

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta  
za gradbeništvo  
in geodezijo



Jamova cesta 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/>

**DRUGG** – Digitalni repozitorij UL FGG  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

To je izvirna različica zaključnega dela.

Prosimo, da se pri navajanju sklicujete na bibliografske podatke, kot je navedeno:

Pezdir, A., 2016. Primerjava metod dimenzioniranja voziščnih konstrukcij po TSC in nemških smernicah ter izdelava kataloga voziščnih konstrukcij. Diplomski naloga. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo. (mentor Pulko, B.): 50 str.

Datum arhiviranja: 13-09-2016

University  
of Ljubljana

Faculty of  
Civil and Geodetic  
Engineering



Jamova cesta 2  
SI – 1000 Ljubljana, Slovenia  
<http://www3.fgg.uni-lj.si/en/>

**DRUGG** – The Digital Repository  
<http://drugg.fgg.uni-lj.si/>

This is original version of final thesis.

When citing, please refer to the publisher's bibliographic information as follows:

Pezdir, A., 2016. Primerjava metod dimenzioniranja voziščnih konstrukcij po TSC in nemških smernicah ter izdelava kataloga voziščnih konstrukcij. B.Sc. Thesis. Ljubljana, University of Ljubljana, Faculty of civil and geodetic engineering. (supervisor Pulko, B.): 50 pp.

Archiving Date: 13-09-2016

Univerza  
v Ljubljani

Fakulteta za  
*gradbeništvo in  
geodezijo*



Jamova 2  
1000 Ljubljana, Slovenija  
telefon (01) 47 68 500  
faks (01) 42 50 681  
fgg@fgg.uni-lj.si

VISOKOŠOLSKI ŠTUDIJSKI  
PROGRAM GRADBENIŠTVO  
DIFERENCIALNI 3.L PO VŠ-  
VSS

Kandidatka:

**ALENKA PEZDIRC**

**PRIMERJAVA METOD DIMENZIONIRANJA  
VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJ PO TSC IN NEMŠKIH  
SMERNICAH TER IZDELAVA KATALOGA  
VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJ**

Diplomska naloga št.: 575/SOG

**COMPARISON OF METHODS FOR PAVEMENT  
STRUCTURAL DESIGN ACCORDING TO TSC AND  
GERMAN GUIDELINES WITH PAVEMENT DESIGN  
CATALOGUE**

Graduation thesis No.: 575/SOG

**Mentor:**

doc. dr. Boštjan Pulko

Ljubljana, 09. 09. 2016



»Prazna stran«

Spodaj podpisana študentka Alenka Pezdirc, vpisna številka 26108932, avtorica pisnega zaključnega dela študija z naslovom: Primerjava metod dimenzioniranja voziščnih konstrukcij po TSC in nemških smernicah ter izdelava kataloga voziščnih konstrukcij

#### IZJAVLJAM

1. da je pisno zaključno delo študija rezultat mojega samostojnega dela;
2. da je tiskana oblika pisnega zaključnega dela študija istovetna elektronski obliki pisnega zaključnega dela študija;
3. da sem pridobila vsa potrebna dovoljenja za uporabo podatkov in avtorskih del v pisnem zaključnem delu študija in jih v pisnem zaključnem delu študija jasno označila;
4. da sem pri pripravi pisnega zaključnega dela študija ravnala v skladu z etičnimi načeli in, kjer je to potrebno, za raziskavo pridobila soglasje etične komisije;
5. soglašam, da se elektronska oblika pisnega zaključnega dela študija uporabi za preverjanje podobnosti vsebine z drugimi deli s programsko opremo za preverjanje podobnosti vsebine, ki je povezana s študijskim informacijskim sistemom članice;
6. da na UL neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravico shranitve avtorskega dela v elektronski obliki, pravico reproduciranja ter pravico dajanja pisnega zaključnega dela študija na voljo javnosti na svetovnem spletu preko Repozitorija UL;
7. da dovoljujem objavo svojih osebnih podatkov, ki so navedeni v pisnem zaključnem delu študija in tej izjavi, skupaj z objavo pisnega zaključnega dela študija.

V Ljubljani, \_\_\_\_\_

Alenka Pezdirc

»Prazna stran«

## BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK:	625.7/.8:656.1:691.16(043.3)
Avtor:	Alenka Pezdirc, inž. grad.
Mentor:	doc. dr. Boštjan Pulko
Naslov:	Primerjava metod dimenzioniranja voziščnih konstrukcij po TSC in nemških smernicah ter izdelava kataloga voziščnih konstrukcij
Tip dokumenta:	diplomsko delo
Obseg in oprema:	50 str., 31 pregl., 10 sl.
Ključne besede:	asfaltna voziščna konstrukcija, dimenzioniranje voziščnih konstrukcij, tehnične specifikacije, katalog voziščnih konstrukcij

### Izveček:

Postavlja se vprašanje, ali dimenzionirati voziščno konstrukcijo za vsak posamezni primer ali iz kataloga standardiziranih voziščnih konstrukcij izbrati ustrezno voziščno konstrukcijo za merodajno prometno obremenitev. Sama se nagibam k temu, da je bolj praktičen in hitrejši način izbor ustrezne voziščne konstrukcije iz kataloga. Takšen način v Sloveniji še ne obstaja. V diplomskem delu sem se zato lotila izdelave kataloga predlaganih sestav asfaltnih voziščnih konstrukcij po vzoru nemških smernic. V prvem delu diplomskega dela sem podrobno predstavila metodo projektiranja asfaltnih voziščnih konstrukcij pri nas in v Nemčiji. V Sloveniji se dimenzioniranje asfaltnih voziščnih konstrukcij izvaja po postopku, ki je predpisan v Tehnični specifikaciji za ceste TSC 06.520 Projektiranje in dimenzioniranje novih asfaltnih voziščnih konstrukcij. V drugem delu diplomskega dela sem izdelala Katalog asfaltnih voziščnih konstrukcij, ki je pripravljen z upoštevanjem zahtev v Sloveniji veljavnih standardov, tehničnih smernic in pravilnikov. V katalogu podajam predlagane sestave asfaltnih voziščnih konstrukcij (tako dimenzije kot materiale) za posamezne razrede prometnih obremenitev. Katalog sem izdelala za strukturo asfaltne voziščne konstrukcije, ki je pri nas najpogosteje izvajana in sicer gre za asfaltno krovno plast, vgrajeno na nevezano nosilno plast iz kamnitega drobljenca, ta pa na kamnito posteljico.

»Prazna stran«



## BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION AND ABSTRACT

UDC: 625.7/.8:656.1:691.16(043.3)  
Author: Alenka Pezdirc, inž. grad.  
Supervisor: Assist. Prof. Boštjan Pulko, Ph.D  
Title: Comparison of methods for pavement structural design according to TSC and German guidelines with pavement design catalogue  
Document type: Graduation thesis  
Scope and tools: 50 p., 31 tab., 10 fig.  
Keywords: pavement structure, pavement design, technical specifications, catalogue of asphalt pavement

### Abstract:

The question arises whether to design pavement structure for each individual case or to choose the adequate pavement structure for the relevant traffic load from the catalogue of standardized pavement structures. I incline to the fact that the choice of adequate pavement structure from the catalogue is more practical and faster way. In Slovenia such a way is still non-existent. This is the reason why the aim of my diploma work is to produce a catalogue of relevant asphalt pavement structures based on the model of German guidelines. In the first part of my thesis I detailed the method of designing asphalt pavement in our country and in Germany. In Slovenia designing asphalt pavement is carried out according to regulations in Technical specifications for public roads TSC 06.520 Design of new asphalt pavement. In the second part of my thesis I worked out the Catalogue of asphalt pavement considering the demands of standards, technical directives and regulations valuable in Slovenia. In the catalogue I present the suggested compositions of asphalt pavement (dimensions as well as materials) for separate traffic loads classes. The catalogue is elaborated for the structure of asphalt pavement mostly carried out in our country. It is about the asphalt surfacing built in on a crush rock base course and this one on a mineral capping layer.

»Prazna stran«

## ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc. dr. Boštjanu Pulku za pomoč in vodenje pri izdelavi diplomskega dela. Zahvaljujem se tudi vsem mentorjem na moji poklicni poti, še zlasti Marku Klokočovniku in Janku Zupanu za nesebično predajanje znanja.

Posebna zahvala velja družini, staršem in prijateljem za podporo in lepe trenutke nasploh.

»Prazna stran«

## KAZALO VSEBINE

Izjave .....	III
Bibliografsko – dokumentacijska stran in izvleček .....	V
Bibliographic – documentalistic information and abstract .....	VII
Zahvala .....	IX
Kazalo vsebine .....	XI
Kazalo preglednic .....	XIII
Kazalo slik .....	XV
<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>2 VOZIŠČNA KONSTRUKCIJA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Splošno .....	3
2.2 Definicija voziščne konstrukcije .....	3
2.3 Sestava in osnovna razdelitev voziščnih konstrukcij.....	5
2.4 Osnovne zahteve.....	6
<b>3 DIMENZIONIRANJE VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJ .....</b>	<b>9</b>
3.1 Projektiranje voziščnih konstrukcij v Sloveniji .....	11
3.1.1 Tehnične smernice .....	11
3.1.2 Prometna obremenitev .....	13
3.1.3 Klimatski in hidrološki pogoji.....	18
3.1.4 Nosilnost podlage .....	21
3.1.5 Lastnosti materialov in tehnološke omejitve .....	22
3.1.6 Dimenzioniranje voziščne konstrukcije.....	27
3.2 Projektiranje voziščnih konstrukcij v Nemčiji .....	31
<b>4 PRIPRAVA KATALOGA VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJ .....</b>	<b>35</b>
4.1 Vhodni parametri .....	36
4.1.1 Nosilnost podlage .....	36
4.1.2 Debelina posteljice .....	36
4.1.3 Prometna obremenitev .....	36
4.1.4 Debeline plasti .....	37
4.1.5 Izbor materialov.....	38

---

<b>5</b>	<b>KATALOG ASFALTNIH VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJ .....</b>	<b>39</b>
5.1	Navodilo za uporabo kataloga voziščnih konstrukcij.....	39
5.2	Voziščna konstrukcija za zelo lahko prometno obremenitev .....	40
5.3	Voziščna konstrukcija za lahko prometno obremenitev.....	41
5.4	Voziščna konstrukcija za srednjo prometno obremenitev – podskupina 1.....	42
5.5	Voziščna konstrukcija za srednjo prometno obremenitev – podskupina 2.....	43
5.6	Voziščna konstrukcija za težko prometno obremenitev.....	44
5.7	Voziščna konstrukcija za zelo težko prometno obremenitev.....	45
<b>6</b>	<b>ZAKLJUČEK .....</b>	<b>46</b>
<b>VIRI .....</b>		<b>48</b>

## KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Omrežje javnih cest v Republiki Sloveniji .....	2
Preglednica 2: Preglednica veljavne tehnične regulative za gradbene proizvode in vgrajevanje po prerezu asfaltne voziščne konstrukcije.....	8
Preglednica 3: Delež javnih cest z zelo lahko, lahko in srednjo prometno obrem. ....	10
Preglednica 4: Primer podatkov štetja prometa iz publikacije Promet.....	14
Preglednica 5: Povprečne vrednosti faktorjev ekvival. za reprezentativna vozila $FE_v$ ....	14
Preglednica 6: Faktor vpliva razdelitve na prometne pasove – faktor $f_{pp}$ .....	15
Preglednica 7: Faktor vpliva širine prometnih pasov na – faktor $f_{sp}$ .....	16
Preglednica 8: Faktor vpliva vzdolžnega nagiba nivelete vozišča – faktor $f_{nn}$ .....	16
Preglednica 9: Faktor dinamičnih vplivov – faktor $f_{dv}$ .....	16
Preglednica 10: Faktor povečanja prometne obremenitve zaradi načrtovane letne stopnje rasti prometa za načrtovano dobo trajanja 20 let – faktor $f_{tp}$ .....	17
Preglednica 11: Razvrstitev prometnih obremenitev v skupine prometne obremenitve	17
Preglednica 12: Najmanjše potrebne debeline voziščne konstrukcije $h_{min}$ .....	20
Preglednica 13: Razvrstitev materialov glede na občutljivost na mraz. ....	20
Preglednica 14: Osnovne zahteve za tamponski material.....	22
Preglednica 15: Zahtevane vrednosti deformacijskih modulov $E_{v2}$ in $E_{vd}$ ter .....	23
Preglednica 16: Področja uporabe bituminiziranih zmesi v odvisnosti od prometne obremenitve.....	26
Preglednica 17: Mejne projektne debeline plasti bituminiziranih zmesi. ....	26
Preglednica 18: Priporočilo za uporabo bitumenskih veziv za bituminizirane zmesi .....	27
Preglednica 19: Povprečne vrednosti količnikov ekvivalentnosti osnovnih cestogradbenih materialov.....	28
Preglednica 20: Razvrstitev prometnih obremenitev v skupine.....	31
Preglednica 21: Začetna debelina pri določitvi minimalne debeline zmrzlinško odporne voziščne konstrukcije.....	32
Preglednica 22: Asfaltne voziščne konstrukcije na F2 in F3 podlagi.....	33
Preglednica 23: Prometne obremenitve v NOO 100 kN pri določitvi debelin plasti kataloških voziščnih konstrukcij .....	37
Preglednica 24: Projektirane debeline asfaltnih plasti .....	37

---

Preglednica 25: Izbor voziščne konstrukcije v katalogu .....	39
Preglednica 26: Možne kombinacije sestave asfaltne obloge ZL.....	40
Preglednica 27: Možne kombinacije sestave asfaltne obloge L .....	41
Preglednica 28: Možne kombinacije sestave asfaltne obloge S1 .....	42
Preglednica 29: Možne kombinacije sestave asfaltne obloge S2.....	43
Preglednica 30: Možne kombinacije sestave asfaltne obloge T .....	44
Preglednica 31: Možne kombinacije sestave asfaltne obloge ZT.....	45



## KAZALO SLIK

Slika 1: Shematski prikaz raztrosa obremenitve skozi plasti voziščne konstrukcije.....	3
Slika 2: Primer asfaltne voziščne konstrukcije .....	7
Slika 3: Prometna obremenitev glavnih državnih cest leta 2014 .....	10
Slika 4: Prometna obremenitev regionalnih cest po podatkih štetja prometa leta 2014.	10
Slika 5: Karta informativnih globin prodiranja mraza $h_m$ na področju RS. ....	19
Slika 6: Razmejitev razredov F1 in F2 za materiale z vsebnostjo finih delcev.....	21
Slika 7: Primeri enoslojne, dvoslojne in trislojne asfaltne obloge. ....	25
Slika 8: Diagram za določitev dimenzij osnovnih plasti novih asfaltnih voziščnih konstrukcij.....	30
Slika 9: Primer asfaltnih voziščnih konstrukcij iz Preglednice 22.....	34
Slika 10: Osnovna sestava "kataloške" voziščne konstrukcije .....	35

»Prazna stran«

## 1 UVOD

Voziščna konstrukcija je osnovni sestavni del ustroja ceste. Od primernosti voziščne konstrukcije je odvisna življenjska doba ceste, hitrost utrujanja vgrajenih materialov in posledično potek propadanja ceste. Zato je zelo pomembno, da se ob projektiranju ceste nameni posebno pozornost ravno projektiranju voziščne konstrukcije ter v procesu dimenzioniranja in izbora materialov določi optimalno sestavo voziščne konstrukcije za prevzem predvidene prometne obremenitve in okolja v načrtovani dobi. Edino takšna voziščna konstrukcija bo tudi ekonomsko upravičena. S predimenzioniranjem voziščne konstrukcije škode sicer ne bomo povzročili, saj ji bomo ob normalni uporabi in vzdrževanju podaljšali življenjsko dobo. Hujši problem nastopi pri poddimenzioniranju, saj v tem primeru pride do hitrejšega propadanja ceste, kot je bilo načrtovano. Ker je ena od komponent dimenzioniranja voziščne konstrukcije tudi doba trajanja oz. čas prevzemanja obremenitve, se posledično skrajša življenjska doba voziščne konstrukcije.

Urejena cestna infrastruktura je eden od pogojev za celovit in trajnosten razvoj družbe. V prostor pritegne dejavnosti, katere brez prometnih storitev ne morejo biti uspešne, teh pa je v današnjem globalnem svetu čedalje več. Mobilnost ljudi nedvomno vpliva tudi na kakovost življenja. V Sloveniji je omrežje javnih cest kar dobro razvejano, zaradi pomanjkanja finančnih sredstev za izvajanje investicijskega vzdrževanja pa je nastopil zelo velik problem, saj je več kot 70 % cest v mejnem, slabem ali zelo slabem stanju, v naslednjih dveh letih pa se bo stanje še poslabšalo, tako da bo kar 90 % cest v zelo slabem stanju (Komisija Državnega sveta, 2015). Ministrstvo za infrastrukturo v Strategiji razvoja prometa v republiki Sloveniji to dejstvo priznava in načrtuje povečanje proračunskih sredstev za namen investicijskega vzdrževanja javnih cest in izboljšanja stanja omrežja (MI, 2015).

Celotno omrežje javnih cest v Republiki Sloveniji obsega okoli 40.000 km voznih površin. Po lastništvu in s tem odgovornosti za izgradnjo in vzdrževanje, delimo javne ceste na državne ceste, ki so v lasti Republike Slovenije in občinske ceste, ki so v lasti občin.

Po podatkih Direkcije RS za infrastrukturo (v nadaljevanju DRSI) merijo državne ceste v skupni dolžini 6.724 kilometrov. Državne ceste se kategorizirajo na avtoceste, hitre ceste, glavne ceste I. in II. reda, regionalne ceste I., II. in III. reda ter regionalne turistične ceste. Za razvoj, vzdrževanje in upravljanje omrežja glavnih in regionalnih cest je pristojna DRSI, Družba za avtoceste v RS (DARS) pa za avtoceste in hitre ceste.

Občinske ceste so ceste javnega cestnega omrežja, ki so v upravljanju občin. Te so pristojne za njihovo vzdrževanje in izgradnjo. Delijo se po kategorizaciji, ki jo sprejme občina. Med občinske ceste spadajo lokalne ceste (več kot 13.300 km) in javne poti (več kot 18.500 km) (DRSI, 2015a).

*Preglednica 1: Omrežje javnih cest v Republiki Sloveniji*

<b>Kategorija</b>	<b>Dolžina omrežja [km]</b>
<b>AC – avtoceste</b>	677 (×4 pasovi)
<b>HC – hitre ceste</b>	93
<b>G – glavne ceste</b>	819
<b>R – regionalne ceste</b>	5.135
<b>LC – lokalne ceste</b>	13.386
<b>JP – javne poti</b>	18.764
<b>Skupaj</b>	<b>38.874</b>

Vir: DRSI (2015a)

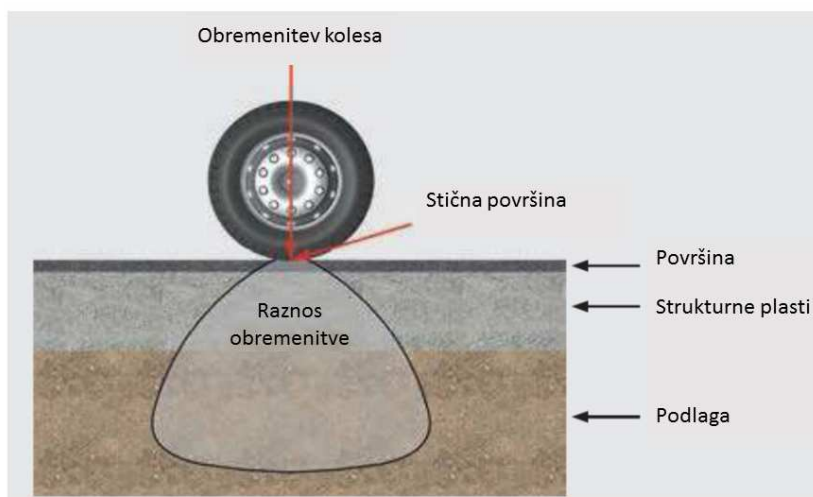
V diplomskem delu sem se posvetila projektiranju voziščnih konstrukcij s ciljem, pripraviti katalog predlaganih sestav asfaltnih voziščnih konstrukcij po vzoru nemških smernic. Pri tem sem upoštevala vse tehnične zahteve, ki veljajo pri nas. Katalog sem izdelala za strukturo asfaltne voziščne konstrukcije, ki je pri nas najpogosteje izvajana. Gre za asfaltno krovno plast, vgrajeno na nevezano nosilno plast iz kamnitega drobljenca (tampon), ta pa na kamnito posteljico. Predloga nisem izdelala za ceste z izredno težko prometno obremenitvijo, ker je pri teh struktura običajno drugačna in se voziščno konstrukcijo ojača z vezanimi (stabiliziranimi) nosilnimi plastmi.

Za izdelavo kataloga predlaganih voziščnih konstrukcij sem se odločila, ker v Sloveniji tega še nimamo, katalog pa se mi zdi uporaben predvsem za ceste, kjer se v sklopu investicijskega vzdrževanja izdelava le Izvedbeni načrt.

## 2 VOZIŠČNA KONSTRUKCIJA

### 2.1 Splošno

Ceste se gradijo po celem svetu in v vseh, tudi ekstremnih klimatskih področjih – od puščav do tropskih deževnih področij in ledenih tunder. Funkcija cest je pretok prometa, zato je v osnovi vsaka cesta zasnovana tako, da na površini prevzame intenzivno točkovno obremenitev, ki jo povzroči promet, in jo skozi svojo strukturo prenaša ter razprši na zadosti veliko površino, da jo lahko podlaga prevzame brez deformacij. To je osnovni mehanizem delovanja voziščnih konstrukcij.



Slika 1: Shematski prikaz raztrosa obremenitve skozi plasti voziščne konstrukcije.

Vir: Wirtgen (2012), str. 16.

### 2.2 Definicija voziščne konstrukcije

Po Pravilniku o projektiranju cest (Ur. l. RS št. 91/05, v nadaljevanju Pravilnik) je voziščna konstrukcija konstrukcijski element ceste. Sestavljena je iz obrabne plasti, zgornje vezane plasti in spodnje nevezane plasti. Kvaliteta in debelina plasti ustrezata prometni obtežbi ceste z upoštevanjem klimatskih in geomehanskih pogojev področja. Po Pravilniku se voziščna konstrukcija pri nas dimenzionira po veljavnih tehničnih specifikacijah.

Žmavc (2007) je podal definicijo voziščne konstrukcije kot zgornji ustroj prometne površine, ki sestoji iz ene ali več nosilnih plasti in obrabne plasti. Njena funkcija je prevzemanje in prenašanje prometne obremenitve na posteljico oz. podlago ter preprečevanje pronicanja vode do podlage.

Voziščna konstrukcija je sestavni del ceste, ki je po Enotni klasifikaciji vrste objektov (Ur. l. RS št. 109/11) gradbeni inženirski objekt. Za gradbene objekte velja, da morajo po 9. členu Zakona o graditvi objektov (Ur. l. RS, št. 102/2004-UPB1 (14/2005 popr.), 111/2005 Odl.US: U-I-150-04-19, 126/2007, 108/2009, 20/2011 Odl.US: U-I-165/09-34, 57/2012, 110/13, 19/15, v nadaljevanju ZGO-1) glede na svoj pomen izpolnjevati eno, več ali vse bistvene zahteve, ki so:

1. mehanska odpornost in stabilnost,
2. varnost pred požarom,
3. higienska in zaščita okolice,
4. varnost pri uporabi,
5. zaščita pred hrupom,
6. varčevanje z energijo in ohranjanje toplote.

Uredba o gradbenih proizvodih (CPR, 2011), ki je 1.7.2013 stopila v veljavo na območju cele EU, poleg zgornjih šestih bistvenih zahtev za gradbene objekte dodaja še sedmo:

7. Trajnostna raba naravnih virov, kar pomeni:

Gradben objekt mora biti projektiran, zgrajen in porušen tako, da se zagotovi trajnostna raba naravnih virov. Zagotoviti je potrebno ponovno uporabo ali recikliranje objekta ali delov objekta ter po zrušitvi objekta ponovno uporabo materiala. Objekt mora biti izdelan iz okoljsko sprejemljivih ter neoporečnih surovin in materialov.

## 2.3 Sestava in osnovna razdelitev voziščnih konstrukcij

V prečnem prerezu ceste je voziščna konstrukcija temeljena na temeljnih tleh (lahko tudi izboljšanih temeljnih tleh oz. na zaključni plasti nasipa, posteljici), zgrajena pa je iz obrabne plasti, vezane nosilne plasti in nevezane nosilne plasti.

Glede na uporabljene materiale v obrabni plasti in s tem na raznos obremenitev delimo voziščne konstrukcije v osnovi na dva tipa in sicer na:

- fleksibilne voziščne konstrukcije in
- toge voziščne konstrukcije.

Fleksibilne voziščne konstrukcije so asfaltne, toge voziščne konstrukcije pa sestavlja relativno debela betonska plošča visoke trdnosti.

Pri nas je večina voziščnih konstrukcij asfaltnih, medtem ko v razvitih evropskih državah običajno ceste z veliko prometno obremenitvijo izdelajo v betonski izvedbi. Verjetno obstaja več razlogov, zakaj v Sloveniji ne sledimo evropskim trendom. Raznos napetosti je pri togih voziščnih konstrukcijah boljši kot pri fleksibilnih, zato so lahko izdelane tudi na manj nosilnih podlagah. Betonsko vozišče je v začetni investiciji dražje, a je njeno vzdrževanje v življenjski dobi cenejše, zato se v končnem obračunu izkaže kot finančno ugodnejša rešitev.

V zadnjem času se v Ljubljani poskusno izvaja poltoge voziščne konstrukcije na manjših, bolj obremenjenih prometnih površinah (npr. na avtobusnih postajališčih), kjer se v predhodno izdelano porozno asfaltno plast (25–30 % votlin) vlije cementno pasto (npr. CreteoConfalt).

V nadaljevanju naloge se bom osredotočila na asfaltne voziščne konstrukcije in njihove značilnosti.

## 2.4 Osnovne zahteve

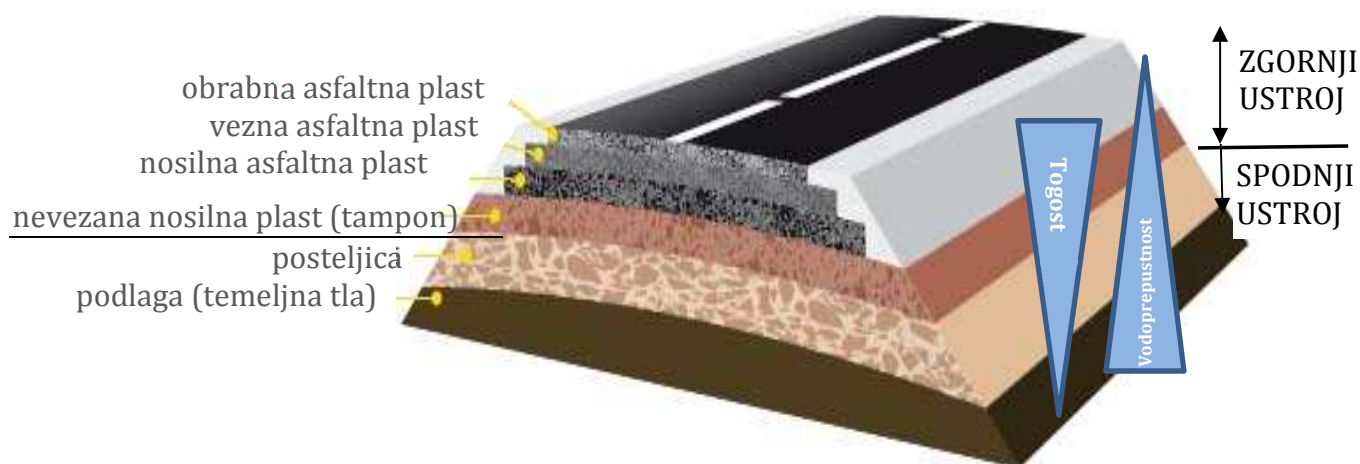
Kot konstrukcijski element ceste je voziščna konstrukcija v svoji življenjski dobi izpostavljena nenehnim in ponavljajočim obremenitvam prometa ter negativnim vplivom okolja. Da bo cesta v projektirani dobi služila svojemu namenu in izpolnjevala bistvene zahteve za gradbene objekte, mora voziščna konstrukcija izpolnjevati naslednje zahteve:

- izkazovati ustrezno nosilnost za prevzem predvidene prometne obremenitve ob upoštevanju karakteristik temeljnih tal,
- izkazovati ustrezno zmrzlinško odpornost glede na klimatske pogoje,
- imeti obrabno plast, ki bo vodo neprepustna, dovolj elastična za prevzem napetosti zaradi temperaturnih razlik, odporna na škodljive vplive UV sevanje, vode, kemikalij in oksidiranja,
- imeti vozno površino, ki bo varna pri uporabi, kar pomeni, da ima ustrezne torne lastnosti,
- imeti vozno površino, ki bo čim manj obremenjevala okolja (npr. manjše obremenjevanje s hrupom z uporabo manj hrupnih asfaltov in z zagotavljanjem čim bolj ravne vozne površine),
- vsebovati materiale, ki okolje manj obremenjujejo in se jih da po izteku življenjske dobe ponovno uporabiti,
- vsebovati materiale, za katere je poraba energije pri proizvodnji čim nižja, in materiale, ki so izdelani iz recikliranih surovin.

Da zagotovimo ustrezen rznos prometne obremenitve iz visokokakovostne obrabne plasti na manj kakovostno podlago, moramo z razporeditvijo plasti v voziščni konstrukciji doseči, da se togost plasti zmanjšuje od zgoraj navzdol. Vodoprepustnost plasti naj narašča od zgoraj navzdol.

Pri voziščnih konstrukcijah z asfaltnimi krovnimi plastmi mora zato praviloma od zgoraj navzdol naraščati velikost nazivne zrnivosti, naraščati delež votlin in upadati delež veziva.





*Slika 2: Primer asfaltne voziščne konstrukcije  
(Vir: povzeto po TSC 06.300/06.410)*

Plasti v asfaltne voziščne konstrukciji si sledijo od zgoraj navzdol v naslednjem vrstnem redu:

1. obrabna asfaltna plast,
2. vezna asfaltna plast,
3. nosilna asfaltna plast,
4. vezana nosilna plast ali stabilizirana plast,
5. nevezana nosilna plast (tampon),
6. posteljica.

Plasti od 1 do 5 sestavljajo zgornji ustroj ceste oz. voziščno konstrukcijo, posteljica pa predstavlja spodnji ustroj ceste.

Vse zgoraj naštetih plasti niso prisotne v vsaki voziščne konstrukciji. Cel nabor naštetih plasti se običajno vgrajuje le v voziščne konstrukcije cest z zelo težko in izredno težko prometno obremenitvijo, sicer vezane nosilne plasti ni potrebno vgrajevati, vezna asfaltna plast pa se ne vgrajuje pri manj obremenjenih cestah.

Katere plasti, v kakšni debelini in iz katerih materialov se bodo izdelale, se določi v postopku projektiranja oz. dimenzioniranja voziščnih konstrukcij, kot bo predstavljeno v nadaljevanju. Na Sliki 2 je shematsko prikazana sestava asfaltne voziščne konstrukcije,

razdelitev na zgornji in spodnji ustroj ter smer naraščanja togosti in vodoprepustnosti plasti.

Vsaka plast v voziščni konstrukciji ima svojo določeno nalogo, zato morata tako material kot vgrajena plast izpolnjevati specifične zahteve. Uporabljeni materiali so kot gradbeni proizvodi podvrženi produktnim standardom, za izdelane plasti pa so zahteve podane v Tehničnih specifikacijah za ceste (v nadaljevanju TSC), katerih uporaba je predpisana v 10. členu Zakona o cestah (ZCes-1, Ur. l. RS št. 109/10, 48/12, 36/14). V TSC so delno opredeljene tudi zahteve za materiale. V Preglednici 1 je podan pregled tehnične regulative za materiale in plasti asfaltne voziščne konstrukcije.

*Preglednica 2: Preglednica veljavne tehnične regulative za gradbene proizvode in vgrajevanje po prerezu asfaltne voziščne konstrukcije.*

PLAST	MATERIAL	PLAST
	Produktni standardi – evropski standardi in nacionalni dodatki	Tehnične specifikacije za ceste TSC
<b>Obrabna plast</b> – AC surf, – SMA, – MA, – PA	SIST EN 13108-1 + SIST 1038-1 SIST EN 13108-5 + SIST 1038-5 SIST EN 13108-6 + SIST 1038-6 SIST EN 13108-7 + SIST 1038-7	TSC 06.300/06.410
<b>Vezna plast</b> AC bin	SIST EN 13108-1 + SIST 1038-1	
<b>Nosilna plast</b> AC base		
<b>Vezana spodnja (stabilizirana) nosilna plast</b> - bitumenska stab.	SIST EN 13108-1 + SIST 1038-1 TSC 03.330	TSC 03.330
- cementna stab.	SIST EN 14227 TSC 03.320	TSC 03.320
<b>Nevezana nosilna plast ali tampon</b>	SIST EN 13242 TSC 06.200	TSC 06.200
<b>Posteljica</b>	SIST EN 13242 TSC 06.100	TSC 06.100

### **3 DIMENZIONIRANJE VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJ**

Dimenzioniranje voziščne konstrukcije je postopek, s katerim ob upoštevanju prometnih obremenitev, pogojev okolja ter lastnosti materialov določimo dimenzije in sestavo voziščne konstrukcije, da bo v svoji življenjski dobi izpolnjevala zahtevo po mehanski odpornosti in stabilnosti, kar je prva bistvena zahteva za gradbene objekte v ZGO-1. Pri izboru materialov in tehnologij upoštevamo še ostale bistvene zahteve. Končen rezultat je projektirana voziščna konstrukcija s točno navedenimi dimenzijami in specificiranimi materiali sestavnih plasti, ki bo ob primernem rednem vzdrževanju sposobna prevzeti predvidene obremenitve v času projektirane dobe.

V svetu obstaja mnogo postopkov dimenzioniranja voziščnih konstrukcij, ki se v osnovi delijo na empirične oz. izkustvene, teoretične in standardizirane. Postopke se lahko kombinira, tako da se npr. z empiričnim postopkom ali na osnovi standardizirane sestave določeno voziščno konstrukcijo še preveri s teoretičnim postopkom glede napetosti v predvidenih pogojih uporabe.

Pri nas se dimenzioniranje asfaltnih voziščnih konstrukcij izvaja po empiričnem postopku, ki je predpisan v TSC 06.520:2009 Projektiranje in dimenzioniranje novih asfaltnih voziščnih konstrukcij.

Predpisane postopke dimenzioniranja voziščnih konstrukcij z izborom standardiziranih sestav uporabljajo npr. v Nemčiji in Avstriji.

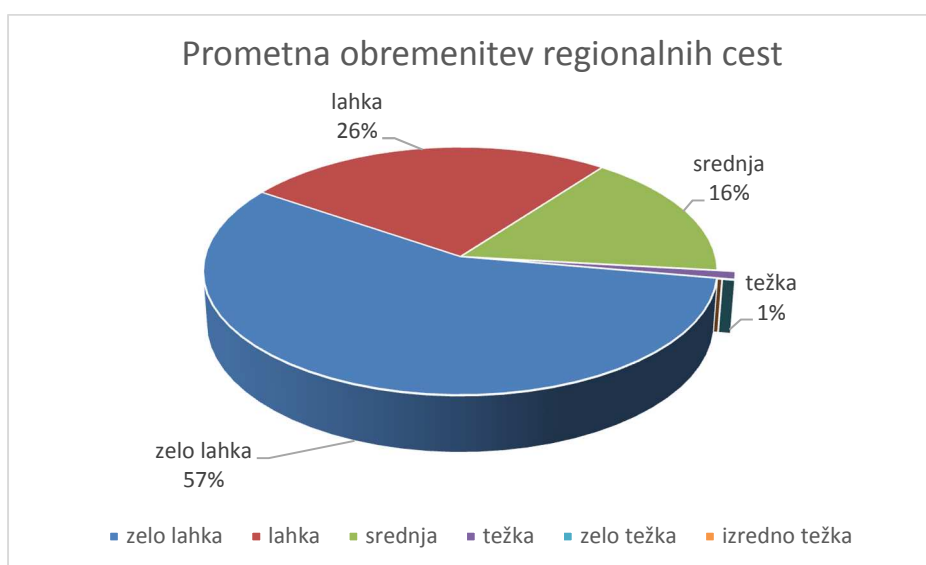
Na osnovi primerjav postopkov dimenzioniranja pri nas in v Nemčiji bom v nadaljevanju naloge pripravila katalog predlaganih asfaltnih voziščnih konstrukcij za ceste z zelo lahko, lahko, srednjo in težko prometno in obremenitvijo, ki po zadnjih števnih podatkih v Sloveniji predstavljajo kar cca 98 % omrežja glavnih državnih cest ter celotno omrežje regionalnih cest, lokalnih ceste in javnih poti.

Preglednica 3: Delež javnih cest z zelo lahko, lahko in srednjo prometno obremenitvijo.

Javne ceste v RS z zelo lahko, lahko, srednjo in težko prometno obremenitvijo		
	Delež [%]	Dolžina [km]
<b>G – glavne ceste</b>	98	797
<b>R – regionalne ceste</b>	100	5.135
<b>LC – lokalne ceste</b>	100	13.386
<b>JP – javne poti</b>	100	18.764



Slika 3: Prometna obremenitev glavnih državnih cest po podatkih štetja prometa leta 2014



Slika 4: Prometna obremenitev regionalnih cest po podatkih štetja prometa leta 2014

## **3.1 Projektiranje voziščnih konstrukcij v Sloveniji**

### **3.1.1 Tehnične smernice**

Pri nas se projektiranje (dimenzioniranje) asfaltnih voziščnih konstrukcij izvaja po empiričnem postopku, ki je predpisan v Tehnični specifikaciji za ceste TSC 06.520:2009 Projektiranje in dimenzioniranje novih asfaltnih voziščnih konstrukcij (nadaljevanju TSC 06.520). TSC 06.520 temelji na rezultatih AASHO testa (American Association of State Highway Officials) iz leta 1974, dopoljenih s preveritvami merodajnih napetosti in deformacij na mejnih površinah posameznih plasti v voziščni konstrukciji. TSC 06.520 določa dimenzije voziščnih konstrukcij na vseh prometnih površinah, ki so namenjene prometu z motornimi vozili in so zgrajene na posteljici.

Vhodni parametri za dimenzioniranje po TSC 06.520 so:

- doba trajanja voziščne konstrukcije,
- prometna obremenitev,
- klimatski in hidrološki pogoji,
- nosilnost podlage, posteljice,
- značilnost materialov v načrtovani voziščni konstrukciji, predvsem specifične lastnosti in tehnološke omejitve.

Da opredelimo vhodne parametre, moramo upoštevati še naslednje predpise in tehnične specifikacije:

- Merodajno prometno obremenitev za obravnavani odsek ceste se določi na podlagi števnih podatkov o prometu, ob upoštevanju dodatnih vplivov značilnosti ceste, trajanja ter stopnje rasti prometa po postopku opredeljenem v Tehnični specifikaciji TSC 06.511:2009 Prometne obremenitve, določitev in razvrstitev. Po Pravilniku (člen 10 Planska doba) se za projektiranje nove ceste upošteva prometna obremenitev, ki je napovedana za dvajsetletno obdobje po zaključku gradnje.

- Klimatske in hidrološke pogoje, ki vplivajo na določitev sestave in debeline voziščne konstrukcije, se opredeli s pomočjo Tehnične specifikacije TSC 06.512:2009 Projektiranje – klimatski in hidrološki pogoji. Določi se potrebna minimalna debelina voziščne konstrukcije ( $h_{min}$ ), ki bo odporna na škodljive vplive zmrzovanja.
- Osnovne tehnične zahteve za kakovost materialov in izvedbe posteljice so podane v Tehnični specifikaciji TSC 06.100:2003 Kamnita posteljica in povozni plato. Nosilnost oz. vrednost deformacijskih modulov, doseženih na planumu kamnite posteljice, morajo po TSC 06.100 znašati:

$$E_{v2} > 80 \text{ MPa}, E_{vd} > 40 \text{ MPa.} \quad (1)$$

Zahteva (1) sicer v TSC 06.520 ni upoštevana, v nadaljevanju sem zaradi doslednosti upoštevanja tehnične specifikacije to zahtevo (1) predpostavila tudi pri dimenzioniranju voziščne konstrukcije.

- Osnovne tehnične zahteve za kakovost materialov in izvedbe posameznih plasti voziščne konstrukcije so podane v produktnih standardih in Tehničnih specifikacijah za ceste. Za asfaltne voziščne konstrukcije pridejo v poštev naslednje:
  - TSC 06.200:2003 Nevezane nosilne in obrabne plasti,
  - TSC 06.320:2001 Vezane spodnje nosilne plasti s hidravličnimi vezivi,
  - TSC 06.330:2003 Vezane spodnje nosilne plasti z bitumenskimi vezivi (po vročem postopku),
  - TSC 06.300/06.410:2009 Smernice in tehnični pogoji za graditev asfaltnih plasti,
  - SIST EN SIST EN 13242:2003+A1:2008 Agregati za nevezane in hidravlično vezane materiale za uporabo v inženirskih objektih in za gradnjo cest,
  - SIST EN 13108-1:2006 Bitumenske zmesi - Specifikacije materialov - 1. del: Bitumenski beton,

- SIST 1038-1:2008 Bituminizirane zmesi - Specifikacije materialov - 1.del: Bitumenski beton - Zahteve - Pravila za uporabo SIST EN 13108-1,
- SIST EN 13108-5:2006 Bitumenske zmesi - Specifikacije materialov – 5. del: Drobir z bitumenskim mastiksom,
- SIST 1038-5:2008 Bituminizirane zmesi - Specifikacije materialov - 5. del: Drobir z bitumenskim mastiksom - Zahteve - Pravila za uporabo SIST EN 13108-5,
- SIST EN 13108-6:2006 Bitumenske zmesi - Specifikacije materialov - 6. del: Liti asfalt,
- SIST 1038-6:2008 Bituminizirane zmesi - Specifikacije materialov - 6. del: Liti asfalt - Zahteve - Pravila za uporabo SIST EN 13108-6,
- SIST EN 13108-7:2006 Bitumenske zmesi - Specifikacije materialov - 7. del: Drenažni asfalt,
- SIST 1038-7:2008 Bituminizirane zmesi - Specifikacije materialov - 7. del: Drenažni asfalt - Zahteve - Pravila za uporabo SIST EN 13108-7.

### **3.1.2 Prometna obremenitev**

Voziščna konstrukcija prevzema statične in dinamične obremenitve prometa, kar se skozi čas uporabe odraža v utrujanju vgrajenih materialov. Utrujanje materiala je odvisno od števila prehodov osi skozi prečni prerez vozišča in od značilnosti vozil, kot so osne obremenitve, razporeditev osi na vozilu, razporeditev koles na osi.

Za potrebe dimenzioniranja voziščne konstrukcije se za obravnavani odsek ceste po TSC 06.511:2009 Prometne obremenitve, določitev in razvrstitev (v nadaljevanju TSC 06.511) izračuna merodajno prometno obremenitev voznega pasu  $T_n$  v načrtovanem obdobju  $n$  let.  $T_n$  se določi na podlagi števnih podatkov o prometu, upoštevanju vplivov značilnosti ceste, življenjske dobe ter stopnje rasti prometa.

Osnova za določitev prometne obremenitve za obstoječe ceste je štetje prometa po kategorijah vozil oziroma napoved prometa za novogradnje. Podatki o povprečnem letnem dnevnem prometu (v nadaljevanju PLDP) na državnih cestah so določeni na osnovi rezultatov štetja prometa. Zbiranje podatkov o prometu se je v Sloveniji začelo že

leta 1954. Obseg in način zbiranja podatkov se je od takrat nadgrajeval glede na razvoj cestnega omrežja, rast prometa in napredek tehnologije zaznavanja prometa. DRSI periodično letno izda publikacijo *Promet*, kjer so zbrani podatki o prometu za odseke cest državne cestne mreže po kategorijah vozil. Podatki služijo za izračun količine prometa na posameznih odsekih cest in za oceno rasti prometa v določenem časovnem obdobju. Na spletnem mestu DRSI so podatki PLDP od leta 2005 do zadnjih iz leta 2014 javno dostopni, v Preglednici 4 pa podajam primer teh podatkov.

*Preglednica 4: Primer podatkov štetja prometa iz publikacije Promet.*

Kat. ceste	Štev. ceste	Štev. odseka	Prometni odsek	Stac. začetka	Stac. konca	dolžina	Števno mesto	Ime št. m.	Tip štetja	Vsa vozila PLDP	Motorji	Osebnna vozila	Bus	Lah. tov. < 3,5t	Sr. tov. 3,5-7t	Tež. tov. nad 7t	Tov. s prik.	Vlačilci
R2	449	0314	PESNICA - LENART	0	12.900	12.900	84	Močna	QLD	4.200	67	3.789	30	173	68	52	10	11

*Vir: Direkcija republike Slovenije za infrastrukturo (2015b)*

Ker je prometna obremenitev odvisna od tipa vozil, se po dogovoru v mednarodnem merilu prometna obremenitev izraža z ekvivalentno prometno obremenitvijo, pri čemer se obremenitev posameznega tipa vozil poda s številom prehodov nazivne osne obremenitve (v nadaljevanju NOO), ki znaša 100 kN. Osne obremenitve vozila se pretvori v ekvivalentno prometno obremenitev NOO z upoštevanjem faktorjev ekvivalentnosti, ki so za reprezentativna vozila podani v Preglednici 5.

*Preglednica 5: Povprečne vrednosti faktorjev ekvivalentnosti za reprezentativna vozila  $FE_v$  - faktorji ekvivalentnega vpliva dejanske osne obremenitve vozila na utrujanje v odnosu na vpliv NOO 100 kN.*

Reprezentativno vozilo	Povprečni faktor ekvivalentnosti $FE_v$		
	AC in HC	G1 in G2	R1 in R2
<b>osebno</b>	0,00003	0,00003	0,00003
<b>avtobus</b>	1,40	1,15	0,85
<b>tovorno lahko</b>	0,005	0,005	0,005
<b>tovorno srednje</b>	0,35 <sup>1)</sup> / 0,6 <sup>2)</sup>	0,25 <sup>1)</sup> / 0,5 <sup>2)</sup>	0,25 <sup>1)</sup> / 0,4 <sup>2)</sup>
<b>tovorno težko</b>	1,70 <sup>1)</sup> / 0,7 <sup>2)</sup>	1,45 <sup>1)</sup> / 0,9 <sup>2)</sup>	1,35 <sup>1)</sup> / 1,0 <sup>2)</sup>
<b>tovorno težko s prikolico</b>	1,60	1,40	1,25

Legenda: <sup>1)</sup> kategorije vozil, določene na podlagi izmerjenih medsebojnih razdalj

<sup>2)</sup> kategorije vozil, določene na podlagi induktivnih števecv prometa

*Vir: TSC 06.511, 2009, str. 7*



Skupno dnevno ekvivalentno prometno obremenitev v prečnem prerezu vozišča  $T_d$  se določi na osnovi povprečnega dnevnega števila vozil po enačbi (TSC 06.511):

$$T_d = \sum(EF_v \times n_v) \quad (2)$$

kjer pomeni:

$EF_v$  – faktor ekvivalentnosti reprezentativnega vozila,

$n_v$  – število vozil določene vrste na dan.

Dodatni vplivi značilnosti ceste na prometno obremenitev se pri izračunu merodajne prometne obremenitve voznega pasu upoštevata s faktorji vplivov, ki so (TSC 06.511):

- faktor vpliva števila prometnih pasov – faktor  $f_{pp}$ ,
- faktor vpliva širine prometnega pasu – faktor  $f_{sp}$ ,
- faktor vpliva vzdolžnega nagiba nivelete vozišča – faktor  $f_{nn}$ ,
- faktor vpliva neravnosti vozne površine – faktor  $f_{dv}$ .

Vrednosti posameznih faktorjev so podane v Preglednicah od 6 do 9.

Pri upoštevanju vpliva razvrščanja prometa po voznih pasovih je potrebno preveriti, na kaj se nanašajo številni podatki – na cesto, smer vožnje ali vozni pas.

*Preglednica 6: Faktor vpliva razdelitve prometne obremenitve na prometne pasove – faktor  $f_{pp}$ .*

Število prometnih pasov	$f_{pp}$					
	1	1,00				
2	0,50			0,50		
3	0,50			0,05	0,45	
4	0,45	0,05		0,05	0,45	
5	0,45	0,05		0,02	0,08	0,40
6	0,40	0,08	0,02	0,02	0,08	0,40

Vir: TSC 06.511, 2009, str. 8

Kot je razvidno iz Preglednice 6, se pri razporejanju prometa po več voznih pasovih upošteva, da se tovorni promet odvija pretežno po zunanjih voznih pasovih. Širina voznega pasu ima zelo velik vpliv na prometno obremenitev, saj se pri ozkih voznih pasovih tovorni promet tako rekoč kanalizira, pri širših pa razporedi po večji površini pasu. Vozni pas širine do 2,5 m je tako kar za 100 % bolj obremenjen kot vozni pas širine nad 3,75 m, kar je razvidno pri podanih faktorjih vpliva  $f_{sp}$  v Preglednici 7.

*Preglednica 7: Faktor vpliva širine prometnih pasov na prometno obremenitev – faktor  $f_{sp}$ .*

Širina prometnega pasu [m]	do 2,50	2,50 do 2,75	2,76 do 3,25	3,25 do 3,75	nad 3,75
$f_{sp}$	2,00	1,80	1,40	1,10	1,00

*Vir: TSC 06.511, 2009, str. 9*

*Preglednica 8: Faktor vpliva vzdolžnega nagiba nivelete vozišča na prometno obremenitev – faktor  $f_{nn}$ .*

Nagib nivelete [%]	do 2	nad 2 do 4	nad 4 do 5	nad 5 do 6	nad 6 do 7	nad 7 do 8	nad 8 do 9	nad 9 do 10	10 in več
$f_{nn}$	1	1,02	1,05	1,09	1,14	1,2	1,27	1,35	1,45

*Vir: TSC 06.511, 2009, str. 9*

*Preglednica 9: Faktor dinamičnih vplivov na prometno obremenitev – faktor  $f_{dv}$ .*

Stanje vozišča glede ravnosti	$f_{dv}$
<b>dobri pogoji</b>	1,03
<b>povprečni pogoji</b>	1,08

*Vir: TSC 06.511, 2009, str. 9*

Načrtovano dobo trajanja voziščne konstrukcije in povečanje prometne obremenitve zaradi rasti prometa v tem obdobju se upošteva s faktorjem  $f_{tp}$ , ki je podan v Preglednici 10. Kot sem že omenila, se po Pravilniku upošteva prometna obremenitev, ki je napovedana za dvajsetletno obdobje po zaključku gradnje, torej je načrtovana doba trajanja 20 let.

*Preglednica 10: Faktor povečanja prometne obremenitve zaradi načrtovane letne stopnje rasti prometa za načrtovano dobo trajanja 20 let – faktor  $f_{tp}$*

Letna stopnja rasti prometa [%]	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$f_{tp}$	22	25	28	31	35	39	40	44	49	56

*Vir: TSC 06.511, 2009, str. 10*

Merodajno prometno obremenitev voznega pasu v 20 letni dobi trajanja ( $T_{20}$ ), izraženo v številu prehodov NOO 100 kN, določimo z upoštevanjem ekvivalente dnevne prometne obremenitve ter vseh dodatnih vplivov značilnosti ceste in letne stopnje rasti prometa po enačbi (TSC 06.511):

$$T_{20} = 365 \times T_d \times f_{pp} \times f_{sp} \times f_{nn} \times f_{dv} \times f_{tp} \quad (3)$$

Glede na od merodajno prometno obremenitev so prometne obremenitve razvrščene v 6 skupin prometne obremenitve, kot je prikazano v Preglednici 11.

*Preglednica 11: Razvrstitev prometnih obremenitev v skupine prometne obremenitve*

Skupina prometne obremenitve	Število prehodov NOO 100 kN v 20 letih
<b>izredno težka</b>	nad $2 \times 10^7$
<b>zelo težka</b>	nad $6 \times 10^6$ do $2 \times 10^7$
<b>težka</b>	nad $2 \times 10^6$ do $6 \times 10^6$
<b>srednja</b>	nad $6 \times 10^5$ do $2 \times 10^6$
<b>lahka</b>	nad $2 \times 10^5$ do $6 \times 10^5$
<b>zelo lahka</b>	do $2 \times 10^5$

*Vir: TSC 06.511, 2009, str. 10*

### 3.1.3 Klimatski in hidrološki pogoji

Za namen določitve dimenzij voziščne konstrukcije se upošteva vpliv lokalnih klimatskih in hidroloških razmer na zmrzovanje in odtajanje. Po TSC 06.512 TSC 06.512:2009 Projektiranje – klimatski in hidrološki pogoji (v nadaljevanju TSC 06.512) je tveganje za nastanek poškodb na cestah zaradi zmrzovanja in odtajanja odvisno od:

- globine prodiranja mraza  $h_m$ ,
- hidroloških pogojev,
- občutljivosti materialov na zmrzovanje,
- debeline na zmrzovanje neobčutljive voziščne konstrukcije.

Da je voziščna konstrukcija varna pred škodljivimi vplivi zmrzovanja in tajanja, mora biti v zadostni debelini izdelana iz materialov, ki so odporni na mraz in onemogočajo dvig porne vode ter s tem tvorjenje ledenih leč v plasti. Glede na odpornost materiala pod voziščno konstrukcijo na učinke zmrzovanja, na hidrološke pogoje in nadmorsko višino, so v TSC 06.520 določene najmanjše potrebne debeline voziščne konstrukcije  $h_{min}$ , ki so podane v Preglednici 12. Globino prodiranja mraza  $h_m$  odčitamo za obravnavano lokacijo na Karti informativnih globin prodiranja mraza (na Sliki 5), hidrološke pogoje in odpornost materiala pa ocenimo glede na opise, podane v nadaljevanju.

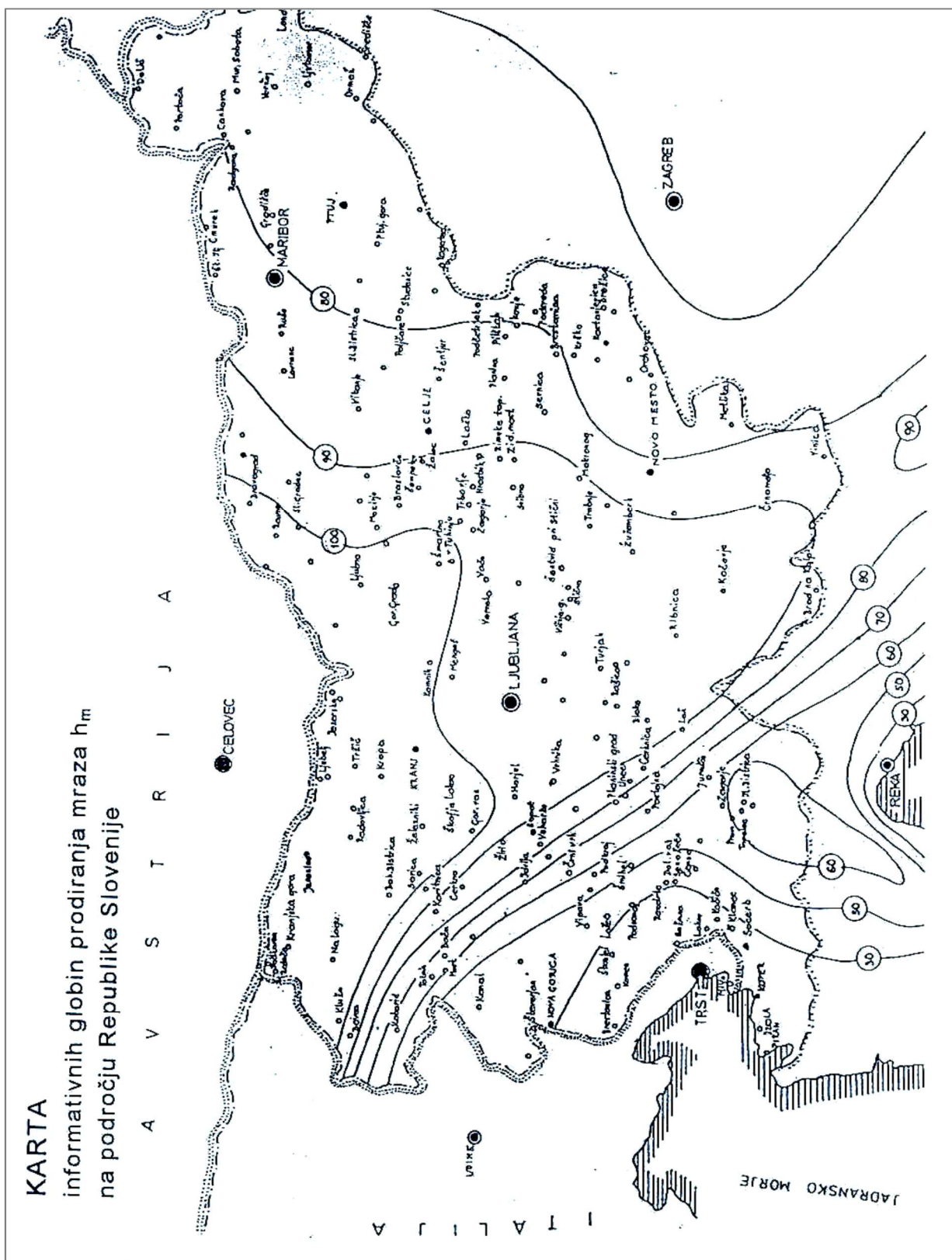
Po TSC 06.512 so hidrološke razmere ugodne, če je:

- nasip ceste visok najmanj 1,5m,
- gladina talne vode stalno pod globino zmrzovanja  $h_m$ ,
- plitev vkop, dobro odvodnjava,
- preprečeno dotekanje vode v cestno telo s strani ali s površine.

Neugodne hidrološke razmere nastopijo, če je:

- nasip nižji od 1,5 m,
- gladina talne vode v območju globine zmrzovanja  $h_m$ ,
- plitev vkop, slabo odvodnjava,
- globok vkop,
- omogočeno kapilarno dviganje vode ali dotekanje vode v cestno telo.

Slika 5: Karta informativnih globin prodiranja mraza  $h_m$  na področju RS.



Preglednica 12: Najmanjše potrebne debeline voziščne konstrukcije  $h_{min}$ .

Odpornost materiala pod voziščno konstrukcijo	Hidrološki pogoji	Debelina voziščne konstrukcije $h_{min}$	
		Do nadmorske višine 600 m	Nad nadmorsko višino 600 m
odporen	ugodni	$\geq 0,6 h_m$	$\geq 0,7 h_m$
	neugodni	$\geq 0,7 h_m$	$\geq 0,8 h_m$
neodporen	ugodni	$\geq 0,7 h_m$	$\geq 0,8 h_m$
	neugodni	$\geq 0,8 h_m$	$\geq 0,9 h_m$

Legenda:  $h_m$  globina zmrzovanja (prodiranja mraza)

Vir: TSC 06.520, 2009, str. 12

Material ocenimo kot občutljiv na učinke in vplive zmrzovanje, če zaradi mraza v njem nastanejo ledene leče oz. plasti ledu in je zaradi procesa odtajanja zmanjšana njegova nosilnost. Občutljivost materiala na vplive in učinke zmrzovanje je odvisna od njegove zrnastostne sestave, stopnje zgoščenosti, oblike zrn materiala, tipe mineralov v finih frakcijah in mineraloško – kemijskih lastnostih (TSC 06.512). Na osnovi kriterijev zrnastosti ter mineraloških kriterijev razvrščamo materiale v tri razrede po občutljivosti na vplive zmrzovanje F1, F2 in F3, kot je predstavljeno v Preglednici 13, dodatna razmejitev razredov F1 in F2 glede na občutljivost na mraz pa je podana z razmerjem deleža finih delcev in koeficienta enakomernosti  $C_u$  po diagramu na Sliki 6.

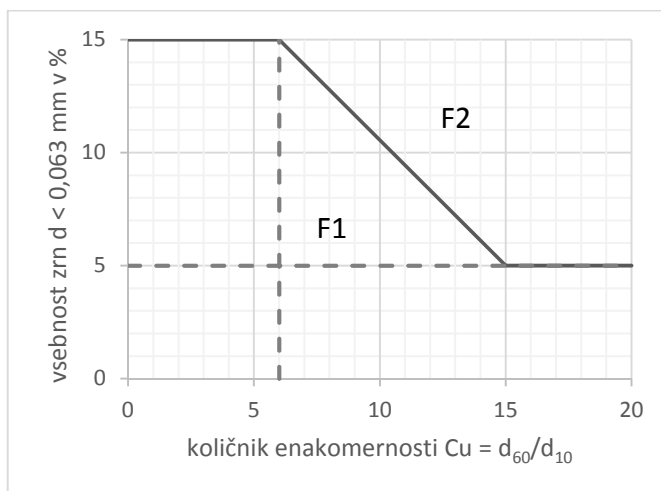
Preglednica 13: Razvrstitev materialov glede na občutljivost na mraz.

Razred občutljivosti	Občutljivost	Delež zrn do 0,063 mm [%]	Klasifikacija po USCS
F1	Neobčutljiv	< 5	GW, GP SW, SP
F2	Malo do srednje občutljiv	5 do 15	GC*, GM* SC*, SM* CL, CH
F3	Zelo občutljiv	> 15	SM-ML ML, MH CL-ML

Legenda: \* lahko tudi F1, po razmejitvi glede na  $C_u$  po Sliki 6

Vir: TSC 06.512, 2009, str. 9

Slika 6: Razmejitev razredov F1 in F2 za materiale z vsebnostjo finih delcev med 5 in 15 %



### 3.1.4 Nosilnost podlage

Strogo gledano predstavlja voziščna konstrukcija le zgornji ustroj ceste, ki je izdelan na spodnjem ustroju, celoten ustroj pa je običajno temeljen na raščeni temeljni tleh. Spodnji ustroj ceste predstavlja kamnita posteljica, za katero so zahteve za nosilnost podane v TSC 06.100:2003 Kamnita posteljica in povozni plato (v nadaljevanju TSC 06.100) kot minimalne vrednosti deformacijskih modulov, izmerjenih na planumu kamnite posteljice  $E_{v2} > 80$  MPa oz.  $E_{vd} > 40$  MPa, izdelana pa mora biti iz materiala, ki je odporen na učinke mraza.

Plast posteljice ima v ustroju ceste dvojno vlogo, in sicer zagotoviti ustrezno nosilnost podlage za voziščno konstrukcijo oz. zgornji ustroj ceste ter hkrati zagotoviti ustrezno zmrzlinško odpornost celotne konstrukcije. Za izpolnitev prve zahteve moramo poznati lastnosti temeljnih tal voziščne konstrukcije, ki so lahko raščena temeljna tla ali planum nasipa. Za dimenzioniranje voziščnih konstrukcij in pripravo kataloga standardnih sestav za ceste s srednjo in lažjo prometno obremenitvijo sem postavila pogoj za nosilnost temeljnih tal oz. podlage pod plastjo posteljice  $E_{v2} > 25$  MPa ali izraženo v vrednosti kalifornijskega indeksa nosilnosti CBR = 6 do 7 %. V kolikor temeljna tla ne dosegajo 25 MPa, jih je potrebno predhodno utrditi.

Korelacije povečanja nosilnosti plasti nevezanih materialov s povečanjem debeline plasti so pridobljene le empirično, različni avtorji podajajo različne načine izračunov oz. podajajo korelacije v obliki diagramov. Žmavc (1997, str. 233) podaja diagram, iz katerega je razvidno, da moramo za doseganje zahtevane nosilnosti na planumu posteljice izdelati kamnito posteljico v debelini cca 27 cm. Tako bo na planumu posteljice dosežena zahtevana nosilnost  $E_{v2} > 80$  MPa ali izraženo v vrednosti kalifornijskega indeksa nosilnosti CBR = 15 %.

### 3.1.5 Lastnosti materialov in tehnološke omejitve

Pri projektiranju voziščne konstrukcije moramo dobro poznati zahteve, potrebne lastnosti in določene omejitve pri uporabi cestogradbenih materialov, ki jih bomo vgradili v voziščno konstrukcijo. V nadaljevanju bom izpostavila najosnovnejše zahteve in omejitve, ki jih je potrebno upoštevati pri izboru materiala za tamponsko plast in asfaltne plasti.

#### 3.1.5.1 Tampon

Zahtevane lastnosti tamponske plasti (nevezane nosilne plasti) so podane v TSC 06.200.

*Preglednica 14: Osnovne zahteve za tamponski material.*

Lastnost tamponskega materiala in plasti	Lažja prometna obremenitev	Težja prometna obremenitev
Debelina plasti	≥ 20	≥ 25
Tip materiala	prodec, drobljenec	drobljenec
Kategorija zrnivosti	0/22, 0/32, 0/45	
Vsebnost finih delcev na deponiji	$f_5$	
Vsebnost finih delcev v izdelani plasti	$f_8$	
Modul oblike	SI 20	
Ekvivalent peska	SE 50	SE 60
Odpornost proti drobljenju	LA 35	LA 30
Odpornost kam. zrn proti zmrzovanju	NS <sub>10</sub>	



Preglednica 15: Zahtevane vrednosti deformacijskih modulov  $E_{v2}$  in  $E_{vd}$  ter razmerja  $E_{v2}/E_{v1}$  na tamponski plasti.

Vrsta zrn	Prometna obremenitev					
	težka			srednja, lahka		
	Zahtevane vrednosti					
	$E_{v2}$ [MPa]	$E_{v2}/E_{v1}$ [MPa]	$E_{vd}$ [MPa]	$E_{v2}$ [MPa]	$E_{v2}/E_{v1}$ [MPa]	$E_{vd}$ [MPa]
Naravna	$\geq 100$	$\leq 2,2$	$\geq 45$	$\geq 90$	$\leq 2,4$	$\geq 40$
Drobljena, mešana	$\geq 120$	$\leq 2,0$	$\geq 55$	$\geq 100$	$\leq 2,2$	$\geq 45$

Vir: TSC 06.200, 2003, str. 11

Osnovne zahteve za tamponski material in plast so podane v Preglednici 14, v Preglednici 15 pa so podane zahtevane nosilnosti na planumu tamponske plasti v odvisnosti od tipa materiala in prometne obremenitve. Zahtevana nosilnost je izražena z deformacijskimi moduli, dodatno pa razmerje  $E_{v2}/E_{v1}$  podaja zahtevo po stopnji zgoščenosti plasti.

### 3.1.5.2 Asfaltne plasti

Zahteve za asfaltne zmesi in plasti so podane v standardih in tehničnih specifikacijah, ki so navedeni v točki 3.1.1.

Pri izboru asfaltnih zmesi za projektirano cesto moramo biti pozorni predvsem na to, da zmes ustreza predvideni prometni obremenitvi, klimatskim razmeram in značilnosti prometa. Upoštevati moramo tudi tehnološke omejitve glede debelin plasti.

Asfaltne zmesi se označuje po veljavnih standardih. Oznaka je sestavljena in nam poda:

- Skupino zmesi:
  - AC, oznaka za bituminizirani beton,
  - SMA, oznaka za drobir z bitumenskim mastiksom,
  - MA, oznaka za liti asfalt,
  - PA, oznaka za drenažni asfalt.

- Velikost največjega zrna v sestavi v mm (4, 8, 11, 16, 22, 32)
- Plast v katero bo asfaltna zmes vgrajena:
  - base, oznaka za nosilno plast
  - bin, oznaka za vezno plast
  - surf, oznaka za obrabno plast
- Vrsta bitumna v sestavi (npr. B50/70, B70/100, PmB 45/80-65...)
- Razred prometne obremenitve za namen uporabe (A1, A2, A3, A4, A5)

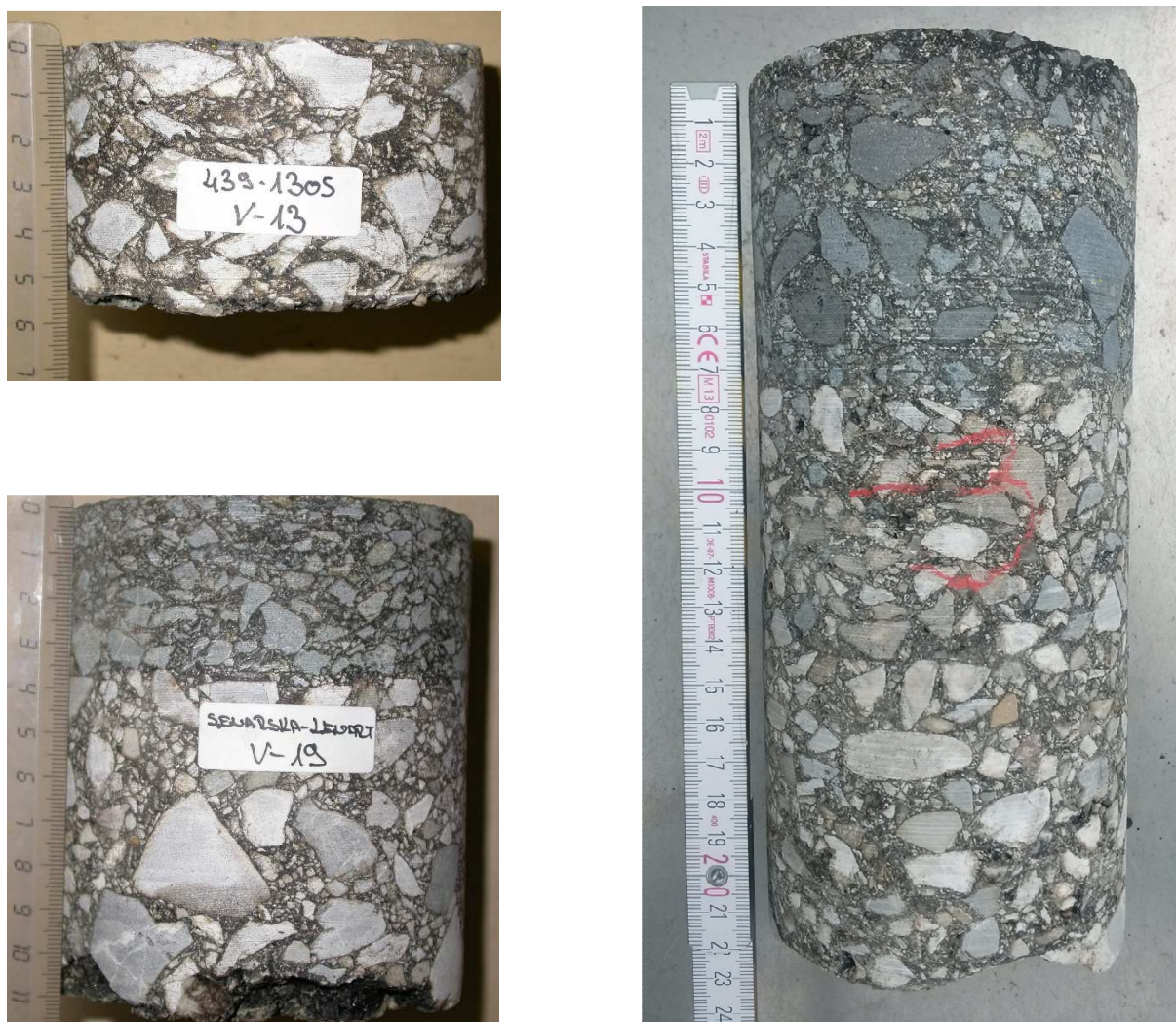
Nekaj primerov označevanja asfaltnih zmesi:

- AC 11 surf B50/70 A3,
- SMA 8 PmB 45/80-65A2,
- MA 11 B20/30 A3,
- AC 22 bin PmB 45/80-65 A2,
- AC 22 base B50/70 A4.

Asfaltna obloga voziščne konstrukcije se izdelava iz ene, dveh ali treh asfaltnih plasti. V kolikor se izdelava asfaltna obloga iz dveh ali treh plasti, se na primerno pripravljeno tamponsko plast vgradi nosilna asfaltna plast, izdelana iz asfaltne zmesi AC base (iz *ang. Asphalt concrete base*). Na njo se na bolj obremenjenih cestah vgradi vezna asfaltna plast iz zmesi AC bin (iz *ang. Asphalt concrete binder*). Povozno površino asfaltne voziščne konstrukcije predstavlja obrabna plast. Pri izboru obrabne asfaltne plasti imamo na voljo različne tipe bituminiziranih zmesi, na izbor pa vpliva več dejavnikov npr. torne lastnosti, manjše obremenjevanje okolja s hrupom, izgled, cena, način vgrajevanja, namembnost površine...

Za obrabne asfaltne plasti so primerni naslednji tipi bituminiziranih zmesi:

- bitumenski beton (oznaka AC surf, *ang. Asphalt concrete surface*),
- drobir z bitumenskim mastiksom (oznaka SMA, *ang. Stone mastic asphalt*),
- liti asfalt (oznaka MA, *ang. Mastic asphalt*),
- drežni asfalt (oznaka PA, *ang. Porous asphalt*).



*Slika 7: Primeri enoslojne, dvoslojne in trislojne asfaltne obloge.*

Vir: Lasten arhiv

Na cestah z lahko prometno obremenitvijo se lahko izdelava enoslojna asfaltna obloga. Takšna plast opravlja nosilno in obrabno funkcijo in ji rečemo obrabnonosilna asfaltna plast. Za izdelavo se uporabi asfaltna zmes AC 16 surf B70/100 A4 ali AC 16 surf B 50/70 A4, odvisno od klimatskih razmer.

Pri izbiri bituminizirane zmesi se upošteva predvidena prometna obremenitev, potrebna debelina plasti, klimatske in mikroklimatske razmere ter morebitne posebnosti pri odvijanju prometa (npr. počasen promet, križišča, ipd.). Priporočeni kriteriji za izbor so podani v TSC 06.300/06.410. Za lažji pregled sem izdelala Preglednico 16, kjer je razvidno, katere bituminizirane zmesi so primerne za vgrajevanje

v ceste z določeno prometno obremenitvijo, in Preglednico 17, kjer je prikazano, kakšne so mejne projektne debeline za posamezne bituminizirane plasti pri novogradnjah.

*Preglednica 16: Področja uporabe bituminiziranih zmesi v odvisnosti od prometne obremenitve.*

	<b>A1</b>	<b>A2</b>	<b>A3</b>	<b>A4</b>	<b>A5</b>
Skupina prom. obremenitve	Izredno težka	Zelo težka Težka	Srednja	Lahka Zelo lahka	Hodnik za pešce Kolesarska steza
PLDO (NOO 100 kN)	> 3000	> 800 do 3000 > 300 do 800	> 80 do 300	> 30 do 80 ≤ 30	—
Vrsta zmes	<b>PODROČJE UPORABE</b>				
<b>AC 16 base</b>	—	+	+	+	—
<b>AC 22 base</b>	+	+	+	+	—
<b>AC 32 base</b>	+	+	+	—	—
<b>AC 16 bin</b>	+	+	—	—	—
<b>AC 22 bin</b>	+	+	—	—	—
<b>AC 8 surf</b>	—	+	+	+	+
<b>AC 11 surf</b>	+	+	+	+	+
<b>AC 16 surf*)</b>	—	—	—	+	—
<b>SMA 4</b>	—	—	—	+	+
<b>SMA 8</b>	+	+	+	+	+
<b>SMA 11</b>	+	+	+	+	—
<b>MA 4</b>	—	—	—	+	+
<b>MA 8</b>	—	+	+	+	+
<b>MA 11</b>	+	+	+	+	—
<b>PA 8</b>	+	+	+	+	+
<b>PA 11</b>	+	+	+	+	+
<b>PA 16</b>	—	—	—	—	+ (športni objekti)

Legenda: + uporaba je priporočena — uporaba ni priporočena

\*) bituminizirana zmes za obrabnonosilne plasti

*Preglednica 17: Mejne projektne debeline plasti bituminiziranih zmesi.*

Projektna debelina plasti	<b>AC 16 base</b>	<b>AC 22 base</b>	<b>AC 32 base</b>	<b>AC 16 bin</b>	<b>AC 22 bin</b>	<b>AC 4 surf</b>	<b>AC 8 surf</b>	<b>AC 11 surf</b>	<b>AC 16 surf<sup>1)</sup></b>	<b>SMA 4</b>	<b>SMA 8</b>	<b>SMA 11</b>	<b>MA 4</b>	<b>MA 8</b>	<b>MA 11</b>	<b>PA 8</b>	<b>PA 11</b>	<b>PA 16</b>
najmanj [mm]	50	60	80	50	60	15	25	35	50	15	20	25	15	20	30	30	35	50
največ [mm]	70	100	140	80	100	30	40	50	80	25	40	50	25	35	40	45	50	70

Legenda: <sup>1)</sup> bituminizirana zmes za obrabnonosilne plasti

Priporočilo za izbor bitumenskih veziv v bituminiziranih zmesih je podano v Preglednici 18. Običajno pa se za obrabne in vezne asfaltne plasti za voziščne konstrukcije s težko, zelo težko in izredno težko prometno obremenitvijo uporablja modificirana bitumenska veziva.

V TSC 06.300/06.410 so podane tudi zahteve o doseganju določenih lastnosti bituminiziranih zmesi in vgrajenih asfaltnih plasti, ki pa za potrebe dimenzioniranja in projektiranja voziščne konstrukcije niso pomembne, zato jih posebej ne izpostavljam.

*Preglednica 18: Priporočilo za uporabo bitumenskih veziv za bituminizirane zmesi za asfaltne plasti.*

Značilnosti za uporabnost		Tip cestogradbenega bitumna						Tip polimernega bitumna				
		20/30	30/50	50/70	70/100	100/150	160/220	10/40-60	25/55-65	45/80-50	45/80-65	90/150-45
Vrsta bituminizirane zmesi	AC surf (BB)	-	+	+	+	+	+	-	-	+	+	+
	AC bin	-	+	+	+	-	-	-	+	+	+	-
	AC base (BD, BP)	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
	SMA (DBM)	-	-	+	+	+	-	-	-	+	+	-
	PA (DA)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
Razred prometne obremenitve (TSC 06.511)	IT (izredno težka)	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-
	ZT (zelo težka)	+	+	+	-	-	-	+	+	+	+	-
	T (težka)	-	+	+	-	-	-	+	+	+	+	+
	S (srednja)	-	-	+	+	-	-	+	+	+	+	+
	L (lahka)	-	-	+	+	+	+	-	-	+	-	+
ZL (zelo lahka)	-	-	+	+	+	+	+	-	+	-	+	
Gostota prometa (PLDP)	> 20.000	+	+	+	-	-	-	+	+	-	+	-
	10.000 - 20.000	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+	-
	5.000 - 10.000	-	+	+	+	-	-	-	-	+	+	+
Hitrost prometa	P (počasen) <sup>2)</sup>	+	+	-	-	-	-	+	+	-	+	-
	H (hiter)	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+
Klimatsko področje	M (mediteransko) <sup>1)</sup>	+	+	+	+	-	-	+	+	+	+	-
	C (celinsko)	-	-	+	+	+	+	-	-	+	+	+

Legenda:

- uporaba ni priporočena
- + uporaba je priporočena
- <sup>1)</sup> Vipavska dolina, obalno območje
- <sup>2)</sup> ≤ 35 km/h

Vir: TSC 06.300/06.410: 2009, razpredelnica 2.2.1.

### 3.1.6 Dimenzioniranje voziščne konstrukcije

Postopek dimenzioniranja asfaltnih voziščnih konstrukcij obsega določitev vhodnih parametrov za dimenzioniranje, ki sem jih podrobno predstavila v točkah 3.1.1 do 3.1.4, nato se ob upoštevanju le teh določi debelina plasti po postopku iz TSC 06.520, ki ga bom predstavila v nadaljevanju, končno pa se izvede še izbira primernih materialov po priporočilih, podanih v točki 3.1.5.

Pri izbiri materialov za voziščno konstrukcijo ter pri določanju vrste in dimenzij posameznih plasti se upošteva količnike ekvivalentnosti materialov ali količnike zamenjave ( $a_i$ ), ki podajajo medsebojna razmerja odpornosti materialov proti utrujanju. Povprečne vrednosti količnikov ekvivalentnosti osnovnih cestogradbenih materialov so podane v Preglednici 19.

Za projektirano novo voziščno konstrukcijo, za katero smo po postopku iz točke 3.1.2 in po enačbi (3) določili merodajno prometno obremenitev  $T_{20}$ , iz diagrama na Sliki 8 odčitamo skupno potrebno debelino asfaltne krovne plasti ( $d_k$ ) v odvisnosti od prometne obremenitve. Skupna potrebna debelina asfaltne krovne plasti je v diagramu podana za povprečno kakovost bituminizirane zmesi, ki je ovrednotena z računskim količnikom ekvivalentnosti  $a_{rk} = 0,38$ . Debelinski indeks potrebne asfaltne obloge  $D_k$  se izračuna po enačbi (TSC 06.520):

$$D_k = 0,38 \times d_k \quad (4)$$

kjer pomeni:

$d_k$  – skupna potrebna debelina nove asfaltne krovne plasti.

*Preglednica 19: Povprečne vrednosti količnikov ekvivalentnosti osnovnih cestogradbenih materialov.*

Vrsta materiala	Količnik ekvivalentnosti $a_i$
<b>obrabna plast</b>	<b><math>a_o</math></b>
– AC surf	0,42
– SMA	0,42
<b>zgornja vezana nosilna plast</b>	<b><math>a_{zv}</math></b>
– bituminizirani drobljenec	0,35
– bituminizirani prodec	0,28
<b>spodnja vezana nosilna plast</b>	<b><math>a_{sv}</math></b>
– cementna stabilizacija	0,24
– bitumenska stabilizacija	0,20
<b>spodnja nevezana nosilna plast</b>	<b><math>a_{sn}</math></b>
– drobljenec	0,14
– prodec	0,11

Vir: TSC 06.520, 2009, str. 8

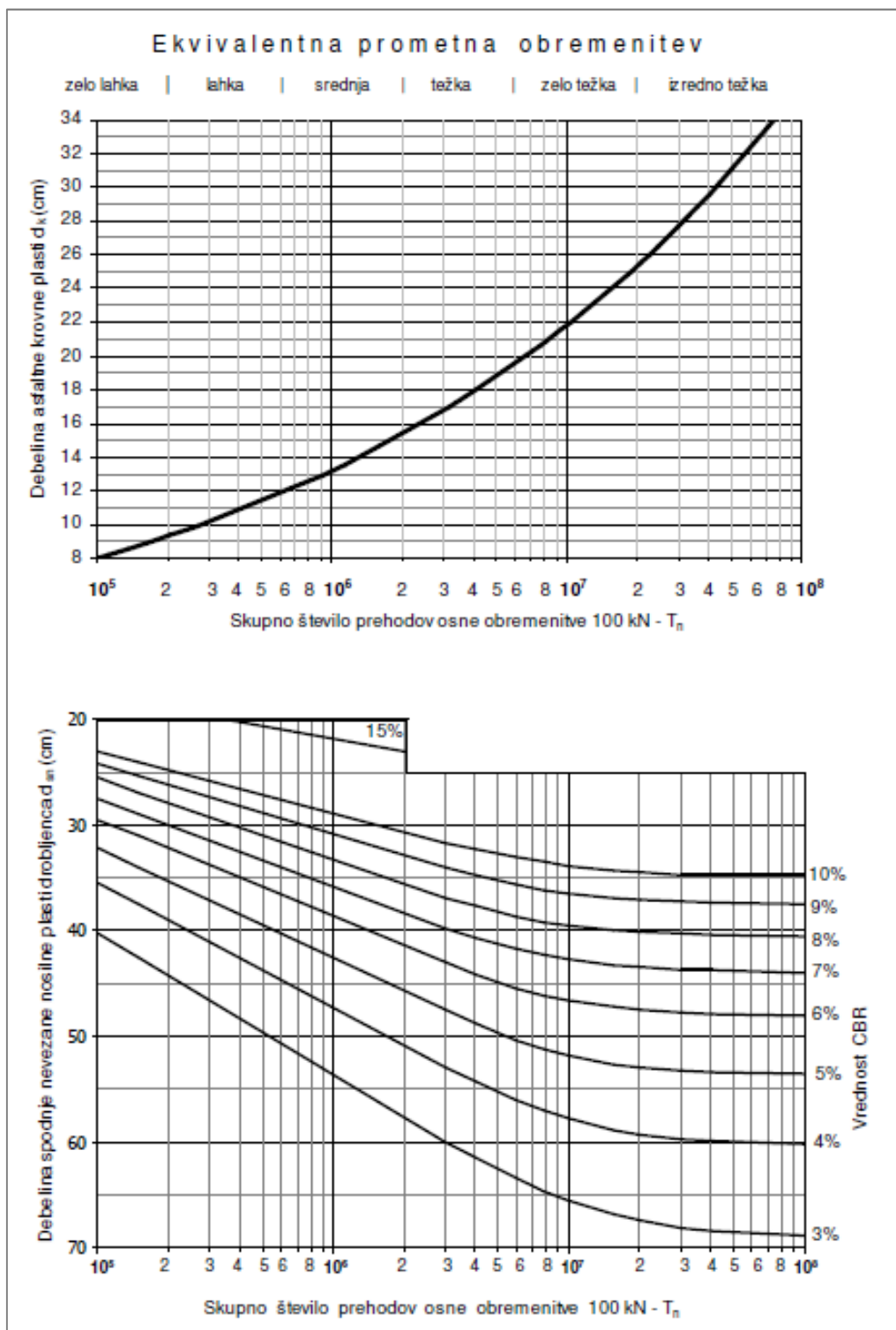
Za določitev debeline obrabne plasti  $d_o$  in zgornje vezne nosilne plasti  $d_{zv}$  upoštevamo količnike ekvivalentnosti iz Preglednice 19 in tehnološko pogojene mejne vrednosti iz Preglednice 17. Debelinski indeks projektirane asfaltne obloge mora biti večji ali enak debelinskemu indeksu potrebne asfaltne obloge (TSC 06.520):

$$D_k = 0,38 \times d_k \geq a_o \times d_o + a_{zv} \times d_{zv} = D_{k, \text{proj}} \quad (5)$$

Debelinski indeks projektirane voziščne konstrukcije (vsota debelinskih indeksov posameznih projektiranih plasti) mora dosegati večjo vrednost kot debelinski indeks najmanjših potrebnih debelin.

Potrebna debelina nevezane nosilne (tamponske) plasti iz drobljenca za lahko in srednjo prometno obremenitev znaša 20 cm, za težje prometne obremenitve pa 25 cm, ker sem pri dimenzioniranju posteljice kot podlage voziščne konstrukcije (točka 3.1.4) upoštevala zahtevo, da dosega deformacijski modul na planumu kamnite posteljice  $E_{v2} \geq 80$  MPa, to je CBR = 15 %.

Ko imamo definirane debeline plasti, izračunamo skupno debelino zmrzlinško odpornih materialov v projektirani voziščni konstrukciji. Če je debelina manjša od izračunane najmanjše potrebne debeline  $h_{\min}$  (glej točko 3.1.3), je potrebno za razliko v debelini povečati debelino kamnite posteljice.



Slika 8: Diagram za določitev dimenzij osnovnih plasti novih asfaltnih voziških konstrukcij.

Vir: TSC 06.520, 2009, str. 10



### 3.2 Projektiranje voziščnih konstrukcij v Nemčiji

Načrtovanje voziščnih konstrukcij prometnih površin v Nemčiji se izvaja po smernicah Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen – RStO 12 (v nadaljevanju RStO 12) po principu izbora primerne voziščne konstrukcije iz kataloga standardiziranih voziščnih konstrukcij, kar je bistvena razlika v primerjavi z načinom projektiranja voziščnih konstrukcij pri nas. Za ceste z izredno težko prometno obremenitvijo uporabljajo računsko metodo po smernici Richtlinien für die rechnerische Dimensionierung des Oberbaus von Verkehrsflächen mit Asphaltdeckschicht (RDO Asphalt 09).

V RStO 12 je podan postopek izračuna merodajne prometne obremenitve, razdelitev na razrede prometnih obremenitev, določitev minimalne debeline zmrzlinško odpornih materialov, zahteve za podlago ter katalog standardiziranih voziščnih konstrukcij glede na razrede prometnih obremenitev in tip obrabne plasti – asfalt, beton, tlakovane površine. Za vse v katalogu predpisane voziščne konstrukcije velja, da se jih izdelava na podlago (temeljna tla), katere planum izkazuje vrednost deformacijskega modula  $E_{v2} = 45$  MPa. Planska doba za dimenzioniranje nove voziščne konstrukcije po RStO 12 je 30 let.

*Preglednica 20: Razvrstitev prometnih obremenitev v skupine prometne obremenitve.*

<b>Razred obremenitve</b>	<b>Število prehodov NOO 100 kN v 30 letih [× 10<sup>6</sup>]</b>
<b>Bk100</b>	nad 32
<b>Bk32</b>	nad 10 do 32
<b>Bk10</b>	nad 3,2 × do 10
<b>BK3,2</b>	nad 1,8 do 3,2
<b>Bk1,8</b>	nad 1,0 do 1,8
<b>Bk1,0</b>	do 0,3 do 1,0
<b>Bk0,3</b>	do 0,3

*Vir: RStO 12, str. 10*

V smernicah RStO 12 je podana razdelitev na 7 razredov prometne obremenitve (glej Preglednico 20) glede na merodajno prometno obremenitev v 30 letni projektni dobi (pri nas 20 let), podani v številu prehodov NOO 100 kN. Pri izračunu prometne obremenitve se upošteva predvideno rast prometa, vpliv širine in razdelitve voznih pasov ter naklona nivelete vozišča. Faktorji vpliva so primerljivi našim.

*Preglednica 21: Začetna debelina pri določitvi minimalne debeline zmrzlinško odporne voziščne konstrukcije*

Razred občutljivosti	Debelina za razred obremenitve [cm]		
	Bk100 do Bk10	Bk3,2 do Bk1,0	Bk0,3
<b>F2</b>	55	50	40
<b>F3</b>	65	60	50

*Vir: RStO 12, str. 14*

Potrebna debelina zmrzlinško odpornih materialov za zagotovitev zmrzlinške odpornosti voziščne konstrukcije se po RStO 12 določi z začetno vrednostjo po Preglednici 21 glede na občutljivost podlage na mraz in razrede obremenitve. Začetni vrednosti se doda do 30 cm ali odvzame do 15 cm debeline glede na relevantne negativne oziroma pozitivne klimatske in hidrološke razmere.

Katalog standardiziranih voziščnih konstrukcij je podan v obliki matrike, ki je prikazana v Preglednici 22. Za posamezni razred prometne obremenitve imamo 7 osnovnih struktur uporabljenih plasti (vrstica matrike) – npr. stabilizirane plasti, nevezane nosilne plasti iz prodca ali drobljenca, podane primere voziščne konstrukcije. Podane so debeline posameznih plasti, zahteve po doseženih deformacijskih moduli  $E_{v2}$  na planumih plasti in informativne skupne minimalne debeline zmrzlinško odpornih materialov. Merodajna končna minimalna debelina zmrzlinško odpornih materialov je določena z upoštevanjem potrebnih minimalnih debelin za zagotovitev zmrzlinško odporne voziščne konstrukcije.

Če podrobneje pogledamo pri nas najbolj pogosto sestavo asfaltne voziščne konstrukcije (asfaltna obloga, tampon in posteljica), ki je pod točko 3 Preglednice 22 in izpostavljena na Sliki 9, vidimo, da se po nemških smernicah na zmrzlinško odporno posteljico, ki

dosega deformacijski modul  $E_{v2} \geq 120$  MPa (pri Bk0,3  $E_{v2} \geq 100$  MPa) vgradi 15 cm tamponskega drobljenca. Tamponska plast mora na planumu dosegati deformacijski modul  $E_{v2} \geq 150$  MPa (pri Bk0,3  $E_{v2} \geq 120$  MPa).

Preglednica 22: Asfaltne voziščne konstrukcije na F2 in F3 podlagi.

(Dickenangaben in cm;  $\nabla$   $E_{v2}$ -Mindestwerte in MPa)

Zeile	Belastungsklasse	Bk100	Bk32	Bk10	Bk3,2	Bk1,8	Bk1,0	Bk0,3	
	B [Mio]	> 32	> 10 - 32	> 3,2 - 10	> 1,8 - 3,2	> 1,0 - 1,8	> 0,3 - 1,0	≤ 0,3	
	Dicke des frostsch. Oberbaues	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	45 55 65 75	45 55 65 75	45 55 65 75	35 45 55 65	
1	<b>Asphalttragschicht auf Frostschuttschicht</b>								
	Asphaltdecke	12	12	12	10	4	4	4	
	Asphalttragschicht	22	18	14	12	16	14	10	
	Frostschuttschicht	34	30	26	22	20	18	14	
	Dicke der Frostschuttschicht	31 <sup>1</sup> 41 51	25 <sup>1</sup> 35 45 55	29 <sup>1</sup> 39 49 59	33 <sup>1</sup> 43 53	25 <sup>1</sup> 35 45 55	27 37 47 57	21 31 41 51	
2.1	<b>Asphalttragschicht und Tragschicht mit hydraulischem Bindemittel auf Frostschuttschicht bzw. Schicht aus frostunempfindlichem Material</b>								
	Asphaltdecke	12	12	12					
	Asphalttragschicht	14	10	8					
	Hydraulisch gebundene Tragschicht (HGT)	15	15	15					
	Dicke der Frostschuttschicht	34 <sup>1</sup> 44	28 <sup>1</sup> 38 48	30 <sup>1</sup> 40 50					
2.2	Asphaltdecke	12	12	12	10	4	4	4	
	Asphalttragschicht	18	14	10	10	12	10	10	
	Verfestigung	15	15	15	15	15	15	15	
	Schicht aus frostunempfindlichem Material -weit- oder intermitierend gestuft gemäß DIN 18196-	45	41	37	35	31	29	29	
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	10 <sup>1</sup> 20 <sup>1</sup> 30 40	14 <sup>1</sup> 24 34 44	18 <sup>1</sup> 28 38 48	10 <sup>1</sup> 20 30 40	14 <sup>1</sup> 24 34 44	16 <sup>1</sup> 26 36 46	6 <sup>1</sup> 16 <sup>1</sup> 26 36	
2.3	Asphaltdecke	12	12	12	10	4	4	4	
	Asphalttragschicht	18	14	10	10	12	10	10	
	Verfestigung	20	20	20	20	15	15	15	
	Schicht aus frostunempfindlichem Material -enggestuft gemäß DIN 18196-	45	46	42	40	31	29	29	
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	5 <sup>1</sup> 15 <sup>1</sup> 25 35	9 <sup>1</sup> 19 <sup>1</sup> 29 39	13 <sup>1</sup> 23 33 43	5 <sup>1</sup> 15 <sup>1</sup> 25 35	14 <sup>1</sup> 24 34 44	16 <sup>1</sup> 26 36 46	6 <sup>1</sup> 16 <sup>1</sup> 26 36	
3	<b>Asphalttragschicht und Schottertragschicht auf Frostschuttschicht</b>								
	Asphaltdecke	12	12	12	10	4	4	4	
	Asphalttragschicht	18	14	10	10	12	10	10	
	Schottertragschicht <sup>1)</sup> $E_{v2} \geq 150(120)$	15	15	15	15	15	15	15	
	Dicke der Frostschuttschicht	30 <sup>1</sup> 40	34 <sup>1</sup> 44	28 <sup>1</sup> 38 48	30 <sup>1</sup> 40	24 <sup>1</sup> 34 44	16 <sup>1</sup> 26 36 46	18 <sup>1</sup> 28 38	
4	<b>Asphalttragschicht und Kiestragschicht auf Frostschuttschicht</b>								
	Asphaltdecke	12	12	12	10	4	4	4	
	Asphalttragschicht	18	14	10	10	12	10	10	
	Kiestragschicht $E_{v2} \geq 150(120)$	20	20	20	20	20	20	20	
	Dicke der Frostschuttschicht	25 <sup>1</sup> 35	29 <sup>1</sup> 39	33 <sup>1</sup> 43	25 <sup>1</sup> 35	29 <sup>1</sup> 39	31 <sup>1</sup> 41 51	23 <sup>1</sup> 33	
5	<b>Asphalttragschicht und Schotter- oder Kiestragschicht auf Schicht aus frostunempfindlichem Material</b>								
	Asphaltdecke	12	12	12	10	4	4	4	
	Asphalttragschicht	18	14	10	10	12	10	10	
	Schotter- oder Kiestragschicht	30 <sup>1)</sup>	30 <sup>1)</sup>	30 <sup>1)</sup>	30 <sup>1)</sup>	30 <sup>1)</sup>	30 <sup>1)</sup>	25 <sup>1)</sup>	
	Dicke der Schicht aus frostunempfindlichem Material	56 <sup>1)</sup>	56 <sup>1)</sup>	52 <sup>1)</sup>	50 <sup>1)</sup>	46 <sup>1)</sup>	44 <sup>1)</sup>	37 <sup>1)</sup>	

Ab 12 cm aus frostunempfindlichem Material, geringere Restdicke ist mit dem darüber liegenden Material auszugleichen

Debelina asfaltne obloge je odvisna od razreda obremenitve. V katalogu je kot zgornja asfaltna plast pri razredih večje obremenitve podana skupna debelina obrabnega in veznega sloja asfalta kot debelina asfaltne krovne plasti. RStO 12 tudi dopušča, da se npr. namesto 4 cm krovne in 10 cm nosilne asfaltne plasti, kot je navedeno v Preglednici, vgradi 3 cm krovne in 11 cm nosilne asfaltne plasti. Prav tako dopušča, v primeru zelo majhne prometne obremenitve Bk0,1, izdelavo asfaltne obloge iz obrabnozaporne plasti asfalta v debelini 10 cm.

Na Sliki 9 so v tretji vrstici razvidne informativne minimalne skupne debeline zmrzlinško odpornih materialov, dejanske debeline pa se določi gleda na lokacijo, klimatske in hidrološke pogoje.

Zeile	Belastungsklasse	▼ $E_{v2}$							
		Bk100	Bk32	Bk10	Bk3,2	Bk1,8	Bk1,0	Bk0,3	
		B [Mio.]	> 32	> 10 bis 32	> 3,2 bis 10	> 1,8 bis 3,2	> 1,0 bis 1,8	> 0,3 bis 1,0	≤ 0,3
Dicke des frostsicheren Aufbaus	55 65 75 85	55 65 75 85	55 65 75 85	45 55 65 75	45 55 65 75	45 55 65 75	45 55 65 75	35 45 55 65	
3	Asphaltdecke								
	Asphalttragschicht								
	Schottertragschicht <sup>7)</sup> $E_{v2} \geq 150$ (120) MPa								
	Frostschuttschicht								
Dicke der Frostschuttschicht		—   —   30 <sup>2)</sup>   40	—   —   34 <sup>2)</sup>   44	—   28 <sup>3)</sup>   38   48	—   —   30 <sup>2)</sup>   40	—   24 <sup>3)</sup>   34   44	16 <sup>3)</sup>   26   36   46	—   18 <sup>3)</sup>   28   38	

Legenda: \*) namesto dvoslojnega asfalta se lahko izdelava enoslojna obrabnonosilna plast v debelini 10 cm

7) alternativa: 2 cm manj AC base na 20 cm TD,  $E_{v2} \geq 180$  MPa (pri Bk3,2 in Bk1,8) oz. 150 MPa

*Slika 9: Primer asfaltnih voziščnih konstrukcij iz Preglednice 22 s plasti asfaltna obloga, tampon, posteljica.*

Vir: DAV, 2013, str. 17

## 4 PRIPRAVA KATALOGA VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJ

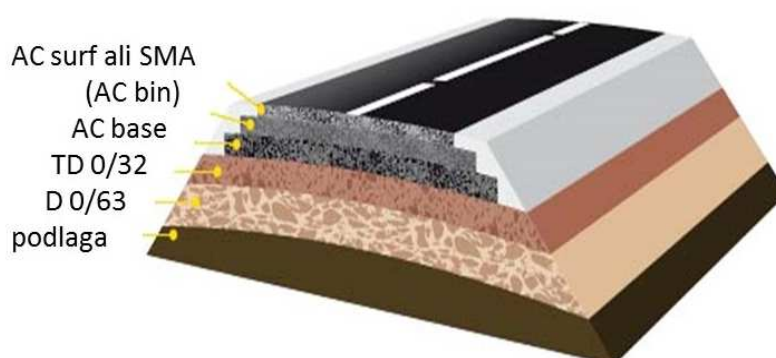
### 4.1 Izhodišče

Po vzgledu nemških smernic sem v diplomskem delu pripravila katalog asfaltnih voziščnih konstrukcij z najpogostejšo razporeditvijo plasti v sestavi (Slika 10):

- asfaltna obloga,
- tampon,
- posteljica.

Pri izdelavi kataloga sem upoštevale pravilnike, smernice in standarde, ki veljajo pri nas:

- projektna doba 20 let po Parilniku o projektiranju cest,
- izračun prometne obremenitve po TSC 06.511,
- upoštevanje kriterijev za določitev hidroloških in klimatskih vplivov po TSC 06.512,
- določitev potrebnih debelin voziščne konstrukcije po TSC 06.520,
- izbira materialov v skladu s TSC 06.100, TSC06.200, TSC06.300/410.



Slika 10: Osnovna sestava "kataloške" voziščne konstrukcije – asfaltna obloga, tampon in posteljica

## 4.2 Vhodni parametri

### 4.2.1 Nosilnost podlage

Za določitev kataloških voziščnih konstrukcij sem predpostavila minimalno nosilnost podlage  $E_{v2} = 25$  MPa. Takšen deformacijski modul običajno izkazuje zaglinjen grušč, lahko pa tudi glina trdne konsistence.

### 4.2.2 Debelina posteljice

Da bo na planumu posteljice dosežena zahtevana nosilnost, ki po TSC 06.100 znaša  $E_{v2} = 80$  MPa, predpostavljena nosilnost na planumu podlage pa je  $E_{v2} = 25$  MPa, mora znašati minimalna debelina posteljice iz drobljenega kamnitega materiala 27 cm, kar sem podrobneje predstavila v točki 3.1.4. Za kataloške voziščne konstrukcije sem potrebno debelino posteljice zaokrožila na 30 cm.

Ob dejanski uporabi iz kataloga izbrane voziščne konstrukcije na znani lokaciji, je potrebno preveriti zmrzlinško odpornost voziščne konstrukcije glede na dejanske klimatske in hidrološke razmere, kot je predstavljeno v točki 3.1.3. V kolikor skupna debelina zmrzlinško odpornih materialov ne dosega minimalne potrebne debeline  $h_{min}$ , je potrebno debelino posteljice ustrezno povečati.

### 4.2.3 Prometna obremenitev

Za določitev dimenzij plasti sem pri izdelavi kataloga upoštevala zgornje mejne vrednosti števila prehodov NOO 100 kN v vsaki skupini prometne obremenitve po 06.511, kot je prikazano v Preglednici 23. Skupino srednje prometne obremenitve sem razdelila v dva razreda, na razred srednja 1, kjer še zadostuje dvoslojna asfaltna obloga, in razred srednja 2, kjer je že potrebno izdelati trislojno asfaltno oblogo.

*Preglednica 23: Prometne obremenitve v NOO 100 kN pri določitvi debelin plasti kataloških voziščnih konstrukcij*

Skupina prometne obremenitve	Prometna obremenitev [NOO 100 kN]
Izredno težka	$60 \times 10^6$
Zelo težka	$20 \times 10^6$
Težka	$6 \times 10^6$
Srednja 2	$2 \times 10^6$
Srednja 1	$1,1 \times 10^6$
Lahka	$0,6 \times 10^6$
Zelo lahka	$0,2 \times 10^6$

#### 4.2.4 Debeline plasti

Pri določitvi debelin plasti sem upoštevala postopek, predpisan v TSC 06.520 in podrobno opisan v točki 3.1.6.

Za prometne obremenitve iz Preglednice 23 sem iz diagrama na Sliki 8 odčitala skupno potrebno debelino nove asfaltne krovne plasti ( $d_k$ ) in izračunala potrebni debelinski indeks asfaltne obloge  $D_k$ . Izbrala sem debelino obrabne asfaltne plasti 4 cm in po postopku iz točke 3.1.6 izračunala potrebno debelino nosilne asfaltne plasti za vsako prometno obremenitev. Projektirane debeline obrabnih in nosilnih asfaltnih plasti so podane v Preglednici 24.

*Preglednica 24: Projektirane debeline asfaltnih plasti*

Skupina prometne obremenitve	Prometna obremenitev [NOO 100 kN]	$d_k$	$D_k$	AC surf/ SMA	base +bin račun	base (+bin)	skupaj
Izredno težka	$60 \times 10^6$	32,5	12,35	4	30,5	31	35
Zelo težka	$20 \times 10^6$	25,5	9,69	4	22,9	23	27
Težka	$6 \times 10^6$	19,5	7,41	4	16,4	17	21
Srednja 2	$2 \times 10^6$	15,5	5,89	4	12,0	12	16
Srednja 1	$1,1 \times 10^6$	13,5	5,13	4	9,9	10	14
Lahka	$6 \times 10^5$	12	4,56	4	8,2	8	12
Zelo lahka	$2 \times 10^5$	9,5	3,61	4	5,5	6	10

Pri določitve debelin plasti moramo upoštevati mejne tehnološke debeline po Preglednici 17.

Potrebna debelina tamponske plasti iz drobljenca, vgrajene na planum posteljice, znaša za zelo lahko, lahko in srednjo prometno obremenitev 20 cm, za težje prometne obremenitve pa 25 cm.

#### **4.2.5 Izbor materialov**

Za izdelavo kamnite posteljice sem predvidela uporabo drobljenca frakcije 0/63 (oznaka D 0/63), ki ustreza zahtevam TSC 06.100, za izdelavo tampona pa tamponski drobljenec frakcije 0/32 (oznaka TD 0/32), ki ustreza zahtevam TSC 06.200.

Pri izboru bituminizirane zmesi za posamezne asfaltne plasti sem upoštevala usmeritve, podane v točki 3.1.5.2. Znotraj vsakega razreda obremenitve podajam več možnih kombinacij sestave asfaltne obloge. Uporabnik kataloga lahko glede na specifične okoliščine izbere najprimernejšo kombinacijo (npr. trši oz. mehkejši bitumen, tip bituminizirane zmesi za obrabno plast).



## 5 KATALOG ASFALJNIH VOZIŠČNIH KONSTRUKCIJ

### 5.1 Navodilo za uporabo kataloga voziščnih konstrukcij

Katalog predlaganih asfaltnih voziščnih konstrukcij je pripravljen z upoštevanjem zahtev veljavnih standardov, tehničnih smernic in pravilnikov. Podaja sestave voziščnih konstrukcij, ki so zgrajene po osnovnem sistemu asfaltna obloga – tampon – posteljica.

Predpostavljena je nosilnost podlage (temeljnih tal)  $E_{v2} = 25$  MPa, nosilnost posteljice dosega  $E_{v2} = 80$  MPa, tamponska plast pa  $E_{v2} = 100$  (120) MPa.

Izbire voziščne konstrukcije iz kataloga je enostavna:

- Najprej za projektirani odsek ceste izračunamo merodajno prometno obremenitev v številu prehodov NOO 100 kN. Postopek se izvede po točki 3.1.2, kjer je upoštevana metoda tehnične specifikacije TSC 06.511:2009 Prometne obremenitve, določitev in razvrstitev.
- Nato odčitamo v Preglednici 25, katera voziščna konstrukcija v katalogu je primerna za izračunano prometno obremenitev in med predlaganimi kombinacijami izberemo najprimernejšo.
- Preverimo še, če skupna debelina zmrzlinso odpornih materialov ustreza kriteriju zmrzlinse odpornosti po točki 3.1.3, kjer je upoštevana metoda TSC 06.512 TSC 06.512:2009 Projektiranje – klimatski in hidrološki pogoji in po potrebi povečamo debelino posteljice.

*Preglednica 25: Izbor voziščne konstrukcije v katalogu, glede na izračunano prometno obremenitev*

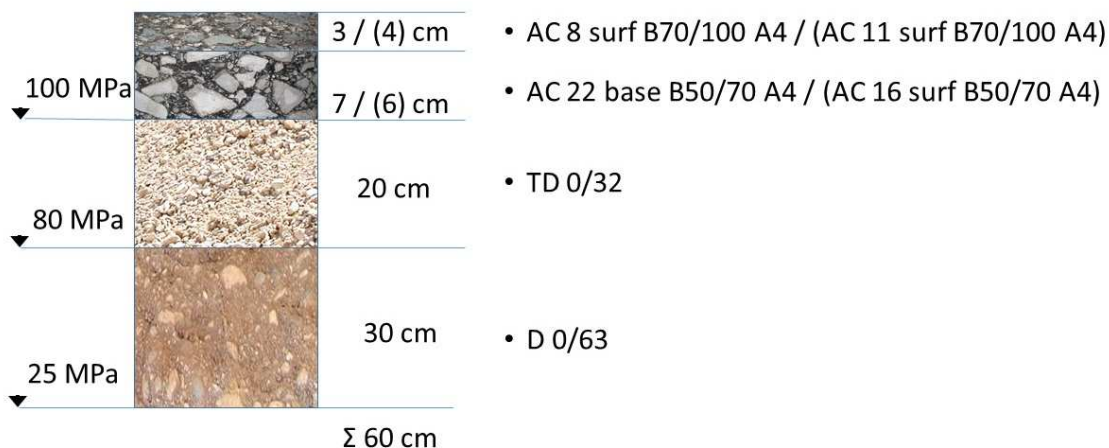
Izračunana prometna obremenitev [ $\times 10^6$ NOO 100 kN]	Skupina prometne obremenitve	Kataloška oznaka	Rubrika
nad 20	Izredno težka	(ni predmet)	–
od 6 do 20	Zelo težka	(ZT informativno)	5.7
od 2 do 6	Težka	<b>T</b>	5.6
od 1,1 do 2	Srednja 2	<b>S2</b>	5.5
od 0,6 do 1,1	Srednja 1	<b>S1</b>	5.4
od 0,2 do 0,6	Lahka	<b>L</b>	5.3
do 0,2	Zelo lahka	<b>ZL</b>	5.2

## 5.2 Voziščna konstrukcija za zelo lahko prometno obremenitev

Oznaka: ZL

Prometna obremenitev: manj kot  $0,2 \times 10^6$  prehodov NOO 100 kN

Sestava:



Preglednica 26: Možne kombinacije sestave asfaltne obloge ZL

Debelina	Plast	Zmes	Bitumen
3 cm	obrabna	AC 8 surf A4	B70/100
7 cm	nosilna	AC 22 base A4 ali AC 16 base A4	B50/70 ali B70/100
<b>Ali</b>			
4 cm	obrabna	AC 8 surf A4	B70/100
6 cm	nosilna	AC 16 base A4 ali AC 22 base A4	B50/70 ali B70/100
<b>Ali</b>			
8 cm*	obrabnonosilna	AC 16 surf A4	B70/100

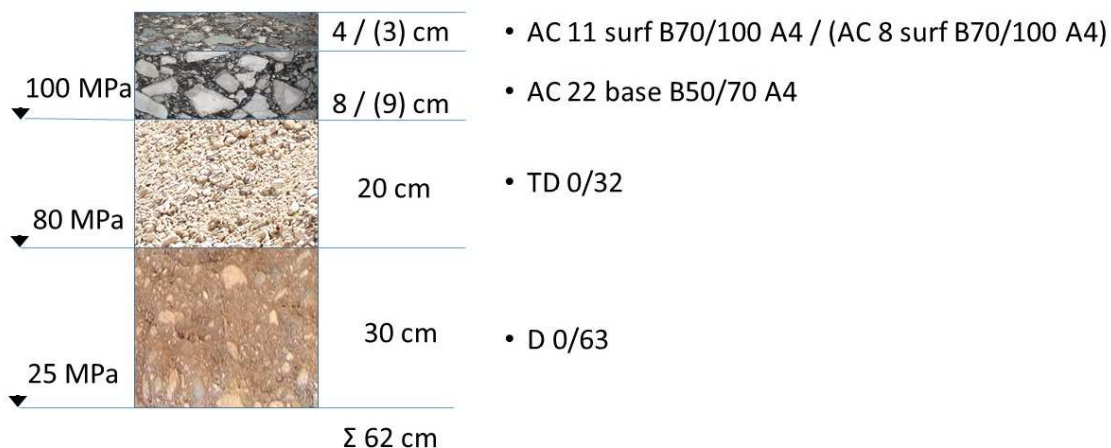
Legenda: \* upoštevana maksimalna debelina plasti po TSC 06.300/06.410

### 5.3 Voziščna konstrukcija za lahko prometno obremenitev

**Oznaka: L**

**Prometna obremenitev:** od  $0,2 \times 10^6$  do  $0,6 \times 10^6$  prehodov NOO 100 kN

**Sestava:**



Preglednica 27: Možne kombinacije sestave asfaltne obloge L

Debelina	Plast	Zmes	Bitumen
4 cm	obrabna	AC 11 surf A4	B70/100
8 cm	nosilna	AC 22 base A4	B50/70 ali B70/100
<b>Ali</b>			
3 cm	obrabna	AC 8 surf A4	B70/100
9 cm	nosilna	AC 22 base A4	B50/70 ali B70/100

## 5.4 Voziščna konstrukcija za srednjo prometno obremenitev – podskupina 1

Oznaka: S1

Prometna obremenitev: od  $0,6 \times 10^6$  do  $1,1 \times 10^6$  prehodov NOO 100 kN

Sestava:



Preglednica 28: Možne kombinacije sestave asfaltne obloge S1

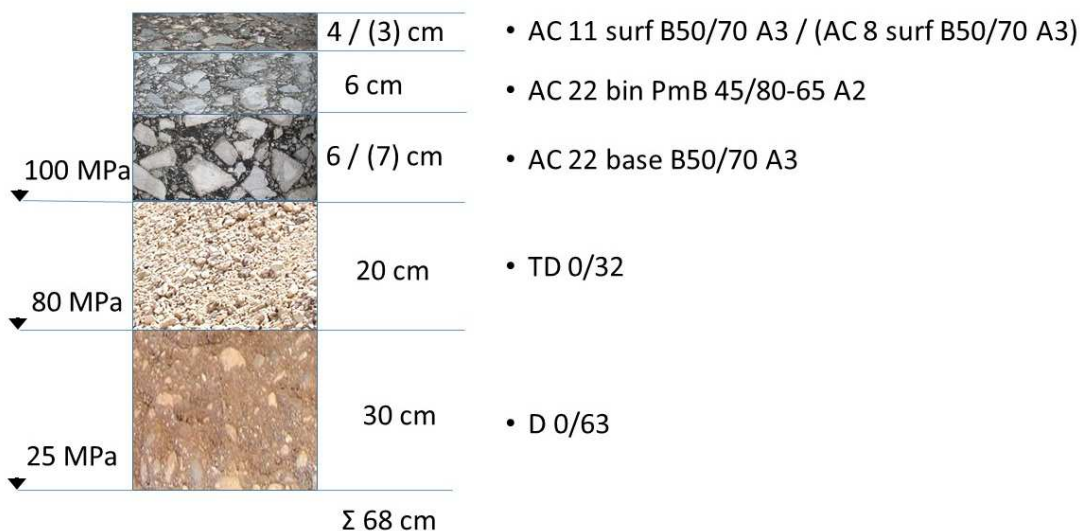
Debelina	Plast	Zmes	Bitumen
4 cm	obrabna	AC 11 surf A3	B50/70 ali 70/100
10 cm	nosilna	AC 32 base A3	B50/70
<b>Ali</b>			
3 cm	obrabna	AC 8 surf A3	B50/70 ali 70/100
11 cm	nosilna	AC 32 base A3	B50/70

## 5.5 Voziščna konstrukcija za srednjo prometno obremenitev – podskupina 2

Oznaka: S2

Prometna obremenitev: od  $1,1 \times 10^6$  do  $2,0 \times 10^6$  prehodov NOO 100 kN

Sestava:



Preglednica 29: Možne kombinacije sestave asfaltne obloge S2

Debelina	Plast	Zmes	Bitumen
4 cm	obrabna	AC 11 surf A3	B50/70
6 cm	vezna	AC 22 bin A2*	PmB 45/80-65
6 cm	nosilna	AC 22 base A3	B50/70
<b>Ali</b>			
3 cm	obrabna	AC 8 surf A3	B50/70
6 cm	vezna	AC 22 bin A2*	PmB 45/80-65
7 cm	nosilna	AC 22 base A3	B50/70
<b>Ali</b>			
3 cm	obrabna	SMA 8 A3	PmB 45/80-65
6 cm	vezna	AC 22 bin A2*	PmB 45/80-65
7 cm	nosilna	AC 22 base A3	B50/70

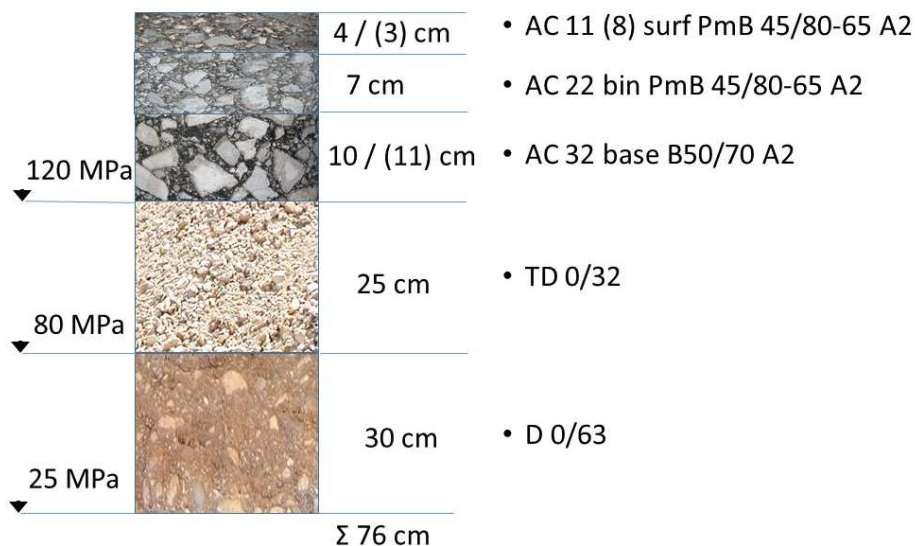
Legenda: \* uporabimo zmes za razred A2, ker po produktnem standardu A3 za bin ni predvidena

## 5.6 Voziščna konstrukcija za težko prometno obremenitev

Oznaka: T

Prometna obremenitev: od  $2 \times 10^6$  do  $6 \times 10^6$  prehodov NOO 100 kN

Sestava:



Preglednica 30: Možne kombinacije sestave asfaltne obloge T

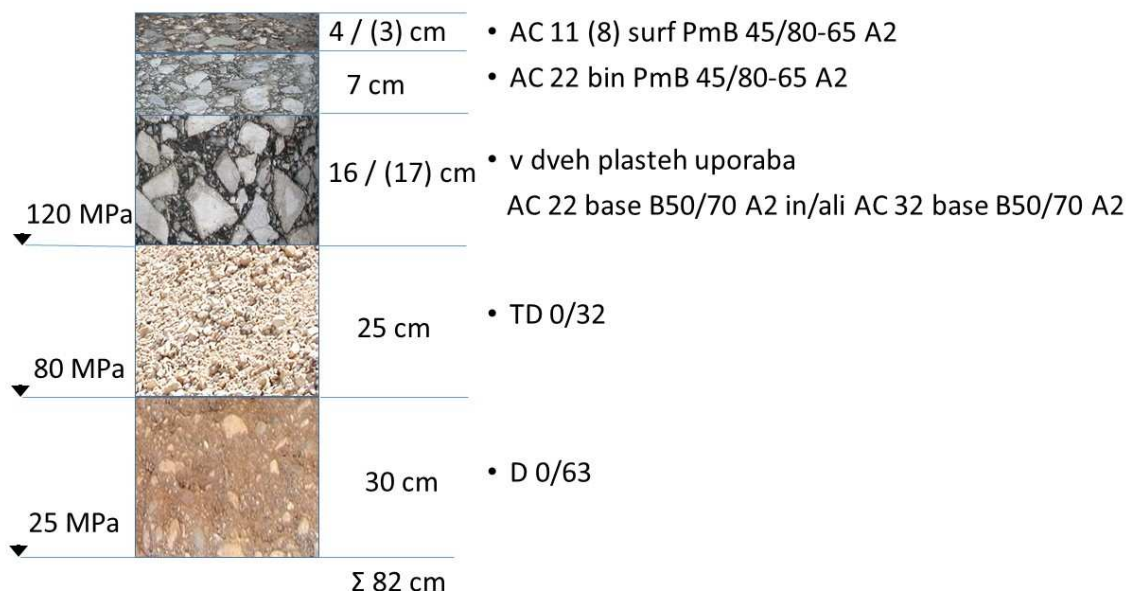
Debelina	Plast	Zmes	Bitumen
4 cm	obrabna	AC 11 surf A2	PmB 45/80-65 ali B50/70
7 cm	vezna	AC 22 bin A2	PmB 45/80-65
10 cm	nosilna	AC 32 base A2	B50/70
<b>Ali</b>			
3 cm	obrabna	AC 8 surf A2	PmB 45/80-65 ali B50/70
7 cm	vezna	AC 22 bin A2	PmB 45/80-65
11 cm	nosilna	AC 32 base A2	B50/70
<b>Ali</b>			
3 cm	obrabna	SMA 8 A2	PmB 45/80-65
7 cm	vezna	AC 22 bin A2	PmB 45/80-65
10 cm	nosilna	AC 32 base A2	B50/70

## 5.7 Voziščna konstrukcija za zelo težko prometno obremenitev

Oznaka: IT

Prometna obremenitev: od  $6 \times 10^6$  do  $20 \times 10^6$  prehodov NOO 100 kN

Sestava:



Preglednica 31: Možne kombinacije sestave asfaltne obloge ZT

Debelina	Plast	Zmes	Bitumen
4 cm	obrabna	AC 11 surf A2	PmB 45/80-65
7 cm	vezna	AC 22 bin A2	PmB 45/80-65
16 cm (2 plasti)	nosilna	AC 22 base A2 ali AC 32 base A2	B50/70
<b>Ali</b>			
3 cm	obrabna	AC 8 surf A2	PmB 45/80-65
7 cm	V ezna	AC 22 bin A2	PmB 45/80-65
17 cm (2 plasti)	nosilna	AC 22 base A2 ali AC 32 base A2	B50/70
<b>Ali</b>			
4 cm	obrabna	SMA 11 A2	PmB 45/80-65
7 cm	vezna	AC 22 bin A2	PmB 45/80-65
16 cm(2 plasti)	nosilna	AC 22 base A2 ali AC 32 base A2	B50/70
<b>Ali</b>			
3 cm	obrabna	SMA 8 A2	PmB 45/80-65
7 cm	vezna	AC 22 bin A2	PmB 45/80-65
17 cm (2 plasti)	nosilna	AC 22 base A2 ali AC 32 base A2	B50/70

## 6 ZAKLJUČEK

Namen diplomskega dela je pregled metode projektiranja voziščnih konstrukcij pri nas ter izdelava kataloga predlaganih asfaltnih voziščnih konstrukcij glede na merodajno prometno obremenitev. V ta namen sem podrobno pregledala nemške smernice, ki podajajo standardizirane voziščne konstrukcije in upoštevala vse zahteve slovenskih smernic.

V obeh primerih, tako v Sloveniji kot v Nemčiji, smernice za dimenzioniranje ne definirajo sestave voziščne konstrukcije točno po materialih, temveč le po osnovnih komponentah. Sama sem želela izdelati katalog voziščnih konstrukcij, ki podaja tudi možne kombinacije asfaltnih plasti glede na prometne obremenitve. Pri tem sem upoštevala smernice za izbor bituminiziranih zmesi in tehnološke omejitve pri debelinah asfaltnih plasti.

V diplomskem delu sem izdelala katalog voziščnih konstrukcij za konstrukcije v osnovni sestavi asfaltna obloga – tamponska plast – posteljica, ki je vgrajena na temeljna tla s predpostavljeno nosilnostjo  $E_{v2} = 25$  MPa. Razredi v katalogu so postavljeni glede na merodajne prometne obremenitve za plansko obdobje 20 let. Za vsak razred je podana sestava voziščne konstrukcije in možne kombinacije pri izboru bituminiziranih zmesi za izdelavo asfaltnih plasti. Zmrzlinško odpornost voziščne konstrukcije se preveri po običajnem postopku in po potrebi poveča debelino posteljice.

Katalog se lahko razširi v smeri uporabe alternativnih materialov za izdelavo nevezanih plasti voziščne konstrukcije (npr. prod, reciklirani gradbeni materiali ipd.). V ta namen se lahko poda dodatek h katalogu s podanimi faktorji ekvivalentnosti za materiale.

Pri pregledu slovenskih in nemških smernic sem opazila dve bistveni razliki, ki močno vplivata na odpornost in trajanje voziščnih konstrukcij, obe pa gresta v prid nemškim cestam. Prva razlika je načrtovana doba trajanja, ki je pri nas 20 let, v Nemčiji pa 30 let, druga razlika pa so bistveno nižje zahtevane vrednosti deformacijskih modulov  $E_{v2}$  na planumu tamponske plasti pri nas kot v Nemčiji. Zahteva 120 MPa, ki pri nas velja za



ceste s težko prometno obremenitvijo, je v Nemčiji namreč predvidena le za ceste z najlažjo prometno obremenitvijo, za vse ostale pa 150 MPa.

Kljub pomislekom stroke menim, da je tovrsten katalog voziščnih konstrukcij lahko uporaben za Slovenijo, saj je prednost kataloškega izbora v tem, da je metoda hitrejša, možnost grobe napake pa bistveno manjša.

## VIRI

Behörde für Wirtschaft, Verkehr und Innovation (BWVI). (2013). Entwurfsrichtlinie Nr. 1, Standardisierter Oberbau mit Asphaltdecken für Fahrbahnen.

<http://www.hamburg.de/contentblob/1492684/b82c6dd8f212c4cc49a614860481b3b8/data/er1.pdf> (Pridobljeno 25.3.2016.)

Deutscher Asphaltverband e.V. (DAV). (2013). Ausschreiben von Asphaltarbeiten. [http://asphalt.de/media/exe/134/693b91dafc0fb0294d8b9cdd90e183cf/ava\\_2013.pdf](http://asphalt.de/media/exe/134/693b91dafc0fb0294d8b9cdd90e183cf/ava_2013.pdf) (Pridobljeno 25.3.2016.)

Direkcija republike Slovenije za infrastrukturo (DRSI). (2015a). Javne ceste december 2013, Seznam pripravljen na podlagi Uredbe o kategorizaciji cest Ur. l. RS 102/2012. [http://www.di.gov.si/fileadmin/\\_migrated/content\\_uploads/Javne\\_ceste\\_2013.pdf](http://www.di.gov.si/fileadmin/_migrated/content_uploads/Javne_ceste_2013.pdf) (Pridobljeno 17.5.2016.)

Direkcija republike Slovenije za infrastrukturo (DRSI). (2015b). Prometne obremenitve 2014. [http://www.di.gov.si/si/delovna\\_podrocja\\_in\\_podatki/ceste\\_in\\_promet/podatki\\_o\\_prometu/](http://www.di.gov.si/si/delovna_podrocja_in_podatki/ceste_in_promet/podatki_o_prometu/) (Pridobljeno 4.2.2016.)

Enotna klasifikacija vrst objektov. Uradni list RS št. 109/2011.

Henigman, S., Bašelj, R., Bradeško, S., idr. 2011. Asphalt, 2. izdaja. Ljubljana: Združenje asfalterjev Slovenije: 333 str.

Komisija Državnega sveta za lokalno samoupravo in regionalni razvoj. 2015. Poročilo k Obravnavi zaključkov posveta Ključna vprašanja razvoja cestne in železniške infrastrukture v Republiki Sloveniji, Številka: 0650-00/07-P, Ljubljana, 19. januar 2015. [http://www.ds-rs.si/sites/default/files/dokumenti/ds\\_sr\\_25\\_5\\_zakljucki\\_posveta\\_kljucna\\_vprasanja\\_razvoja\\_cestne\\_in\\_zelezniske\\_infrastrukture\\_v\\_rs.pdf](http://www.ds-rs.si/sites/default/files/dokumenti/ds_sr_25_5_zakljucki_posveta_kljucna_vprasanja_razvoja_cestne_in_zelezniske_infrastrukture_v_rs.pdf) (Pridobljeno 15.5.2016.)

Ministrstvo za infrastrukturo (MI).2015. Strategija razvoja prometa v republiki Sloveniji, različica 12 – končna.

[http://www.mzi.gov.si/fileadmin/mzi.gov.si/pageuploads/DMZ/Strategija\\_razvoja\\_prometa\\_v\\_RS/Strategija\\_razvoja\\_prometa\\_v\\_RS-koncna\\_razlicica.pdf](http://www.mzi.gov.si/fileadmin/mzi.gov.si/pageuploads/DMZ/Strategija_razvoja_prometa_v_RS/Strategija_razvoja_prometa_v_RS-koncna_razlicica.pdf) (Pridobljeno 15.5.2016.)

Richtlinien für die Standardisierung des Oberbaus von Verkehrsflächen, Ausgabe 2012 (RStO 12). (2012). Köln: Die Forschungsgesellschaft für Straßen- und Verkehrswesen (FGSV): 52 str.

SIST 1038-1:2008 Bituminizirane zmesi - Specifikacije materialov - 1.del: Bitumenski beton - Zahteve - Pravila za uporabo SIST EN 13108-1.

SIST 1038-5:2008 Bituminizirane zmesi - Specifikacije materialov - 5. del: Drobir z bitumenskim mastiksom - Zahteve - Pravila za uporabo SIST EN 13108-5.

SIST 1038-6:2008 Bituminizirane zmesi - Specifikacije materialov - 6. del: Liti asfalt - Zahteve - Pravila za uporabo SIST EN 13108-6.

SIST 1038-7:2008 Bituminizirane zmesi - Specifikacije materialov - 7. del: Drenažni asfalt - Zahteve - Pravila za uporabo SIST EN 13108-7.

SIST EN 13108-1:2006 Bitumenske zmesi - Specifikacije materialov - 1. del: Bitumenski beton.

SIST EN 13108-5:2006 Bitumenske zmesi - Specifikacije materialov – 5. del: Drobir z bitumenskim mastiksom.

SIST EN 13108-6:2006 Bitumenske zmesi - Specifikacije materialov - 6. del: Liti asfalt.

SIST EN 13108-7:2006 Bitumenske zmesi - Specifikacije materialov - 7. del: Drenažni asfalt.

SIST EN SIST EN 13242:2003+A1:2008 Agregati za nevezane in hidravlično vezane materiale za uporabo v inženirskih objektih in za gradnjo cest.

TSC 06.200:2003 Nevezane nosilne in obrabne plasti. Ljubljana: Direkcija republike Slovenije za ceste.

TSC 06.320:2001 Vezane spodnje nosilne plasti s hidravličnimi vezivi. Ljubljana: Direkcija republike Slovenije za ceste.

TSC 06.330:2003 Vezane spodnje nosilne plasti z bitumenskimi vezivi (po vročem postopku). Ljubljana: Direkcija republike Slovenije za ceste.

TSC 06.300/06.410:2009 Smernice in tehnični pogoji za graditev asfaltnih plasti. Ljubljana: Direkcija republike Slovenije za ceste.

Uredba o gradbenih proizvodih (CPR), UREDBA (EU) št. 305/2011. 2011.

<http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2011:088:0005:0043:SL:PDF> (Pridobljeno 12.6.2016.)

Zakon o cestah. Uradni list RS št. 109/2010, 48/2012, 36/2014.

Zakon o graditvi objektov (ZGO-1). Uradni list RS št. 102/2004-UPB1 (14/2005 popr.), 111/2005 Odl.US: U-I-150-04-19, 126/2007, 108/2009, 20/2011 Odl.US: U-I-165/09-34, 57/2012, 110/13, 19/15.

Wirtgen GmbH. (2012). Wirtgen Cold Recycling Technology. Windhagen: Wirtgen GmbH: 367 str.

Žmavc, J. 2007. Gradnja cest: Voziščne konstrukcije, 2. izdaja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani in DRC, Fakulteta za gradbeništvo in geodezijo: 360 str.