost (vpliv na okolje) in ekonomičnost (izbor materialov, potrebne debeline) (http://studenti.fg.uni-mb.si/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=148&Itemid=76 z dne 5. 11. 2011).

Sodobne voziščne konstrukcije delimo na gibka (za vezivo se uporablja bitumen) in toga (za vezivo se uporablja cement, imenujemo jih cementnobetonska vozišča).

Gibke voziščne konstrukcije so sestavljene večplastno iz obrabne plasti, vezane nosilne plasti in nevezane nosilne plasti.

Toge voziščne konstrukcije so sestavljene večplastno iz obrabne plasti, nosilne plasti in nevezane nosilne plasti.

Pri izdelavi gibkih voziščnih konstrukcij upoštevamo splošne razmere in prometno obremenitev. Pri izdelavi toge voziščne konstrukcije moramo upoštevati še napetostne razmere v konstrukciji zaradi temperaturnih razlik.

Debeline plasti voziščne konstrukcije so odvisne od (http://studenti.fg.uni-mb.si/index2.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=148&Itemid=76 z dne 5. 11. 2011):

- prometne obremenitve;
- nosilnosti temeljnih tal;
- globine zmrzovanja (prodiranje mraza, toplotna prevodnost materialov);
- hidroloških pogojev;
- izbira materialov za posamezne plasti.

Posamezne plasti, ki sestavljajo voziščno konstrukcijo, so omejene glede na najvišjo (kakovost vgrajevanja) in najnižjo (debelina največjega zrna v plasti) debelino plasti.

Pri voziščnih konstrukcijah za zelo težke prometne obremenitve izvedemo posamezne ukrepe, da debelina voziščne konstrukcije ne presega debeline, potrebne za zmrzlinško odpornost.

Ti ukrepi so vgradnja posteljice za povečanje nosilnosti planuma spodnjega ustroja, vgradnja stabilizirane plasti (cementno stabilizirana plast ali bitumensko stabilizirana plast). Ta dva ukrepa zmanjšata debelino voziščne konstrukcije. Pri zelo težki prometni obremenitvi zaradi velike prometne obremenitve, velikih zaviralnih sil nastane obrus površine asfaltne vozišča. Za zmanjšanje obrusa v obrabni plasti uporabimo agregat za bituminizirano zmes iz silikatnih kamnin (eruptivci).

3.3 *Preverjanje kakovosti in nadzor*

Kontrola kakovosti predstavlja pomemben segment v procesu gradnje s končnim ciljem zagotoviti kakovostno, funkcionalno in trajno gradnjo, ki bo prispevala k trajnostnemu grajenemu okolju. Kakovost gradnje se mora preverjati od začetka procesa gradnje do konca. Obsega kontrolo kakovosti gradbenih proizvodov in kontrolo kakovosti same izvedbe del.

Za kakovost izvedenih del, v skladu z gradbenimi predpisi, odgovarjata odgovorni nadzornik in nadzornik, ki opravljata strokovni nadzor na gradbišču. Z njim se med drugim nadzoruje kakovost izvedenih del, gradbeni proizvodi, drugi materiali, inštalacije in tehnološke naprave, ki se vgrajujejo v objekt. Investitor je dolžan poskrbeti in zagotoviti strokovni nadzor nad gradnjo ter zato skleniti pisno pogodbo (interno gradivo podjetja XY).

Izvajalec mora izvajati dela po projektu za izvedbo, v skladu z gradbenimi predpisi, ki veljajo za gradnjo, ki jo izvaja, ter po pravilih gradbene stroke. Izvajalec sme vgrajevati samo tiste gradbene proizvode, ki ustrezajo nameravani uporabi in so bili dani v promet skladno s predpisi o dajanju gradbenih proizvodov v promet in katerih skladnost je potrjena z ustreznimi listinami o skladnosti (interno gradivo podjetja XY).

4 POŠKODBE CESTIŠČA

Ceste so obremenjene s prometom in klimatskimi vplivi. Zaradi omenjenih vplivov in značilnosti vgrajenih materialov v cesto, na njej prihaja do sprememb. Spremembe so praviloma posledice uporabe vozne površine, ki jih opazimo kot utrujanje in obrabo. V primeru uporabe materialov slabše kakovosti in nestrokovne vgradnje na voziščni konstrukciji nastanejo poškodbe. Številni zunanji vplivi (kisik v zraku, UV žarki, temperaturne spremembe) na asfaltno površino povzročajo spremembe v sestavi in s tem spremembe v lastnostih bitumenskega veziva. Lastnosti vozišča spremenijo tudi namerne in nenamerne poškodbe vozišča. V večini primerov lahko takšne spremembe na vozni površini opredelimo kot poškodbe.

4.1 Vzroki za nastanek poškodb

Napetosti v materialih voziščne konstrukcije, ki jih ustvarjajo prometne in klimatske obremenitve, v voziščnih konstrukcijah povzročajo spremembe. Glede na čas nastanka spremembe delimo na:

- spremembe v času gradnje, kadar so mehanske obremenitve na material največje;
- spremembe v času konsolidacije, vgrajeni materiali se razmestijo v optimalno lego;
- spremembe v času ustaljenosti – v projektirani dobi uporabe ceste;
- spremembe v času vidnih poškodb.

Klimatske in prometne obremenitve nista edina vzroka za nastanek poškodb. V večji ali manjši meri na nastanek poškodb vplivajo tudi neustrezna izvedba, neustrezno vzdrževanje in neprimerna uporaba cest. Spremembe v materialih voziščne konstrukcije se začnejo že v času gradnje. Praviloma pa vidne poškodbe nastanejo šele po poteku predvidene dobe trajanja ceste.

Za uspešno ukrepanje je bistvena podrobna preučitev vzrokov za nastanek sprememb in uskladitev ukrepov.

4.1.1 *Prometna obremenitev*

Vozila vgrajene materiale v voziščno konstrukcijo obremenjujejo z vertikalnimi silami, ki povzročajo tlačne in strižne napetosti, s horizontalnimi silami, ki povzročajo napetost predvsem v obrabni plasti v vzdolžni ter prečni smeri in s sesalnimi silami (podtlak pod pnevmatikami in ob vozilih), ki vplivajo na površino obrabne plasti.

Z naraščajočim številom prehodov vozil na cesti se v bituminizirani plasti molekularne vezi materiala slabijo in se začnejo trgati. Bituminizirana zmes se utruja, kar ima za posledico večje število sprememb, čeprav prometna obremenitev ostaja podobna. Utrujenost asfaltnih plasti prepoznamo po značilnih spremembah, ki si sledijo v določenem zaporedju. Po prekomernem preoblikovanju, kot posledica sprememb, v materialih ali nosilnosti podlage nastanejo razpoke. Zelo ugoden pogoj za nastanek razpok je izguba prožnosti asfaltnih plasti, kot posledica poslabšanja lastnosti bitumna (otrditev bitumna). Bitumen izgubi na prožnosti zaradi navzemanja kisika iz zraka, kar povzroči pogojene spremembe strukture. Razpoke se razširijo v mrežo razpok, ki je osnova za zdrobitev vgrajene sicer vezane, vendar krhke in trše bituminizirane plasti. Pod prometom se kosi plasti iztrgajo in nastane udarna jama.



Slika 2: Primer utrujenosti asfaltne plasti

Vir: Lasten

Najpomembnejši vzroki za nastanek poškodb na vozišču, ki so posledica prometnih obremenitev, so (TSC 08.311/1, 2005, 8):

- velike, pogosto prekomerne prometne obremenitve;
- počasen, kanaliziran promet;

- veliki vzdolžni nagibi ceste.

4.1.2 *Klimatske obremenitve*

Klimatske obremenitve na materiale voziščne konstrukcije lahko delimo na (TSC 08.311/1, 2005, 8):

- obremenitev s padavinami: vodo, ki lahko povzroči spremembe v nosilnosti materialov, ki so občutljivi na delež vode v njih in njene vplive na regeneracijo vgrajenih bituminiziranih plasti;
- obremenitev s temperaturo: temperatura vpliva na vgrajene materiale v skrajnih razmerah, kadar so temperature izredno visoke ali izredno nizke in kadar so spremembe temperature v kratkem času.

Voda vstopa v voziščno konstrukcijo preko prepustnih vrhnjih plasti, kapilarnih lastnosti vgrajenih materialov in preko dotoka s strani (bankine, brežine ...). Z vstopom vode v voziščno konstrukcijo se zmanjšata nosilnost in trdnost. Prometna obremenitev na takšni cesti pa pospešuje nastanek poškodb.

Prisotnost vode v voziščni konstrukciji (v kombinaciji z nizkimi temperaturami) povzroča tudi tipične zmrzlinke poškodbe. V času odjuge so spodnje plasti voziščne konstrukcije še vedno zmrznjene, iz voziščne konstrukcije pa voda pronica do zmrznjenih plasti, kjer ne more ponikniti v nižje plasti. Posledica zmrzovanja so razpoke v asfaltnih plasteh zaradi zmrzlinških dvigov vozišča in poškodbe zaradi zmanjšanja nosilnosti nevezane nosilne plasti v času odjuge (Bebar, Trotošek, 2010, 792).

Kadar nasipi ali pobočja niso ustrezno zaščiteni pred erozijskimi učinki vode, lahko prihaja do spodjedanja brežin in pobočij (Bebar, Trotošek, 2010, 797). Vodo je potrebno kontrolirano odvesti iz ceste z ustreznim odvodnjanjem.



Slika 3: Primer zdrsa pobočja
Vir: Interno gradivo podjetja XY

Na bitumenske zmesi temperatura vpliva predvsem zaradi različnih količnikov toplotne razteznosti in krčenja med bitumenskim vezivom ter kamnitimi zrn (Henigman, idr, 2006, 199).

Pri visokih temperaturah – kadar se temperature približujejo točki zmečkščja bitumenskega veziva – postane bituminizirana zmes plastična. Zaradi tlačnih obremenitev asfaltne plasti se lahko vgrajena bituminizirana zmes strukturno preoblikuje, kamnita zrna v zmesi zaplavajo. Do teh sprememb prihaja ob dolgotrajni vročini (poletja z visokimi temperaturami).

Pri nizkih temperaturah je vgrajena bituminizirana zmes trša (manj elastična), premiki kamnitih zrn v skeletu pod obremenitvijo so ovirani ali celo preprečeni. Bitumensko vezivo se krči, filmi na kamnitih zrnih se tanjšajo, v skrajnem primeru počijo in se ločijo od kamnitih zrn.

4.1.3 Izvedba

Najbolj značilne pomanjkljivosti izvedbe so (interno gradivo podjetja XY):

- neustrezna priprava podlage;
- uporaba neustreznih materialov;
- napačna izbira bituminizirane zmesi za namen uporabe;
- neustrezna izdelava zmesi voziščnih konstrukcij;
- neustrezno vgrajevanje oz. izdelava plasti voziščne konstrukcije;

- pomanjkljivo odvodnjavanje;
- premajhna nosilnost/prevelika podajnost plasti pod asfaltno krovno plastjo.

4.1.3.1 Neustrezna priprava podlage

Osnovni pogoj za uspešno in ustrezno nadgraditev podlage voziščne konstrukcije je primerna nosilnost in zgoščenost (interno gradivo podjetja XY).

Nosilnost je odvisna predvsem od debeline posameznih plasti podlage in od kvalitete materialov ter načina vgradnje.

Če je nosilnost planuma podlage premajhna, se bo to reflektiralo na vse nadaljnje plasti, s katerimi bomo planum nadgrajevali in zgostitev oz. primerna utrditev je v tem primeru nemogoča. Takrat ponavadi prekomerno valjanje nadgrajene plasti lastnosti samo še poslabša.

Pred začetkom asfaltnih del mora biti podlaga očiščena in pripravljena. Zato je potrebno pred začetkom del opraviti pregled in prevzem podlage. Prevzem podlage pomeni preveritev naklonov in nosilnost ter zgoščenost podlage. Prevzem podlage opravi notranja (kontrola izvajalca) in zunanja kontrola kakovosti (investitorjeva).

Pri podlagi iz nevezanih materialov (prod) je pred začetkom asfaltnih del potrebno preveriti nosilnost in zgoščenost podlage. Zelo pomembno je, da se preveri višinski posnetek, ravnost ter prečni in vzdolžni nagib podlage. Le tako lahko zagotovimo enakomerno debelino asfaltne plasti po celotni površini.

Pri podlagi iz vezanih materialov (preplastitev obstoječe ceste, cementno-betonske površine) je pred začetkom del potrebno takšno podlago temeljito očistiti s krtačami, stisnjenim zrakom ali z vodo. Po potrebi se izvede izravnava z dodajanjem asfaltne zmesi oziroma z odrezkanjem obstoječega asfalta.

Pobrizg podlage: staro očiščeno ali pa na zvoženo novo vgrajeno plast asfaltne zmesi je potrebno zaradi boljše zlepljenosti pred nadgraditvijo obvezno prebrizgati z ustreznim vezivom. Potrebno je paziti na to, da je nanos veziva enakomeren po celotni površini in da se

pobrizga v primerni količini. Pred nadaljevanjem del se mora pobrizg posušiti. Prav tako moramo preprečiti promet po pobrizgani površini.

4.1.3.2 Izbira neustrezne bituminizirane zmesi

Že v času projektiranja ceste je potrebno izbrati primerno bituminizirano zmes, ki bo zadostila potrebam za določen namen uporabe. Pri tem je potrebno paziti predvsem na to, da izberemo bituminizirano zmes za točno določeno prometno in klimatsko obremenitev.

4.1.3.3 Uporaba neustreznih materialov

Lastnosti osnovnih materialov za izvedbo voziščnih konstrukcij morajo biti prilagojene predvideni prometni obremenitvi in klimatskim razmeram. Prekoračitev pogojenih vrednosti, kot so opredeljene v tehnični regulativi, ima praviloma za posledico predčasne poškodbe v obliki plastičnega preoblikovanja, luščenja, krušenja ali razpok na asfaltni krovni plasti (interno gradivo podjetja XY).

4.1.3.4 Neustrezna izdelava bituminizirane zmesi

Bituminizirano zmes proizvajamo v asfaltnem obratu (tovarna asfalta oz. asfaltna baza), ki mora biti ustrezno opremljen za zagotovitev kakovostnega končnega proizvoda.

Ker je proizvodnja bituminizirane zmesi kompleksen proces, je za zagotovitev kakovostnega proizvoda potrebno paziti na več aspektov, in sicer na:

- pravilno skladiščenje vhodnih materialov;
- primerno temperaturo kamenih frakcij in bitumna med proizvodnjo bituminizirane zmesi;
- pravilno doziranje vhodnih materialov;
- primeren čas mešanja;
- pravilno skladiščenje bituminizirane zmesi po končanem procesu proizvodnje.

Vsaka napaka pri proizvodnji bituminizirane zmesi rezultira na slabši kakovosti asfaltne plasti, kar lahko privede do predčasnih poškodb na vozišču.

Zaradi tega mora biti tovarna asfalta redno pregledana in vzdrževana; strojnik, ki upravlja z njo, pa ustrezno kvalificiran.

4.1.3.5 Neustrezno vgrajevanje oziroma izdelava plasti voziščne konstrukcije

Transport in vgrajevanje bituminiziranih zmesi obsega:

- transport asfaltnih zmesi;
- temperaturo asfaltne zmesi pri vgrajevanju;
- mehanizacijo;
- zgoščevanje asfaltnih plasti;
- preverjanje zgoščevanja asfaltnih plasti;
- ravnost površine.

TRANSPORT BITUMINIZIRANIH ZMESI

V tehničnih predpisih so določene maksimalne transportne razdalje za prevoz bituminizirane zmesi na gradbišče. Le-te so sicer odvisne od vrste bituminizirane zmesi, vremenskih razmer, uporabe termokesonov itd. (interno gradivo podjetja XY).

Bituminizirana zmes mora biti na kesonu obvezno pokrita, ne glede na letni čas, in sicer od začetka transporta do zvrčanja v finiše. S tem preprečimo prehitro ohlajevanje in zaščitimo bituminizirano zmes pred atmosferskimi vplivi, zmanjšamo pa tudi vpliv na okolje.

TEMPERATURA BITUMINIZIRANE ZMESI PRI VGRAJEVANJU

Za kvalitetno vgradnjo bituminizirane zmesi je zelo pomembna temperatura le-te. Zato je sprotno merjenje temperature pomemben in nujen ukrep. Priporočeno je merjenje temperature zmesi že na vozilu (interno gradivo podjetja XY).

Bituminizirano zmes pred stresanjem v finiše tudi vizualno ocenimo. Če je bituminizirana zmes prehladna, se na njeni površini naredi skorja, pri stresanju v finiše se ne kadi več in izgleda žilavo.

Kadar je zmes prežgana, se pri stresanju v finiŝer rumeno kadi, je rjavkasta in brez leska.

Temperatura bituminizirane zmesi:	Tip veziva:				
	B 35/50	B 50/70	B 70/100	B160/220	PmB
referenčna	165 °C	150 °C	145 °C	135 °C	165 °C
zgornja	185 °C	170 °C	165 °C	155 °C	185 °C
spodnja	140 °C	130 °C	120 °C	110 °C	140 °C

Tabela 1: Temperature bituminizirane zmesi

Vir: TSC 06.300/06.410:2009

TEMPERATURE ZRAKA IN PODLAGE PRI VGRAJEVANJU BITUMINIZIRANE ZMESI

Pri vgrajevanju bituminizirane zmesi moramo biti pozorni na zunanje vremenske pogoje, ki lahko v veliki meri vplivajo na končno kakovost voziŝča.

V hladnem vremenu, torej pri nizkih temperaturah, je največji problem prehitro ohlajanje bituminizirane zmesi. Takšno zmes ne moremo več ustrezno zgostiti. Posledično ima asfaltna plast preveč zračnih votlin, je bolj prepustna za vodo, manj nosilna in veliko bolj dovzetna za nastanek poškodb. Zato bituminizirane zmesi ni dovoljeno vgrajevati pri nižjih temperaturah, kot je prikazano v Tabeli št. 2. Pomembno je, da podlaga, na katero bomo izvedli asfaltno plast, ni mokra ali zamrznjena.

VRSTA BITUMINIZIRANE ZMESI:	TEMPERATURA PODLAGE IN ZRAKA:
obrabno-zaporna plast	3 °C
nosilne plasti	0 °C

Tabela 2: Temperatura podlage in zraka pri vgrajevanju bituminizirane zmesi

Vir: TSC 06.300/06.410:2009

Prav tako moramo paziti pri vgrajevanju bituminizirane zmesi v vročem vremenu. V tem primeru je zelo pomembno, da temperatura bituminizirane zmesi ne presega zgornje dovoljene meje (Tabela št. 1). Zmes moramo zgoŝčati le z valjarji s kovinskimi kolesnimi obroči. V nasprotnem primeru lahko pride do dviga bitumenske malte na povrŝino.

VGRAJEVANJE BITUMINIZIRANE ZMESI

Za kvalitetno vgradnjo bituminizirane zmesi je pomembno, da se le-ta vgradi čim hitreje po proizvodnji, čim enakomerneje ter da se tudi primerno zgosti (interno gradivo podjetja XY).

Razgrinjanje asfaltne zmesi na pripravljeno površino poteka strojno, v primeru manjših in za mehanizacijo nedostopnih delovišč pa tudi ročno.

Hitrost razgrinjanja asfaltne zmesi mora biti prilagojena zmogljivosti dobave, da se s tem prepreči zastoje finiŕerja in ohladitev nezgoŕčene bituminizirane zmesi. Finiŕer se mora premikati čim bolj enakomerno in s čim manj prekinitvami, kar je bistveno za ustrezno zgoŕčenost in ravnost asfaltne plasti.

Vsako stikovanje med posameznimi fazami gradnje v veliki meri vpliva na ravnost povrŕine, zato se jim je potrebno izogniti oziroma jih ustrezno izvesti.

Pogoj za zahtevano kakovost in trajnost vgrajene plasti bituminizirane zmesi je optimalna zgostitev z valjanjem.

Zagotovljeno mora biti primerno ŕtevilo in vrsta valjarjev. Valjati se mora čim bolj enakomerno; sunkovito valjanje oz. obračanje povzroči neravnine na asfaltni plasti. V nobenem primeru ne sme valjar stati na ŕe vroči ali topli nezgoŕčeni plasti asfaltne zmesi.

Primernost zgoŕčenosti asfaltne plasti lahko sproti preverjamo z izotopsko ali elektromagnetno sondo.

4.1.3.6 Pomanjkljivo ali poŕkodovano odvodnjavanje

Voda ŕkodljivo vpliva na voziŕŕe v primerih, kadar nima moŕnosti odtekanja od elementov ceste. Poŕkodbe zaradi vode preprečimo z dobro izvedenim in vzdrževanim odvodnjavanjem. Vzdrževane bankine ceste so ključnega pomena pri odvodnjavanju.

4.1.4 *Neprimerna uporaba*

Na nastanek poŕkodb na asfaltnih voziŕŕih vpliva tudi neprimerna uporaba cest. Vozila s prekomerno osno obremenitvijo vplivajo na hitrejšo utrujenost vgrajenih materialov.

Neprimerno opremljena vozila, primer vozila pozimi z verigami na nezasneženi cesti, tudi vozila, iz katerih izteka na ceste olje, povzročajo razgraditev asfaltnih vozišč.

4.1.5 *Neprimerno vzdrževanje*

Ceste morajo biti vzdrževane tako, da je omogočen varen promet na njih, da se ohranijo ali izboljšajo njihove prometne, tehnične in varnostne lastnosti, da se ceste in okolje zaščitijo pred škodljivimi vplivi cestnega prometa ter ohranja urejen videz cest (Odlok o načinu izvajanja obvezne gospodarske javne službe »Urejanje in vzdrževanje občinskih cest in drugih javnih površin«, 7. člen, 2006).

Poznamo redno in investicijsko vzdrževanje cest.

Redno vzdrževanje se izvaja v skladu z izvedbenim programom vzdrževanja. Izvajalec rednega vzdrževanja je o svojem delu dolžan voditi evidenco, iz katere mora biti razvidno, kdaj in katera dela so bila opravljena, obseg in trajanje teh del, potrošnja materialov, uporabljena delovna sila in mehanizacija ter drugi pomembni podatki o opravljenih delih (Odlok o načinu izvajanja obvezne gospodarske javne službe »Urejanje in vzdrževanje občinskih cest in drugih javnih površin«, 2. člen, 2006).

V sklop rednega vzdrževanja štejemo vzdrževalna dela (letno vzdrževanje, vzdrževanje pozimi, vzdrževanje gradbenih objektov, vzdrževanje opreme) in nadzor stanja cest (redni pregledi, občasni pregledi in izredni pregledi).

Med investicijsko vzdrževanje spadajo zahtevnejša in obsežnejša vzdrževalna dela, katerih temeljni cilj je dolgoročna ureditev posameznih delov ceste. Izvajajo se občasno glede na stopnjo dotrajanosti ali poškodovanosti cest ter glede na potrebo po izboljšanju njihovih prometno-tehničnih lastnosti, njihove zaščite, zaščite okolja in varnosti prometa. V sklop investicijskega vzdrževanja štejemo obnovo, preplastitve in ojačitve cest (Pravilnik o vrstah vzdrževalnih del na javnih cestah in nivoju rednega vzdrževanja javnih cest, 34. člen, 1998).

Kadar se ceste nepravočasno ali neprimerno sanirajo v sklopu vzdrževanja, se poškodbe lahko povečajo. Med neprimerno vzdrževanje štejemo pomanjkljivo obdelavo razpok, neprimerno krpanje udarnih jam, slabo odvodnjavanje in slabo vzdrževanje bankin. Pod neprimerno vzdrževanje štejemo tudi nestrokovno izvajanje zimske službe.

4.2 Vrste poškodb

Poškodbe, ki nastanejo na asfaltnih voziščih, so posledice obremenitev, s katerimi so se prekoračile trdnostne oziroma mejne napetosti vgrajenih materialov voziščne konstrukcije.

Takšne poškodbe lahko razdelimo na:

- preoblikovanja;
- razpoke;
- razgraditev;
- poškodbe površine.

4.2.1 Preoblikovanje

Preoblikovanja (deformacije) nastanejo predvsem zaradi prekoračitve strižnih in tlačnih trdnosti vgrajenih materialov v trenutnih prometnih, klimatskih in terenskih pogojih (TSC 08.311/1, 2005, 29).

Glede na značilnost oblik preoblikovanja delimo na:

- prečna preoblikovanja (kolesnice, žlebovi in povesi);
- vzdolžna preoblikovanja (valovi, perilnik in grebeni);
- nepravilna oblikovanja (grebeni, posedki in dvigi).

Vzrok za nastanek preoblikovanja je lahko tudi zaradi spremembe notranje zgradbe materialov vgrajenih v cestno telo ali materialu temeljnih tal, ki so izpostavljeni prometni obremenitvi. V izjemnih primerih lahko pride do preoblikovanja tudi zaradi prekomerne obrabe vgrajenih materialov. Na voziščih iz bituminiziranih zmesi so tipična plastična preoblikovanja. Plastično preoblikovanje bituminiziranih zmesi v krovnih plasteh privede do povezanega preoblikovanja, tako ob kolesnici nastane vzdolžna grbina ali greben (Henigman, idr, 2006, 203). Plastična preoblikovanja vozniških površin se pojavljajo na značilnih mestih, kjer zaradi pospeševanja in zaviranja prihaja do večjih obremenitev na asfaltno površino (pred semaforji na križiščih, na območju avtobusnih postajališč, na zunanjih robovih vozniških pasov v krivinah in na daljših vzponih na južnih pobočjih).

Kadar prihaja do preoblikovanj zaradi lastnosti osnovnih gradbenih materialov, so vzroki za preoblikovanja predvsem uporaba premehkih bitumenskih veziv glede na klimatske razmere, neustrezno bitumensko vezivo za predhodni pobrizg in premalo odporna kamnita zrna. Da je bitumenska zmes odporna na plastično preoblikovanje, dosežemo s pravilno sestavo zmesi

(delež drobljenih in/ali grobih zrn, prava količina bitumenskega veziva, prava vsebnost votlin).

Ob vgrajevanju asfaltnih plasti moramo paziti na zgoščenost asfaltne plasti, na odpornost asfaltne plasti proti drsenju, kar dosežemo tudi s pravilno količino pobrizga predhodne plasti. S tem dosežemo tudi pravilno zlepljenost vgrajenih asfaltnih plasti. Izvedba odvodnjavanja in vgradnja materialov, odpornih na učinke zmrzovanja v nevezano nosilno plast in spodnji ustroj ceste, zgoščevanje plasti do predpisanih zahtev izboljšajo lastnosti ceste proti preoblikovanju.

Poddimenzionirana voziščna konstrukcija, prekomerna prometna obremenitev, kanaliziran promet in/ali prehitra obremenitev ceste s prometom (na neohlajeno plast) privedejo do nastanka kolesnic. Kolesnice otežujejo smerno vodenje vozil; v njih zastaja meteorna voda in pozimi je takšne ceste težje vzdrževati (TSC 08.311/1, 2005, 30). Ob kolesnici izpodrinjena bituminizirana zmes tvori greben. Kolesnice nastanejo tudi pri predebeli obrabni plasti; ne moremo je dovolj zgostiti, pri uporabi neustreznega bitumenskega veziva-premehak bitumen, pri neustrezni sestavi kamenega agregata (preveč finih zrn, premalo lomljenih delcev ...).

Povesi robov ceste nastanejo zaradi neustrezne priprave podlage, odvodnjavanja in izdelave bankine.

Prečni valovi na asfaltni površini nastanejo zaradi nepravilnega vgrajevanja (pogosto ustavljanje finišeja, nepravilna zaustavitev valjarja, hitro hlajenje bituminizirane zmesi, neprimerno nadaljevanje na delovnih stikih). Valovi vplivajo na varnost in udobnost vožnje, v določenih primerih pa pogojena nihanja vplivajo na dodatno obremenitev voziščne konstrukcije (TSC 08.311/1, 2005, 30).

Zaradi homogenega zmrzovanja v zato občutljivih plasteh voziščne konstrukcije lahko prihaja do začasnega lokalnega preoblikovanja, kar samo v manjši meri vpliva na uporabnost voznih površin.

Zaradi večkratnih lokalnih sanacij voznih površin prihaja tudi do neravnosti voznih površin, kar v manjši meri vpliva na njihovo uporabnost.



Slika 4: Primer preoblikovanja – kolesnice

Vir: <http://pavementinteractive.org/images/4/4d/Mvc-037s.jpg>, z dne 19. 11. 2011



Slika 5: Primer preoblikovanja – grbina

Vir: <http://pavementinteractive.org/images/d/de/Slippage1.jpg>, z dne 19. 11. 2011



Slika 6: Primer preoblikovanja – "ptičja kopel"

Vir: <http://pavementinteractive.org/images/e/ed/Alligator-to-pothole.JPG>, z dne 19. 11. 2011

4.2.2 ***Razgraditve***

Vzrok za nastanek razgraditve asfaltne zmesi na vozni površini je prekoračitev sil vezanja, ki jih lahko zagotovi bitumensko vezivo. Prekoračitev natezne trdnosti asfaltne plasti ima za posledico postopno razgraditev plasti, prekoračitev odtržne trdnosti pa ima za posledico ločitev posameznih asfaltnih plasti, tudi od podlage (zlepljenost plasti). Na osnovi značilne oblike je takšne poškodbe mogoče opredeliti in razdeliti na (Henigman, idr, 2006, 205):

- poškodbe zaradi normalne ali prekomerne obrabe;
- krušenje malte, skeleta, obrabne ali krovne plasti;
- luščenje-zdrs obrabne ali krovne plasti;
- poškodbe oz. izgube zaradi mehanskih ali kemičnih učinkov.

4.2.2.1 Udarne jame

Vzroki za nastanek udarnih jam so predvsem v pomanjkljivem vgrajevanju asfaltne plasti (premajhna debelina plasti, slaba zgoščenost). Udarne jame vplivajo na udobnost in varnost

vožnje, na sposobnost zadrževanja in pronicanja vode skozi voziščno konstrukcijo in na poškodbe vozil (armotizerji, pnevmatike). Udarne jame so tudi končne posledice mrežastih razpok. Kadar so mrežaste razpoke že zelo razširjene in potekajo v globino asfaltne plasti (do nevezane nosilne plasti), začnejo delci asfalta izpadati ter nastanejo udarne jame.



Slika 7: Primer udarne jame

Vir: Lasten

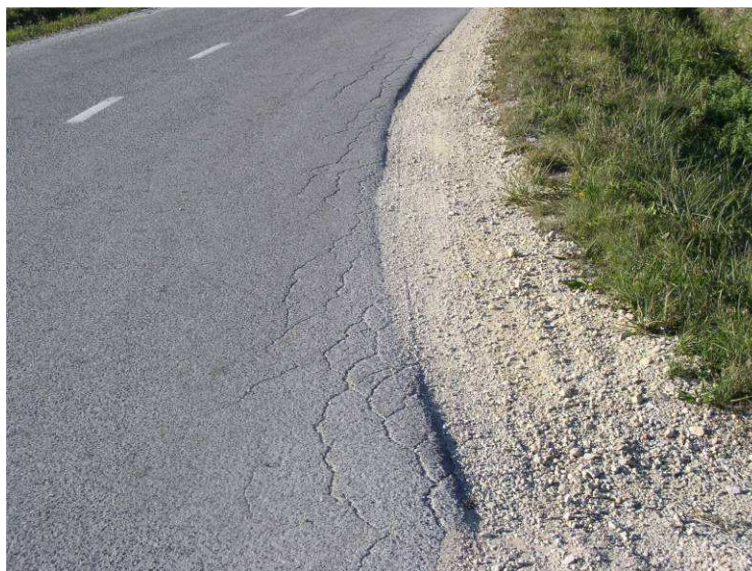
V času uporabe je cesta izpostavljena kemičnim in mehanskim učinkom (primer razlitje naftnih derivatov). Zaradi zmanjšanja odpornosti na takšnih mestih nastane razpoka, ob njej izmetavanje zrn in grudic asfaltne plasti, na daljši rok nastane udarna jama. Poškodbe, ki so nastale kot posledice kemičnih in mehanskih učinkov, vplivajo na lokalno oslabitev obrabnozaporene plasti in na večjo izpostavljenost plasti škodljivim vplivom.



Slika 8: Primer učinka naftnih derivatov

Vir: Lasten

Poškodbe robov vozišč nastanejo zaradi meteorne vode, ki poslabša nosilnost voziščne konstrukcije do te mere, da je podajnost vozne površine pod vozili z velikimi osnimi obremenitvami večja, kot elastičnost asfaltne zmesi. Asfaltna plast v določenem odmiku od roba počni, učinki meteorne vode in prometa pa na robovih vozišča povzročijo še dodatne poškodbe. Tako poškodovano vozišče vpliva na varnost vožnje zaradi zoženja vozišča in poškodb talnih označb ter na nosilnost voziščne konstrukcije zaradi zamakanja.



Slika 9: Primer poškodovanega roba ceste

Vir: Lasten

4.2.3 Poškodbe površine

Na vozni površini nastajajo škodljive spremembe, ki jih označujemo kot poškodbe površine vozišča. Te poškodbe lahko razvrstimo glede na vpliv uporabnosti vozne površine na (Henigman, idr, 2006, 207):

- poškodbe, ki zmanjšujejo torne sposobnosti vozne površine zaradi izstopanja bitumenskega veziva, bitumenske malte, vode ali zemlje;
- poškodbe, ki zmanjšujejo odpornost proti preoblikovanju zaradi učinkov olj in slabega tesnjenja pogonskih sklopov motornih vozil;
- poškodbe, ki vplivajo na trajnost voziščne konstrukcije (slabo izvedeno odvodnjavanje v vkopih, neurejene vrtine na vozišču).

Na zmanjšanje torne sposobnosti vozne površine vpliva prekomerno izstopanje bitumenskega veziva ali bitumenske malte v vgrajeni asfaltni zmesi na vozno površino, ki jo zaglajuje, saj so kamnita zrna v asfaltni zmesi potopljena v vezivu ali malti. Prekomerna količina bitumenskega veziva na vozni površini je posledica napak pri vgrajevanju, kot prevelika količina pobrizga veziva in/ali prepozen posip drobirja pri postopku izvedbe obrabne plasti (TSC 08.311/1, 2005, 32).

Prekomerna količina bitumenske malte je posledica neustrezne sestave bituminizirane zmesi, lahko pa je tudi posledica prekomerne obrabe kamnitih zrn na površini asfaltni plasti. Na povečanje deleža bitumenske malte na površini vplivajo tudi napake, ki so nastale v času vgrajevanja. Te napake so vgrajevanje bituminizirane zmesi pri zelo visokih temperaturah zraka, vgrajevanje prevroče bituminizirane zmesi, prevelika intenziteta valjanja, uporaba neprimernih komprimacijskih sredstev na obrabnih plasteh (valjarji s pnevmatskimi kolesi), prezgodnja obremenitev ceste s prometom na neohlajeno asfaltno plast. Tudi promet z velikimi osnimi obremenitvami pri visokih temperaturah poleti poveča delež bitumenske malte na vozni površini.



Slika 10: Primer izstopanja bitumenskega veziva na površino vozišča

Vir: <http://pavementinteractive.org/images/8/82/Bleeding.jpg>, z dne 19. 11. 2011

Na zglajenost površine vpliva enakomerna obraba zrn peska in drobirja na vozni površini. Kadar sta v bitumenski zmesi drobir in pesek s podobno odpornostjo mineralov proti obrabi, se minerali enakomerno obrabijo, površina kamnitih zrn se postopoma zaglajuje. Najprej se izgublja lastnost fine hrapavosti (ostrine) zrn, postopoma pa upada tudi groba hrapavost-drenažna sposobnost vozne površine. Najpogosteje se torne sposobnosti vozne površine poslabšajo na območjih, kjer delujejo velike zavorne in stranske sile (večji vzdolžni nagibi, v krivinah).



Slika 11: Primer zglajenosti površine

Vir: Lasten

Ob prodiranju vode skozi krovno plast na vozno površino se zmanjšuje oprijemljivost pnevmatik. Podobne lastnosti ima tudi prodiranje židke zemljine iz voziščne konstrukcije na vozno površino. Do izcejanja vode ali iztiskanja židke zemljine iz voziščne konstrukcije na krovno plast prihaja takrat, kadar je krovna plast razpokana (pogosto so te poškodbe na omejenem območju). Razpoke nastanejo zaradi neustrezno izvedenega odvodnjavanja ali neustrezne voziščne konstrukcije.

Zmanjšana odpornost v obrabne plasti vgrajene asfaltne zmesi proti plastičnemu preoblikovanju je na mestih, kjer so se po vozišču puščale sledi naftnih derivatov (olja, goriva). Naftni derivati mehčajo bitumensko vezivo v asfaltni zmesi.

4.2.4 Razpoke

Na asfaltnih voziščih najpogosteje nastajajo razpoke. Glede na širino razpoke jih delimo na lasate razpoke (širine do 1 mm), ozke razpoke (od 1 mm do 5 mm), široke razpoke (od 5 mm do 25 mm) in zelo široke razpoke (nad 25 mm). Glede na lego na vozni površini poznamo prečne razpoke, vzdolžne razpoke in nepravilno oblikovane razpoke.

Prekoračitev nateznih trdnosti bituminiziranih zmesi je najpogosteje vzrok za nastanek razpok. Do prekoračitve prihaja pri prometni obremenitvi ob številnih in prekomernih upogibih vozne površine, pri specifičnem krčenju različno vgrajenih materialov, še posebej pri nizkih temperaturah (kriogene napetosti) in zaradi staranja oziroma otrditve bitumenskega veziva. Posledica vplivov na prekoračitev nateznih trdnosti bituminizirane zmesi je utrujenost bituminizirane zmesi (TSC 08.311/1, 2005, 17).

Razpoke nastanejo na (TSC 08.311/1, 2005, 15):

- stikih različnih bituminiziranih zmesi ali na stikih med bituminiziranimi zmesmi in drugimi materiali;
- na delovnih stikih;
- na območjih, kjer prihaja do sprememb materialov v podlagi;
- na robovih in razširitvah vozni površin;
- na večjih asfaltnih površinah.

Glede na obremenitve v voziščni konstrukciji, ki nastanejo istočasno ali v časovnem razmiku, nastanejo na vozni površini mrežaste razpoke, ki jih delimo na (Henigman, idr, 2006, 205):

- grobe mrežaste razpoke (v obliki krokodilje kože) z odkrušenimi robovi ob razpokah, ki so najpogosteje posledica premajhne nosilnosti podlage;

- drobne mrežaste razpoke (v obliki slonove kože), ki so posledica utrujenosti vgrajene bituminizirane zmesi;
- valjasto oblikovane razpoke (oblike drevesne veje), brez ostrih koncev, ki so posledica krčenja zaradi staranja bitumenskega veziva.



Slika 12: Primer mrežnih razpok

Vir: Lasten

Razpoke na voziščni konstrukciji lahko nastanejo tudi kot posledica nepravočasnega ali pomanjkljivega popravila posameznih razpok.

Bitumensko vezivo omogoča, da se vgrajena bitumenska zmes prilagaja vsiljenim napetostim in jih zmanjšuje oziroma sprošča, tako asfaltna površina ostaja brez razpok (TSC 08.311/1, 2005, 17). Vendar pa so meje bitumenskega veziva omejene in odvisne od viskoznosti uporabljenega bitumna ter temperature, debeline filma bitumna na zrnih (delež bitumna v bitumenski zmesi) in utrujanja bitumna. Kadar so vsiljene napetosti večje od mej bitumenskega veziva, se bitumen pretrga, posledica je nastanek razpoke v asfaltni plasti. Kadar je raztezanje bitumenske zmesi hitro, pri majhnem filmu bitumna na zrnih in nizkih temperaturah, je velika možnost nastanka razpok, še posebej pri velikih vsiljenih napetostih in veliki podajnosti asfaltna plasti. Za zmanjšanje možnosti nastanka razpok je za bitumensko zmes potrebno uporabiti osnovne materiale, ki imajo enakomerno zrnastostno sestavo. Potrebna je uporaba prave količine polnila in primerna kakovost ter količina bitumenskega veziva. Pri proizvodnji bituminizirane zmesi moramo paziti na njeno temperaturo (pregretje zmesi), uporabo bitumenskega veziva, ki je primerno skladiščen in ni izpostavljen previsokim temperaturam pri proizvodnji (otrditev bitumna, strukturne spremembe). Primeren delež bitumenske malte omogoča optimalno zgostitev asfaltna plasti. Paziti je potrebno, da se

bituminizirana zmes prekomerno ne ohladi (primeren prevoz zmesi v termo kesonih, pokriti kamioni).

Razpoke na voziščni konstrukciji lahko nastanejo tudi ob pomanjkljivostih ob vgrajevanju.

4.2.4.1 Razpoke zaradi podajnosti podlage

V primeru prekomerne podajnosti vozne površine pod prometno obremenitvijo nastanejo razpoke v asfaltni plasti, kot posledica (TSC 08.311/1, 2005, 18):

- sprememb v podlagi zaradi neprimerne odvodnjavanja ali premajhne odpornosti proti škodljivim vplivom učinkom mraza;
- materialov voziščne konstrukcije neprimerne kakovosti;
- premajhne debeline voziščne konstrukcije.

Za podajnost podlage je lahko tudi vzrok neprimerna zgoščenost oziroma slaba odležanost vgrajenih plasti.

Značilnost razpok, nastalih zaradi podajnosti podlage je, da se razraščajo od spodaj navzgor.

4.2.4.2 Razpoke zaradi slabe zlepljenosti plasti

Kadar so posamezne asfaltni plasti slabo zlepljene med seboj, nastanejo na vozni površini posamezne ali mrežaste razpoke, kot posledica prekomerne vodoravne obremenitve krovne plasti na krivinah, stikih in robovih (TSC 08.311/1, 2005, 18). Slaba zlepljenost plasti nastane takrat, kadar se vgrajuje asfaltno plast na nečisto, hladno ali mokro podlago. Prav tako je vzrok slabo pobrizgana površina, prenizka temperatura bituminizirane zmesi ob času zgoščanja, prekomerno število prehodov vibracijskih valjarjev in pomanjkljivo urejanje stikov. Kadar se premalo zgosti obrabna plast, se omogoča oksidacija bitumenskega veziva, kar povzroči predčasno staranje asfaltni plasti, ki postane krhka. Čez takšno obrabno plast lahko prodira voda v voziščno konstrukcijo. Ta voda se vriva med obrabno in nosilno plast, kar povzroča slabo zlepljenost – ločevanje plasti.

4.2.4.3 Razpoke ob zgoščevanju plasti

Ob nestrokovnem valjanju plasti na vozni površini nastanejo površinske posamezne vzdolžne razpoke ali skupek vzporednih prečnih razpok.

4.2.4.4 Razpoke na stikovanju plasti

Stik plasti (med asfaltnimi plastmi ali z drugimi materiali) je odvisen od tehnologije gradnje. Na nestrokovno izvedenih stikih nastane vzdolžna razpoka. Bituminizirane zmesi z večjo vsebnostjo votlin in s tršim bitumnom so dovzetnejše za nastanek razpoke pri stikovanju. Ob vgrajevanju in proizvodnji bituminizirane zmesi je potrebno paziti na primerno temperaturo. Glede na klimatske razmere je potrebno uporabiti primerno trdoto bitumenskega veziva. Ob gradnji moramo paziti na primeren zamik stikov nadgrajenih asfaltnih plasti (TSC 08.311/1, 2005, 19).

V razpoki na stiku se zadržuje voda, ki vpliva na zlepljenost plasti in povezanost kamnitih zrn v bituminizirani zmesi.



Slika 13: Primer vzdolžne razpoke na stiku

Vir: <http://pavementinteractive.org/images/d/db/WSDOT132.jpg>, z dne 19. 11. 2011

4.2.4.5 Razpoke zaradi temperaturnih sprememb

V primeru hitrih ohladitev asfaltnega vozišča nastanejo takoimenovane termično pogojene razpoke. To so prečne razpoke na enakih razmikih. Pri takšnih pogojih nastanejo na vozni površini zaradi krčenja napetosti, ki jih film bitumna, še posebno pri tršem bitumnu, ni sposoben sprostiti. Termično pogojene razpoke lahko nastanejo tudi kot posledica soljenja cest pozimi, saj sol odvzame toploto, potrebno za tajanje snega in ledu vgrajeni bitumenski zmesi (TSC 08.311/1, 2005, 19).

4.2.4.6 Razpoke zaradi staranja veziva

Bitumen je sestavljen predvsem iz kompleksnih ogljikovodikov, vsebuje majhne količine žvepla, kisika, dušika in nekaj sledi kovin.

Natančna sestava bitumna je odvisna od izvora nafte in rafinacijskega procesa. Večina bitumnov, proizvedenih iz surove nafte, sestavljajo (<http://www.asphaltacademy.co.za/default.php> z dne 5. 11. 2011):

- 82–88% ogljik;
- 8–11 % vodik;
- 0–6 % žveplo;
- 0–1,5 % kisika;
- 0–1 % dušik.

Kemijska sestava bitumna je zapletena, zato bitumen razčlenimo glede na topnost bitumna v topilu n-heptan na dve glavni kemijski skupini asfalteni (netopni del) in malteni (topni del). Maltene še delimo na olja, aromate in smole.

Asfalteni dajejo bitumnu gostoto in odpornost na mehanske obremenitve, malteni dajejo bitumnu lastnosti elastičnosti in razteznosti.

Bitumensko vezivo se sčasoma stara, kar pa spreminja lastnosti bitumna. Na staranje bitumna vplivajo izpostavljenost bitumenskega veziva UV žarkom, kisiku, temperaturi in debelina bitumenskega filma. Vsi ti vplivi so vzrok za oksidativno otrditev bitumna.

Zaradi izhlapevanja preostalih olj iz bitumna, vgrajenega v bituminizirano zmes, nastane tako imenovana destilativna otrditev bitumna, saj bitumen zaradi zmanjšanja deleža olja postane krhek.

Po zmanjšanju olj v bitumnu se poveča delež asfaltenov in asfaltnih smol v bitumnu. Le-ti se združijo v večje sprijemke, bitumen izgubi na lastnosti prožnost. Ta proces imenujemo strukturno staranje (TSC 08.311/1, 2005, 19).

Zaradi staranja bitumna le-ta izgublja plastičnost in elastičnost – bitumen postaja krhek, posledice so razpoke na vozni površini. Pri bituminiziranih zmesih z večjo vsebnostjo bitumna je nevarnost za nastanek razpok pogojena tudi z zmanjšanjem prostornine bitumenskega veziva zaradi sprememb v sestavi.

4.2.4.7 Razpoke zaradi preobremenitve voziščne konstrukcije

Poznamo tri vzroke prekomerne obremenitve voziščne konstrukcije (TSC 08.311/1, 2005, 20):

- preobremenitev zaradi povečanega prometa;
- preobremenitev zaradi prekomernih obremenitev osi vozil;
- preobremenitev zaradi poddimenzioniranja voziščne konstrukcije.

Za preobremenitve voziščne konstrukcije je značilno hitrejše utrujanje v voziščno konstrukcijo vgrajenih materialov. Kadar so napetosti v materialih voziščne konstrukcije večje od trdnosti vgrajenih materialov, se material poruši. V bitumenski zmesi se v takšnem primeru film na bitumenskem vezivu na zrnih pretrga in nastane razpoka.

4.2.4.8 Razpoke zaradi vpliva okolja

Kakor vsak material v naravi je tudi cesta izpostavljena vplivom okolja. Primer vpliva okolja na cesto je razraščanje korenin dreves pod vozno površino, kar privede do razpok na površini.

5 PRAKTIČNI PRIMER NASTANKA RAZPOK NA IZBRANI CESTI

5.1 *Splošni podatki o cesti*

Na lokalnih cestah, asfaltiranih v zadnjih šestih letih, so se v času garancijske dobe pojavile številne poškodbe. Investitor je naročil preiskave za ugotovitev kakovosti vgrajenega tamponskega materiala, debeline kamnitega nasutja, nosilnosti na planumu tampona pod asfaltom in preiskave asfaltne plasti. Za ugotovitev teh parametrov smo na lokacijah, ki jih je določil predstavnik investitorja, izvedli sondne razkope, odvzeli vzorce tamponskega materiala za laboratorijske preiskave zrnivosti, izmerili debelino nasutja in napravili fotodokumentacijo. Pri sondnih razkopih sta bila prisotna predstavnik investitorja in nadzornik, ki je nadziral nasipavanje in asfaltiranje obravnavanih cest (interno gradivo podjetja XY).



Slika 14: Sondni razkop

Vir: Interno gradivo podjetja XY

5.2 *Opis obstoječega stanja ceste*

Leta 2009 smo po naročilo občine X opravili ogled devetih cest. Skupna dolžina trase je znašala 9000 m. Ceste so bile grajene oziroma obnovljene med leti 2003 in 2008.

Obravnavane ceste so lokalnega značaja in potekajo na hribovitem terenu osrednje Slovenije. Prometna obremenitev na obravnavanih cestah je lahka, vendar po njih občasno vozijo tudi težki tovornjaki z lesom. Čeprav so ceste še razmeroma nove (garancijska doba še ni pretekla), se na njih pojavljajo poškodbe. Prve poškodbe (vzdolžne razpoke) so se pojavile že eno leto po izgradnji (po prvi spremembi klimatskih pogojev – zima). Te poškodbe je izvajalec takoj saniral z bitumensko zalivno zmesjo, vendar se je proces propadanja ceste hitro nadaljeval. V večini primerov so se pojavile lokalne mrežaste razpoke, vzdolžne razpoke, posamezne udarne jame, manjši zdrsi brežin in v manjšini tudi prečne razpoke (interno gradivo podjetja XY).

Da bi ugotovili vzroke teh poškodb, smo na različnih lokacijah izvedli sondažne razkope. Zanimala sta nas debelina in kakovost nevezane nosilne plasti in asfaltne plasti ter sestava temeljnih tal. Po projektu je bil predviden ustroj voziščne konstrukcije:

- 6 cm AC 16 surf;
- 40 cm tamponski drobljenec.

5.2.1 *Terenske preiskave*

Preiskave sestave cestnih konstrukcij smo izvršili na skupno devetih lokacijah. Postopek je potekal tako, da je predstavnik investitorja določil lokacijo za izvedbo preiskave, potem se je izrezala in odstranila asfaltna plast. Na nepoškodovanem tamponu pod asfaltom so se izvedle meritve dinamičnega modula nosilnosti, nakar se je izvedel izkop do raščenih tal oziroma do starega makadamskega vozišča.

Obravnavane ceste so lokalnega značaja. Prometna obremenitev na obravnavanih cestah je lahka, vendar po njih občasno vozijo tudi težki tovornjaki z lesom. Za tovrstne ceste je zahtevani minimalni deformacijski modul nosilnosti na nevezani nosilni plasti pod asfaltno plastjo $E_{vd} > 50$ MPa.



Slika 15: Meritev dinamičnega modula nosilnosti

Vir: Interno gradivo podjetja XY

Za interpretacijo doseženih rezultatov je potrebno poudariti, da so se dela izvajala v dokaj sušnem obdobju.

Lokacija:	E_{vd} (MPa):	Debelina kamnitega nasutja:
S1	70,5	skupaj 30 cm (spodaj makadam)
S2	34,0	16 cm nasutja vključno z makadamom
S3	43,2	17 cm nasutja vključno z makadamom
S4	31,4	13–14 cm nasutja, spodaj preperina glinastega skrilavca
S5	66,0	40 cm nasutje
S6	52,2	28 cm nasutja, na kontaktu z glinenimi tlemi geosintetik
S7	91,5	29 cm nasutja, na kontaktu geosintetik
S8	90,7	40 cm nasutja
S9	75,5	40 cm nasutja, spodaj makadam

Tabela 3: Terenske preiskave zemeljskih del

Vir: Interno gradivo podjetja XY

5.2.2 Preiskave vzorcev vgrajene asfaltne plasti

Rezultati preiskav vgrajenih asfaltnih plasti so podani v spodnji tabeli.

Oznaka vzorca:	Asfaltna plast AC16 surf (BNOP16)			
	Debelina plasti:	Prostorninska: gostota	Zgoščenost:	Vsebnost votlin:
	cm	kg/m ³	%	%
1	6,1	2292	90,7	12,3
2	4,4	2375	94,0	9,1
3	4,0	2411	95,4	7,7
4	6,1	2355	93,2	9,8
5	6,2	2307	91,3	11,7
zahteve v TSC 06.310; 2001 za lahko prometno obremenitev			≥ 96	1-7
zahteve v TSC 06.310/06.410 za lahko prometno obremenitev			≥ 96	1-9

Tabela 4: Rezultati preiskav vgrajenih asfaltnih plasti

Vir: Interno gradivo podjetja XY

Rezultati kažejo, da je debelina asfaltne plasti na dveh lokacijah bistveno manjša od predvidene debeline (6 cm), le pri vzorcu, ki je bil odvzet na robu vozišča, je debelina vgrajene asfaltne plasti ustrezna.

Debelina plasti 4,0 cm in 4,4 cm nista v mejah dopustnih toleranc pri vgradnji. Tehnična specifikacija za javne ceste TSC 06.310; 2001. Vezane zgornje nosilne in nosilnoobrabne plasti z bitumenskimi vezivi, ki je veljala v času izvajanja del, navaja, da sme povprečna debelina asfaltne plasti od projektirane debeline asfaltne plasti odstopati navzdol največ 10 %, posamezne ugotovljene vrednosti debelin plasti pa smejo navzdol odstopati največ 30 % projektne debeline (v primeru debeline 4,2cm – vzorec št. 4 kriteriju ne zadošča).

Rezultati stopnje zgoščenosti plasti in vsebnosti votlin v plasti (pri izračunu so bili upoštevani podatki iz Tabele št. 4) kažejo, da je pri vseh preiskanih vzorcih stopnja zgoščenosti manjša od zahtevane (tako po novi, kot po stari takrat veljavni tehnični specifikaciji za ceste TSC), vsebnost votlin v plasti pa večja od zahtevane (le pri enem vzorcu votlavost plasti še ustreza po novi specifikaciji TSC). Pri nekaterih vzorcih so odstopanja od zahtev še razmeroma majhna, pri drugih pa dokaj velika.

5.3 *Laboratorijske preiskave odvzetih vzorcev*

5.3.1 *Laboratorijske preiskave nevezane nosilne plasti*

Skladno z zahtevo naročnika smo v vsakem sondnem razkopu odvzeli vzorec tamponskega materiala za določitev osnovnih in najpomembnejših karakteristik za oceno primernosti

materiala za vgradnjo v zaključne plasti cestne konstrukcije (nevezane nosilne plasti) pod asfaltom. Kriterije za oceno ustreznosti smo privzeli po Splošnih tehničnih pogojih za gradnjo cest 1989, knjiga 4 "Posebni tehnični pogoji za voziščne konstrukcije", ki jih je izdala Skupnost za ceste Slovenije. Upoštevana so tudi vsa kasnejša sprejeta dopolnila, ki so bila izdana v posameznih knjigah.

Skladno z naročilom smo opravili naslednje laboratorijske preiskave:

- klasifikacija.....JUS U.B1.001/1990 Klasifikacija zemljin
- določitev naravne vlažnosti W₀.....SIST-TS CEN ISO/TS 17892-1
Geotehnično preiskovanje in preskušanje – Laboratorijsko preskušanje zemljin – 1. del: Ugotavljanje vlažnosti
- zrnavost (U, C, delež delcev manjših od 0,063 mm).....SIST-TS CEN ISO/TS 17892-4 Geotehnično preiskovanje in preskušanje – Laboratorijsko preskušanje zemljin – 4. del: Ugotavljanje zrnavostne sestave

Rezultati preiskav so razvidni iz tabele.

La b. št.:	Mesto odvzema:	Opis vzorca:	Klasifikacija:	Naravna vlaž- nost:	Zrnavost:			Opombe:
			U.S.C.S.	W ₀	U	C	< 0,063 mm	
				%	%	%	%	
1	S1	preperel dolomit, rjavo sive barve	GM	3,27	107,7	5,2	12,2	NEUSTREZEN
2	S2 Leto izvedbe 2004	preperel dolomit, temnorjav	GP-GM	4,10	215,1	6,3	11,1	NEUSTREZEN
3	S3 Leto izvedbe 2003	preperel dolomit, temnorjav s kosi melja	GM	5,74	294,7	5,74	13,6	NEUSTREZEN
4	S4	preperel dolomit, siv, s kosi melja sivo-črne barve	GM	3,34	113,8	6,2	12,3	NEUSTREZEN
5	S5 Leto izvedbe 2003	preperel dolomit, siv	GM	4,63	112,1	3,6	12,6	NEUSTREZEN
6	S6 Leto izvedbe 2004	preperel dolomit, siv	GP-GM	2,66	42,3	3,3	7,9	USTREZEN
7	S7	preperel dolomit, siv	GP-GM	2,88	61,8	4,6	9,1	ŠE USTREZEN
8	S8	preperel dolomit, svetlo rjav, s prodniki	GM	3,98	180,7	7,8	13,3	NEUSTREZEN
9	S9	preperel dolomit, sivorjav	GP-GM	3,56	103,1	5,4	11,1	NEUSTREZEN

Tabela 5: Rezultati preiskav zemeljskih del

Vir: Interno gradivo podjetja XY

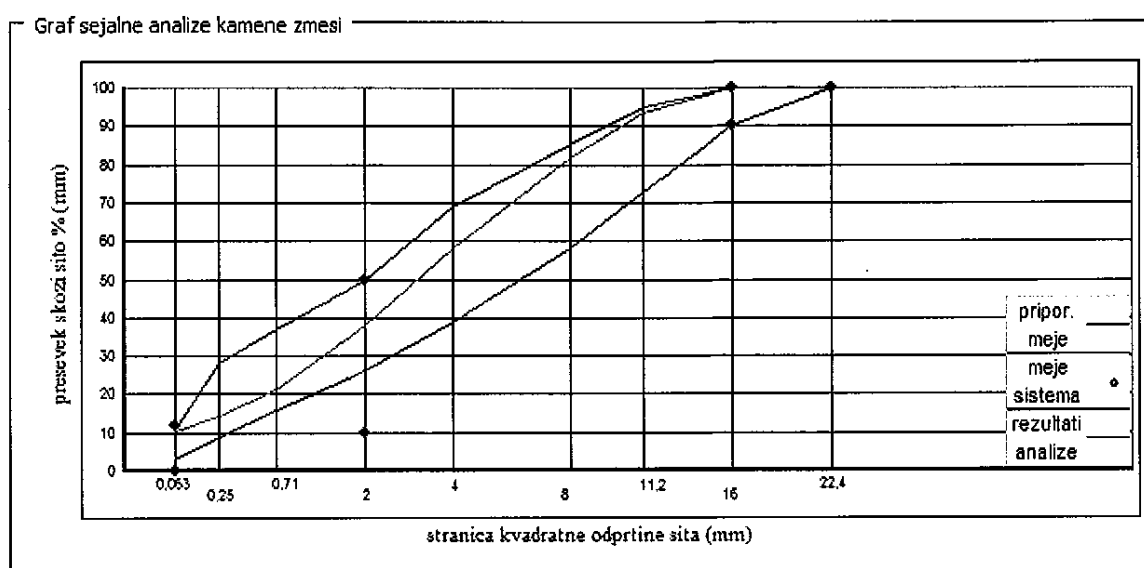
5.3.2 Laboratorijske preiskave bituminizirane zmesi

Za preiskave asfaltne zmesi so se najprej segreli vzorci plasti, se razpustili, razprostrli, združili v eno zmes. Iz njih se je nato pripravil en vzorec bituminizirane zmesi. V spodnji tabeli in grafu so prikazani rezultati preiskav presevne krivulje kamene zmesi v tem vzorcu:

	Sejalna analiza kamene zmesi % (m/m):								
sito	0,063	0,25	0,71	2,0	4,0	8,0	11,2	16,0	22,4
presevek	10,5	14,5	20,9	37,9	58,1	81,8	93,4	100	100

Tabela 6: Rezultati sejalne analize kamene zmesi

Vir: Interno gradivo podjetja XY



Graf 1: Sejalna analiza kamene zmesi

Vir: Interno gradivo podjetja XY

Presevna krivulja kamene zmesi sicer poteka v predpisanem mejnem območju (tako znotraj mejnih vrednosti za sistem AC16 surf, kot tudi znotraj priporočenih vrednosti za tovrstno zmes), ugotovljen pa je razmeroma majhen delež bolj grobih zrn (vrednosti presevkov na sitih 8,0 in 11,2 mm sta dokaj visoki).

V spodnji tabeli so prikazani rezultati ekstrahiranega bitumenskega veziva:

Oznaka vzorca:	Vsebnost veziva in lastnosti ekstrahiranega bitumna			
	Vsebnost:	Zmehčišče PK:	Penetracija:	Pretrgališče po Fraassu:
	% (m/m)	°C	mm/10	°C
A1	5,0	54,4	31	-8

Tabela 7: Vsebnost veziva in lastnosti ekstrahiranega bitumna

Vir: Interno gradivo podjetja XY

Ker za preiskovano asfaltno zmes, ne poznamo predhodne sestave (recepture), ne moremo primerjati ugotovljene vsebnosti bitumenskega veziva s predvideno oziroma z optimalno vrednostjo. Glede na izkušnje, poznavanje slovenskih kamenih materialov in tudi glede na ugotovljene prostorske lastnosti preiskane bituminizirane zmesi (Tabela št. 8) pa menimo, da je vsebnost bitumna zadostna oziroma primerna.

Glede na rezultate preiskav ekstrahiranega bitumna ocenjujemo, da je stopnja dosedanje otrditve bitumenskega veziva (ob dejstvu, da je bila bituminizirana zmes vgrajena leta 2008 in ob predpostavki, da je bil v bituminizirani zmesi uporabljen bitumen B70/100) še razmeroma majhna in v okviru pričakovanega – za približno dve stopnji v lastnostih zmehčišča po preiskavi PK in penetracije.

Na osnovi ugotovljenih lastnosti preiskanega ekstrahiranega bitumna (temperatura zmehčišča in penetracije) je bila za preiskavo prostorske gostote po Marshallu določena temperatura nabijanja, oziroma zgoščanja po Marshallovih preizkušancev 161 °C (kot za cesto-gradbeni bitumen tipa B35/50).

V spodnji tabeli so rezultati preiskav prostorskih lastnosti asfaltne zmesi.

Oznaka vzorca:	Lastnosti bituminizirane zmesi				
	Največja gostota bituminizirane zmesi:	Prostorska gostota po Marshallu:	Vsebnost votlin v asfaltni plasti:	Stopnja zapolnjenosti votlin z bitumnom:	Največja gostota kamene zmesi:
	kg/m ³	kg/m ³	% (v/v)	% (v/v)	kg/m ³
	A2	2612	2526	3,3	79,0
Zahteve v SIST 1038-1 za lahko prometno obremenitev			1,5–5	75–89	-

Tabela 8: Prostorske lastnosti asfaltne zmesi

Vir: Interno gradivo podjetja XY

Glede na podane zahteve SIST vsebnost votlin v asfaltni zmesi in stopnja zapolnjenosti votlin v kameni zmesi z bitumnom ustreza zahtevam.

5.4 Analiza rezultatov

5.4.1 Zemeljska dela

Preiskave kakovosti vgrajenega materiala in nosilnosti planuma tamponske plasti so se izvajale na mestih, kjer je bila asfaltna plast že mrežasto razpokana. Rezultati meritev dinamičnega modula nosilnosti kažejo zelo velik raztros vrednosti, od zelo slabe nosilnosti do zelo dobre nosilnosti. Ugotovitev je, da se slaba nosilnost pojavlja predvsem tam, kjer je debelina tamponskega nasutja zelo majhna, v podlagi pa se nahaja glina ali preperina laporja. Kot tamponski material je na vseh preiskanih mestih uporabljen preperel dolomit. Preperelost osnovne hribine je tolikšna, da se pridobiva brez predhodnega miniranja in drobljenja. Rezultati osnovnih laboratorijskih preiskav izkazujejo za vse vzorce, razen za vzorec št. S6, previsoke deleže finih delcev < 0,063 mm.

Delež finih delcev pogojuje zmrzlinško odpornost tamponskega materiala. V posebnih tehničnih pogojih za voziščne konstrukcije je dovoljen maksimalen delež finih delcev, manjših od 0,063 mm, v vgrajenem stanju, 8 % mase materiala. Obravnavan material je zelo občutljiv na vlago. Zaradi visokega deleža drobnih zrn (peska) v celotni strukturi materiala, se mu s povečanjem vlage, zaradi pomanjkanja skeletnih zrn, ki zagotavljajo notranje trenje, nosilnost bistveno zmanjša. Poleg tega je material slabše prepusten in se iz njega počasneje izceja voda. Za takšen tip cest, kot so obravnavane, je značilno, da se poškodbe pojavijo po spomladanski odjugi, ko se v zgornjih plasteh pod asfaltom pojavljajo viški vode, ki povzročijo padec nosilnosti, nastanek prevelikih deformacij in s tem poškodbe na asfaltu. Na osnovi izvedenih meritev in preiskav je enotna ugotovitev, da je kakovost vgrajenega tamponskega materiala neustrezna. Poleg tega je debelina tamponskega nasutja na posameznih mestih izrazito premajhna za prevzem obremenitev, ki jih povzroča promet.

5.4.2 *Asfaltne plasti in bituminizirana zmes*

Na podlagi izvedenih preiskav in meritev ocenjujemo kakovost proizvedene bituminizirane zmesi kot ustrezno, kakovost vgrajene asfaltne plasti pa v splošnem kot neustrezno. Pri večini preiskanih vzorcev plasti je bila ugotovljena premajhna debelina, premajhna stopnja zgoščenosti in prevelika vsebnost prostih votlin v plasti. Pri veliki vsebnosti prostih votlin v plasti (kot posledice premajhne zgoščenosti plasti) namreč površinska voda že lahko odteka v notranjost voziščne konstrukcije, kar vpliva na zmanjšanje njene nosilnosti in obstojnosti oziroma trajnosti voziščne konstrukcije (zlasti pri pretankih plasteh v povezavi s cikličnim procesom zmrzovanja in odtajevanja vode v konstrukciji v zimskem času). Velika votlavost plasti pa pomeni tudi hitrejšo oksidacijo, to je otrdevanje bitumenskega veziva – bitumen postane manj elastičen in manj odporen na temperaturne spremembe v okolju, kar pospešuje proces staranja asfaltne plasti in predčasen nastanek poškodb.

Glede na vrsto in obseg poškodb voziščne konstrukcije pa menimo, da vzrokov zanje ne gre iskati zgolj v ugotovljeni neustrezni kakovosti in premajhni debelini asfaltne plasti, ampak tudi v kakovosti vgrajenega materiala nevezane nosilne plasti in debelini kamnitega nasutja.

6 PREDLOG SANACIJE POŠKODOVANEGA CESTIŠČA

6.1 Osnove

Po končani gradnji ceste je potrebno cesto vzdrževati, da lahko po njej nemoteno poteka promet. Spremembe na cesti lahko le-tej škodujejo, zato je potrebno cesto redno nadzorovati, vse poškodbe na cesti evidentirati, da se lahko odločimo za pravilno sanacijo nastalih poškodb. Popravilo poškodb na asfaltnih voziščih razdelimo na redno vzdrževanje (ohranitev uporabnosti ceste) in investicijsko vzdrževanje (gradbeno vzdrževanje za ohranitev gradnje). Sanacijo se lahko izvede z različnimi uveljavljenimi tehnološkimi postopki. Tehnološki postopek sanacije izberemo po naslednjih pogojih, in sicer po:

- stroških sanacije;
- učinkovitosti sanacije (podaljšanje življenjske dobe ceste);
- vplivu sanacije na uporabo in okolje.

Med redno vzdrževanje štejemo predvsem popravilo razpok, stikov in krpanje udarnih jam (Henigman, idr, 2006, 209). Ta popravila so odvisna od vremenskih razmer. Pri popravilu skušamo zagotoviti podobne vozne lastnosti površine, kakor jih ima poškodovana asfaltna površina. Popravilo poškodbe moramo izvesti tako, da ne nastane na bližnji vozni površini že v kratkem času nova poškodba.

Med gradbeno vzdrževanje sodijo (Henigman, idr, 2006, 209):

- preplastitve, s katerimi preprečimo propadanje voziščne konstrukcije in izboljšamo lastnosti vozne površine;
- ojačitev voziščne konstrukcije, kjer izboljšamo nosilnost obstoječega vozišča;
- obnova ceste, z nadomestitvijo ali nadgraditvijo voziščne konstrukcije cesto obnovimo.

Tehnologijo popravila ceste izberemo glede na vrsto poškodb in prometno obremenitev.

6.2 Določitev stanja vozišča pred sanacijo

Preden začnemo z obnovo ali s sanacijo ceste, je potrebna določitev obstoječega stanja voziščne konstrukcije. Stanje obstoječe voziščne konstrukcije lahko določimo z meritvami

podajnosti voziščne konstrukcije z defletometrom s padajočo utežjo (FWD – falling weight deflectometer). Rezultat meritev je elastični modul materiala v vsaki plasti voziščne konstrukcije.



Slika 16: Defletometer s padajočo utežjo (FWD – falling weight deflectometer)

Vir: <http://www.ce.umn.edu/~guzina/fwd.jpg>, z dne 19. 11. 2011

Z vizualno oceno stanja vozne površine (metoda MSI – modificiran švicarski indeks) ugotovimo vrsto poškodb in vzroke za nastanek. Pri določitvi MSI stopnje upoštevamo razpoke, obrabo, udarne jame in krpe, ugotovimo pa tudi deformiranost vozišča.

Za določitev geotehničnih in hidroloških razmer se na terenu izvede sondažni razkop v vozišču. Z meritvami deformacijskih modulov z VSS aparatom ali s ploščo z lahko padajočo utežjo ali z meritvami z dinamičnim penetrometrom določimo kalifornijski indeks (CBR – California Bearing Ratio) nosilnosti temeljnih tal. S sondažnimi razkopi preverimo tudi dejansko stanje vgrajenih materialov v voziščno konstrukcijo. Preverimo debelino vgrajenih plasti, nosilnost nevezane nosilne plasti, posteljice in temeljnih tal. Odvzamejo se tudi vzorci materialov voziščne konstrukcije in temeljnih tal.

6.3 Priprava podlage pred sanacijo

Preden se lotimo popravila asfaltnega vozišča, moramo zagotoviti, da je podlaga dovolj nosilna in stabilna ter čista in suha.

Iz podlage je potrebno očistiti prah, vodo, označbe na vozišču, slabo vezana zrna vgrajene asfaltne plasti in vse druge snovi, ki bi vplivale na oprijemljivost. Čiščenje izvedemo s strojnimi metlami, krtačami in z zrakom pod pritiskom. Kadar z našteto opremo ni možno zagotoviti čiste površine, izvedemo čiščenje z vodnim curkom. Ob čiščenju z vodo moramo zagotoviti, da je vsa voda odstranjena iz površine in votlin, kajti voda bi poslabšala zlepljenost nove plasti z obstoječo (Henigman, idr, 2006, 210).

Kadar so klimatski pogoji slabi, je potrebno zagotoviti predgretje podlage z grelniki z infrardečimi žarki oziroma s toplim zrakom.

Če je podlaga opustela, zaprašena, odrezkana je potreben predhoden pobriz z bitumenskim vezivom. Paziti moramo na primerno količino porabljenega pobrizga, ki je odvisna od hrapavosti in votlavosti podlage, kakovosti bitumenskega veziva na površini podlage in deleža votlin v uporabljeni bituminizirani zmesi za popravilo.

Stike med obstoječo in novo bituminizirano zmesjo je potrebno primerno obdelati, da zagotovimo tesen in obstojen stik. Stike je potrebno zasekati ostro in čim bolj navpično, zasekana površina pa mora biti hrapava. Stik mora biti namazan s predhodnim premazom, lahko pa stikovanje tudi izvedemo z bitumenskim lepilnim trakom, zalivno zmesjo ali s predhodnim segrevanjem območja stika.

6.4 Sanacija udarne jame

Ob sanaciji udarne jame je potrebno robove oblikovati v pravokotnik s stranicami, ki so odmaknjene vsaj 20 cm od robov udarne jame in so vzporedne oziroma pravokotne na os ceste. Preden začnemo z gradnjo bituminizirane zmesi, je potrebno pripraviti podlago in robove skladno s točko 6.3. Bituminizirano zmes, ki jo želimo vgraditi v udarno jamo, je potrebno izbrati glede na globino poškodbe. Kadar je globina poškodbe večja, vgradimo bituminizirano plast v več plasteh. Pri vgradnji bituminizirane zmesi je potrebno upoštevati vse tehnološke postopke, ki jih zahteva vgradnja takšne asfaltne plasti (razprostiranje, zgoščevanje, temperatura).

Pozimi se pogosto pojavijo udarne jame, ki jih za zagotovitev varne vožnje pokrpamo začasno s hladno bituminizirano zmesjo. Takšno popravilo je začasnega značaja do ustreznih vremenskih razmer, ko izvedemo trajnejšo popravilo udarnih jam. Kadar imamo na odseku ceste veliko manjših udarnih jam na manjši razdalji, je primernejši ukrep izvedbe preplastitve oziroma ojačitve (Henigman, idr, 2006, 211).

6.5 Sanacija razpok in odprtih stikov

Preden se lotimo popravila razpok, jih je z ustreznim postopkom rezkanja ali z vročim zrakom pod pritiskom potrebno pripraviti na sanacijo.

Tehnološki postopek popravila je odvisen od širine razpoke (Henigman, idr., 2006, 211):

- lasaste in ozke razpoke do širine 3 mm zatesnimo s penetracijo, primerno viskoznega bitumenskega veziva;
- široke razpoke in stike razširimo z rezkanjem na najmanj 15 mm in jih oblikujemo tako, da znaša globina žleba 1,5 kratno širino, vendar ne več kot 30 mm. Kadar so razpoke in stiki zelo široki, je lahko globina enaka širini izrezkanega žleba.

Kadar rezkamo, moramo odstraniti krhko vezivo in ohrapljene površine sten ob razpoki ali stiku. Za zagotovitev ustrezne zlepljenosti je očiščene žlebove potrebno premazati z ustreznim bitumenskim vezivom. Kadar zalivamo razpoke ali stike globlje od 30 mm, jih je potrebno zaliti večkrat; ob nižjih temperaturah od 20 °C moramo zaliti pod zgornji rob.

Zalivanje razpok je smotno, kadar število razpok na 1 m² ne presega 1 m¹ (Henigman, idr., 2006, 211).



Slika 17: Primer sanirane razpoke

Vir: Lasten

6.6 Sanacija poškodovanih robov

Vzrok poškodovanja robov asfaltnih vozišč je največkrat neustrezno odvodnjavanje, ki ga je pred sanacijo nujno potrebno urediti. V kolikor ugotovimo nenosilnost (razmočenost) vgrajenih materialov, moramo izvesti zamenjavo do planuma spodnjega ustroja. Ob poškodovanem robu je potrebno odstraniti najmanj 10 cm čvrste krovne plasti. Na pripravljeno podlago vgradimo bituminizirano zmes po ustreznem tehnološkem postopku (debelina plasti, izbrana receptura, zgoščevanje ...). Za zagotovitev ustrezne opore robu voziščne konstrukcije je potrebno ustrezno utrditi bankino. Stik popravljenega roba vozišča z obstoječim je potrebno pripraviti s tesnilnim trakom, prilepljenim na obdelan rob obstoječe čvrste krovne plasti. Stik lahko tudi pripravimo z bitumensko zalivno zmesjo, vgrajeno v ustrezno oblikovan žleb. V širini 10 cm je potrebno v območju stika izvesti premaz z ustreznim bitumenskim vezivom (Henigman, idr., 2006, 211).

6.7 Izvedba preplastitve

Izdelavo preplastitve izvedemo v naslednjih primerih, in sicer (Henigman, idr., 2006, 212):

- kadar želimo popraviti ravnost vozne površine;
- kadar želimo izboljšati torne sposobnosti asfaltnega vozišča;
- zaradi razpok v obrabni plasti;
- nadomeščanje obrabljene in okrušene bituminizirane zmesi;
- povečanje nosilnosti in odpornosti proti preoblikovanju asfaltnega vozišča.

Za doseganje ciljev preplastitve je zelo pomembno, da vgrajena plast doseže lastnosti zlepljenosti in zaklinjenosti z ustrezno pripravljeno podlago. Za dosego zlepljenosti in zaklinjenosti se lahko izvede rezkanje obstoječe krovne plasti.

Pri vgradnji nove bituminizirane plasti je potrebno upoštevati tehnološke postopke za izdelavo preplastitve, debelino plasti preplastitve pa je potrebno ustrezno dimenzionirati.

S preplastitvijo zmanjšamo utrujanje voziščne konstrukcije, povečana debelina asfaltne krovne plasti pa lahko poveča odpornost na obremenitve.

6.8 *Izvedba ojačitve*

Ojačitev pomeni vgradnjo več dodatnih plasti bituminiziranih zmesi na obstoječo voziščno konstrukcijo. Z ojačitvijo dosežemo povečanje trajnosti in nosilnosti voziščne konstrukcije, izboljšajo pa se tudi vse lastnosti, ki jih ima izvedba preplastitve (opisano pod točko 6.7) (Henigman, idr., 2006, 212).

Pri vgradnji novih bituminiziranih plasti je potrebno upoštevati tehnološke postopke za izdelavo ojačitve, debelino plasti ojačitev pa je potrebno ustrezno dimenzionirati.

6.9 *Obnova*

Obnova ceste je ukrep, s katerim voziščno konstrukcijo vrnemo v prvotno stanje. To lahko naredimo z nadomestitvijo plasti poškodovanih ali utrujenih materialov z novimi, lahko pa tudi nadgradimo obstoječo voziščno konstrukcijo z novo. Za izvedbo obnove se mora pripraviti vsa dokumentacija in izdelava kot pri novogradnji (Henigman, idr., 2006, 212). Pri obnovi poskušamo v največji meri še vse uporabne materiale obstoječe voziščne konstrukcije na ustrezen način reciklirati in jih ponovno uporabiti (v ustrezne namene).

7 ZAKLJUČEK

V tem diplomskem delu sem predstavil problematiko gradnje in obstojnosti cest v Sloveniji s strokovnega vidika.

Uporabniki cest se velikokrat sprašujejo, zakaj se na nekaterih cestah pojavijo prve poškodbe že pred iztekom garancijske dobe (garancijska doba je med 2–10 let).

Vzroki za to so lahko zelo različni. Najpogosteje pa so le-ti kar kombinacija različnih dejavnikov, in sicer:

- prometna obremenitev;
- klimatski vplivi;
- pomanjkljiva izvedba;
- slabo vzdrževanje;
- neprimerna uporaba.

Že pri projektiranju moramo upoštevati prvi dejavnik, ki je vzrok za poškodbe na cesti, to je prometna obremenitev. Določimo jo glede na število in vrsto prometa ter projektirano kategorijo ceste. Prometna obremenitev na cesti povzroča različne sile (horizontalne, vertikalne, sesalne), ki vplivajo večinoma na površino obrabne plasti. Zaradi povečanja prometa se z leti povečuje tudi obremenitev cest.

Tudi klimatske razmere vplivajo na obstojnost cest. Ob neprimernem odvodnjavanju voda vstopa v voziščno konstrukcijo, kar zmanjšuje nosilnost vgrajenih materialov, delež vode v konstrukciji se poveča, regeneracija bitumenske plasti se zmanjša. Cesto obremenjujejo tudi temperature. Na obstojnost cest najbolj vplivajo nizke temperature, visoke temperature in pa predvsem velike temperaturne razlike (pomladi in jeseni so lahko dnevna nihanja temperature tudi do 20 °C).

Kadar govorimo o kakovosti naših cest, je najpogostejši očitek slaba izvedba. Pri izvedbi lahko pride do napak zaradi:

- slabe priprave podlage;
- uporabe neustreznih materialov;

- neustrezno izbrane bituminizirane zmesi;
- neustrezne proizvodnje zmesi;
- neustreznega vgrajevanja oz. izdelave asfaltne plasti;
- pomanjkljivega odvodnjavanja.

Tudi najboljša cesta ob nepravilnem vzdrževanju razpade.

Med neprimerno vzdrževanje štejemo pomanjkljivo obdelavo razpok, neprimerno krpanje udarnih jam, slabo odvodnjavanje in slabo vzdrževanje bankin. Pod neprimerno vzdrževanje štejemo tudi nestrokovno izvajanje zimske službe.

Vzrok za poškodbe na vozišču je tudi neprimerna uporaba ceste. Pod neprimerno uporabo štejemo preveliko osno obremenitev (izredni prevozi, vozila z gosenicami, uporaba pnevmatik z jeklenimi konicami na gorskih cestah), uporaba verig na suhi cesti, razlitje agresivnih snovi na asfaltno površino (naftni derivati).

Posledica vseh naštetih vzrokov so poškodbe na cestah.

Takšne poškodbe lahko razdelimo na:

- preoblikovanja;
- razpoke;
- razgraditev;
- poškodbe površine.

Kadar prekoračimo strižne in tlačne trdnosti materiala, nastanejo preoblikovanja. Razdelimo jih na prečna preoblikovanja (kolesnice, žlebovi, povesi), vzdolžna preoblikovanja (valovi, perilnik, grebeni) in nepravilna oblikovanja (grebeni, posedki, dvigi).

Razpoke glede na širino delimo na lasaste razpoke, ozke razpoke, široke razpoke in zelo široke razpoke. Glede na lego na vozni površini poznamo prečne razpoke, vzdolžne razpoke in nepravilno oblikovane razpoke. Mrežaste razpoke, ki nastanejo istočasno ali v časovnem razmiku glede na obremenitve v voziščni konstrukciji, delimo na grobe mrežaste razpoke, drobne mrežaste razpoke in valjasto oblikovane razpoke. Najpogostejše nastanejo razpoke zaradi prekoračitve nateznih trdnosti bituminiziranih zmesi.

Razgraditve nastanejo ob prekoračitvi sil vezanja, ki jih zagotovi bitumensko vezivo, prekoračitev natezne trdnosti asfaltne plasti je vzrok postopne razgraditve, prekoračitev odtržne trdnosti pa privede do ločitve posameznih plasti.

Poškodbe površine nastajajo ob škodljivih spremembah na vozišču. Te spremembe na asfaltni površini zmanjšujejo torne sposobnosti vozne površine (izstopanje bitumenskega veziva, bitumenske malte, vode ali zemlje), odpornost proti preoblikovanju (učinki naftnih derivatov) in vplivajo na trajnost voziščne konstrukcije (odvodnjavanje, neurejene vrtine ...).

V praktičnem primeru sem opisal primer ogleda poškodovanih cest, preiskave, izvedene na terenu, predstavil sem laboratorijske preiskave odvzetih vzorcev nevezane nosilne plasti in bituminizirane zmesi. V primeru je obravnavanih devet cest v skupni dolžini 9000 m, na katerih so se že v času garancijske dobe pojavile številne poškodbe. Prve razpoke so se pojavile že po enem letu izgradnje ceste. V času ogleda smo na vozišču evidentirali lokalne mrežaste razpoke, vzdolžne razpoke, posamezne udarne jame, manjše zdrse brežin in v manjšini tudi prečne razpoke. Za ugotovitev vzrokov poškodb so se izvedli sondni razkopi, kjer so se preverili sestava temeljnih tal, debelina in kakovost nevezane nosilne plasti in debeline asfaltne plasti. Na nevezani nosilni plasti pod asfaltno plastjo so se izvedle meritve dinamičnega deformacijskega modula. Na odvzetih vzorcih nevezane nosilne plasti so se izvedle laboratorijske preiskave. Odvzeti vzorci bituminizirane plasti so se združili v eno zmes, iz katere so se naredile preiskave zrnivosti kamnite zmesi, preiskave ekstrahiranega bitumenskega veziva in preiskave prostorskih lastnosti bituminizirane zmesi. Iz izvedenih preiskav lahko sklepamo, da sta vzroka za poškodbe neustrezna kakovost in premajhna debelina nevezane nosilne plasti, tudi debeline asfaltne plasti so pri večini vzorcev premajhne, prav tako ne ustreza zgoščenost in vsebnost votlin v asfaltni plasti. Pri veliki vsebnosti prostih votlin v plasti (kot posledice premajhne zgoščenosti plasti) površinska voda že lahko odteka v notranjost voziščne konstrukcije, kar vpliva na zmanjšanje njene nosilnosti in obstojnosti oziroma trajnosti voziščne konstrukcije (zlasti pri pretankih plasteh v povezavi s cikličnim procesom zmrzovanja in odtajevanja vode v konstrukciji v zimskem času). Velika votlavost plasti pomeni tudi hitrejšo oksidacijo. To je otrdevanje bitumenskega veziva – bitumen

postane manj elastičen in manj odporen na temperaturne spremembe v okolju, kar pospešuje proces staranja asfaltne plasti in predčasen nastanek že opisanih poškodb.

Cilj naloge je bil prikazati, kako lahko optimiziramo gradnjo in vzdrževanje cest ter s tem podaljšamo obstojnost cest in posledično zmanjšamo stroške vzdrževanja.

Na ohranitev (obstojnost) cest vpliva več dejavnikov. Vse se začne v projektivnem biroju s pravilno izbrano voziščno konstrukcijo in primernimi ukrepi za izboljšanje temeljenja. Primerni vhodni materiali, dobre recepture bituminiziranih zmesi, certificirana asfaltna baza, ustrezen transport, vgrajevanje na kvalitetno pripravljeno podlago z ustrezno usposobljeno ekipo ljudi za asfalterška in gradbena dela so predpogoj za kvalitetno izdelano cesto.

Vendar tudi kvalitetno izdelano cesto načne zob časa, če je ne vzdržujemo. Vsak skrbnik ceste mora zagotoviti sistem rednega vzdrževanja cest in program rednega vzdrževanja cest. Med redno vzdrževanje cest štejemo pregledniško službo, redno vzdrževanje prometnih površin, prometne signalizacije, vegetacije, čiščenje cest in zimsko službo (Pravilnik o vrstah vzdrževalnih del, 13. člen). Oceno primernosti vzdrževanja cest nam podajo meritve torne sposobnosti, vzdolžne in prečne ravnosti, nosilnosti in opis poškodovanosti na osnovi vizualne ocene. Seveda je primeren pokazatelj dobro vzdrževane ceste tudi udobnost vožnje po njej.

V kolikor upoštevamo vse našete pogoje pri izvedbi in vzdrževanju cestišča, lahko pričakujemo, da bo cesta zadostila zahtevam, ki jih predpisujejo smernice in standardi ter nenazadnje tudi zahtevam po trajnem in udobnem vozišču, ki ga pričakujemo uporabniki cest.

8 LITERATURA IN VIRI

8.1 Literatura

1. Kresnik, A., Orož Hanžič, S.: *Urbanizacija prometa in cestna infrastruktura*, Zavod IRC, Ljubljana, 2011.
2. Henigman, S. idr.: *Asfalt*, Združenje Asfalterjev Slovenije (ZAS), Ljubljana, 2006.

8.2 Viri

1. Bebar, M., Trotošek S.: *Vplivi vode na trajnost cest*, 10. Slovenski kongres o cestah in prometu, Portorož, 2010.
2. Henigman, S., Petkovšek, A., Cotič, Z., Oblak, R., Ravnikar Turk M., Prosen J.: *Kakovost gradnje in vzdrževanja cestne infrastrukture*, 9. kongres o cestah in prometu, Portorož, 2008).
3. Jugoslovanski zavod za standardizacijo: *JUS U.B1.001/90 - Klasifikacija zemljin*, Jugoslovanski zavod za standardizacijo, 1990.
4. Republika Slovenija, Ministrstvo za promet: *TSC 08.311/1 : 2005 Redno vzdrževanje cest, Vzdrževanje prometnih površin, Asfaltna vozišča*, Direkcija Republike Slovenije za ceste, Ljubljana, 2001.
5. Republika Slovenija, Ministrstvo za promet: *Odlok o načinu izvajanja obvezne gospodarske javne službe »Urejanje in vzdrževanje občinskih cest in drugih javnih površin«*, Uradni list RS, št. 6/2006 z dne 20. 1. 2006.
6. Republika Slovenija, Ministrstvo za promet: *Pravilnik o vrstah vzdrževalnih del na javnih cestah in nivoju rednega vzdrževanja javnih cest*, Uradni list RS, št. 62/1998 z dne 11. 9. 1998.
7. Republika Slovenija, Ministrstvo za promet: *Zakon o cestah (ZCes-1)*, Uradni list RS, št. 109-5732/2010, 2010.
8. Republika Slovenija, Ministrstvo za promet: *Zakon o javnih cestah*, Uradni list RS, št. 33/2006, 2006.

9. Republika Slovenija, Ministrstvo za promet: *Pravilnik o projektiranju cest*, Uradni list RS, št. 91/2005, 2005.
10. Republika Slovenija, Ministrstvo za promet: *TSC 06.310: 2001 Vezane zgornje nosilne in nosilnoobrabne plasti z bitumenskimi vezivi*, Direkcija Republike Slovenije za ceste, Ljubljana, 2001.
11. Republika Slovenija – Ministrstvo za promet, *TSC 06.300/06.410:2009: Smernice in tehnični pogoji za graditev asfaltnih plasti*, Uradni list RS, št. 65/09, Direkcija Republike Slovenije za ceste, Ljubljana, 2009.
12. Slovenski standard *SIST-TS CEN ISO/TS 17892-1:2004 - Geotehnično preiskovanje in preskušanje - Laboratorijsko preskušanje zemljin - 1. del: Ugotavljanje vlažnosti*, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2004.
13. Slovenski standard *SIST-TS CEN ISO/TS 17892-4:2004 - Geotehnično preiskovanje in preskušanje – Laboratorijsko preskušanje zemljin – 4. del: Ugotavljanje zrnastostne sestave*, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2004.
14. Slovenski standard *SIST 1038-1:2008 Bituminizirane zmesi - Specifikacije materialov - 1.del: Bitumenski beton - Zahteve - Pravila za uporabo SIST EN 13108-1*, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, 2008.
15. Podjetje XY: *Interno gradivo podjetja*, Ljubljana.

8.3 Internetni viri

1. <http://sl.wikipedia.org/wiki/Cesta> z dne 5. 11. 2011.
2. http://pavementinteractive.org/index.php?title=Main_Page z dne 10. 12. 2010.
3. <http://www.asphaltacademy.co.za/default.php> z dne 5. 11. 2011.
4. http://164.8.132.54/Logisticna_infrastruktura_VS/Infrastruktura%20cestnega%20prometa.pdf z dne 5. 11. 2011