

Univerza
v Ljubljani
Fakulteta
*za gradbeništvo
in geodezijo*

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



Visokošolski program Gradbeništvo,
Prometnotehnična smer

Kandidat:

Primož Glavica

Analiza asfaltnih zmesi na mestnih cestah

Diplomska naloga št.: 231

Mentor:
doc. dr. Alojzij Juvanc

Somentor:
Slovenko Henigman

Ljubljana, 29. 5. 2006

IZJAVA O AVTORSTVU

Podpisani **PRIMOŽ GLAVICA** izjavljam, da sem avtor diplomske naloge z naslovom:
»ANALIZA ASFALTNIH ZMESI NA MESTNIH CESTAH«.

Izjavljam, da se odpovedujem vsem materialnim pravicam iz dela za potrebe elektronske
seperatoteke FGG.

Ljubljana, 05.05.2006

(podpis)

BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK

UDK: 625.85 (043.2)
Avtor: Primož Glavica
Mentor: doc.dr. Alojz Juvanc
Naslov: Analiza asfaltnih zmesi na mestnih cestah
Obseg in oprema: 86 str., 37 razp., 10 sl., 13 en.
Ključne besede: asfaltna zmes, predhodna sestava, preskusni vzorec.

Izvleček

Asfaltne zmesi so pri izvedbi krovnih plasti voziščnih konstrukcij najpogosteje uporabljen kompozit, ki je po definiciji zmes, sestavljena iz kamnitih zrn, polnila, bitumna in dodatkov. Delež posameznih komponent v tej sestavi je zelo različen in odvisen je predvsem od namembnosti asfaltne zmesi. Asfaltne zmesi morajo biti sposobne prevzeti različne vrste obremenitev. Glede na to jih v osnovi razvrščamo na: asfaltne zmesi za nosilne plasti in asfaltne zmesi za obrabne plasti.

V diplomski nalogi je predstavljen postopek priprave predhodne (laboratorijska receptura) sestave asfaltne zmesi, namenjene za vgradnjo na eni izmed mestnih cest z zelo majhno (lahko) prometno obremenitvijo in primerjava dejansko proizvedene mase za ta namen s to predhodno sestavo. Preskusna masa je bila sestavljena in vgrajena na eno izmed cest v mestu Ljubljana.

BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION

UDC: 625.85 (043.2)
Author: Primož Glavica
Supervisor: doc.dr. Alojz Juvanc
Title: Analysis of asphalt mixtures on town roads
Notes: 86 p., 37 tab., 10 fig., 12 eq.
Key words: asphalt mixture, preliminary structure, test sample.

Abstract

Asphalt mixtures are most commonly used composite for construction of top layers of different drive ways. By definition asphalt mixtures are composed of crushed rock, fill, bitumen and additives. Percentage of individual components vary according to the purpose asphalt mixture is to be used for. Asphalt mixtures must be capable of enduring different types of load. According to the type of load asphalt mixtures are divided into asphalt mixtures used for supporting layers and asphalt mixtures used for layers to be worn out.

Here is presented a procedure for preparation of preliminary (laboratory recipe) composition of asphalt mixture to be used for one of the city roads enduring very low load, compared to actually produced mix. The test mixture was used for one of the roads in the city of Ljubljana.

ZAHVALA

Za pomoč pri nastajanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem doc. dr. Alojzu Juvancu in somentorju g. Slovenku Henigmanu, univ. dipl. inž. grad. Hvala tudi vsem na družbi Igmata d.o.o., ki so mi nudili pomoč in prijetno vzdušje pri delu v laboratoriju. Nazadnje pa bi se rad zahvalil staršem in svojemu dekletu, ki so me podpirali skozi študijska leta.

KAZALO

1.	UVOD.....	1
1.1.	OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.2.	NAMEN IN CILJ DIPLOMSKEGA DELA	1
1.3.	STRUKTURA DIPLOMSKEGA DELA	2
1.4.	METODE DELA	2
2.	POMEN IZRAZOV	3
3.	ASFALTNE ZMESI.....	8
3.1.	ZGODOVINSKI RAZVOJ ASFALTNIH ZMESI.....	8
3.2.	SPLOŠNO O ASFALTNIH ZMESEH	9
3.3.	VRSTE ASFALTNIH ZMESI	11
3.3.1.	Asfaltna zmesi za nosilne plasti.....	11
3.3.1.1.	Bituminizirani drobljenec za nosilno obrabne plasti BNOP 16	13
3.3.1.2.	Bituminizirani drobljenec	13
3.3.2.	Asfaltna zmesi za obrabne plasti	13
3.3.2.1.	Bitumenski beton.....	15
3.3.2.2.	Drobir s bitumenskim mastiksom.....	16
3.3.2.3.	Diskontinuirani bitumenski beton	18
3.3.2.4.	Drenažni asfalt	19
3.3.2.5.	Asfaltna zmesi za tankoplastne prevleke.....	21
3.3.2.6.	Bitumenski mulj	22
3.3.2.7.	Liti asfalt.....	22
3.3.2.8.	Posebne asfaltna zmesi	24
3.3.2.9.	Površinske prevleke	25
3.4.	OSNOVNI MATERIALI	26
3.4.1.	Vrste materialov	26
3.4.1.1.	Zmesi kamnitih zrn.....	26
3.4.1.1.1.	Naravni kamni material	26
3.4.1.1.2.	Lomljeni kamen.....	27
3.4.1.1.3.	Drobljeni kamni material.....	27
3.4.1.2.	Bitumenska veziva.....	27
3.4.1.2.1.	Bitumen	27

3.4.1.2.1.1.	Destilirani bitumen.....	28
3.4.1.2.1.2.	Vakumski ali visokovakumski bitumen.....	28
3.4.1.2.1.3.	Pihani ali oksidirani bitumen	29
3.4.1.2.1.4.	Modificirani bitumen	29
3.4.1.2.2.	Bitumenske raztopine.....	30
3.4.1.2.2.1.	Fuksirani (rezani) bitumen	30
3.4.1.2.2.2.	Hladni (raztopljeni) bitumen.....	30
3.4.1.2.3.	Bitumenske emulzije.....	30
3.4.1.2.3.1.	Anionska emulzija.....	31
3.4.1.2.3.2.	Kationska emulzija.....	31
3.4.1.3.	Polnila	31
3.4.1.4.	Dodatki.....	32
3.4.2.	Kakovost materialov	32
3.4.2.1.	Splošno.....	32
3.4.2.2.	Kakovost zmesi kamnitih zrn.....	32
3.4.2.2.1.	Kamena moka (polnilo)	33
3.4.2.2.2.	Pesek	33
3.4.2.2.3.	Drobir	35
3.4.2.2.4.	Prodec.....	38
3.4.2.2.5.	Skupna zrnnavost	40
3.4.2.3.	Kakovost bitumna	41
3.4.2.3.1.	Kakovost bitumna v asfaltnih zmesih bitumenskih betonov	41
3.4.2.3.2.	Kakovost bitumna v asfaltnih zmesih namenjenih za nosilne in nosilnoobrabne plasti z bitumenskimi vezivi	42
4.	PROJEKTIRANJE ASFALTNIH ZMESI IN IZBOR TEHNOLOGIJE	44
4.1.	SPLOŠNO.....	44
4.2.	IZBOR, VRSTE IN SESTAVE ASFALTNIH ZMESI.....	44
4.2.1.	Standardni postopek načrtovanja asfaltnih zmesi	44
4.2.2.	Izbira vrste asfaltne zmesi glede na prometno obremenitev	47
4.2.3.	Marshallova metoda.....	49
4.2.3.1.	Določitev granulometrijske sestave asfaltne zmesi	49
4.2.3.1.1.	Granulometrijska sestava frakcij kamnitega materiala	49
4.2.3.1.2.	Granulometrijska sestava asfaltne zmesi	52

4.2.3.2.	Sestava laboratorijskih asfaltnih zmesi z različno količino cestogradbenega bitumna, ob enaki sestavi kamene zmesi.....	53
4.2.3.2.1.	Postopek priprave vzorcev po Marshall-u	53
4.2.3.2.2.	Preiskava stabilnosti in tečenja po Marshall-u	55
4.2.3.2.3.	Prostorska masa asfaltne zmesi	55
4.2.3.2.4.	Največja gostota zmesi zrn kamnitega materiala	56
4.2.3.2.5.	Največja gostota asfaltne zmesi.....	57
4.2.3.2.6.	Delež prostih votlin	57
4.2.3.2.7.	Stopnja zapolnjenosti votlin	58
4.2.3.2.8.	Votline v zmesi kamnitega materiala	58
4.2.3.2.9.	Diagram odvisnosti.....	59
4.2.3.2.10.	Določitev optimuma	61
4.2.4.	Prenos PSAZ v proizvodnjo	61
4.2.4.1.	Proizvodni obrat	61
4.2.4.2.	Nastavitveni parametri.....	63
5.	ASFALTNE ZMESI, KI SE UPORABLJAJO V MESTU LJUBLJANA.....	65
5.1.	SPLOŠNO	65
5.2.	OPIS CEST NA OBMOČJU MESTNE OBČINE LJUBLJANA.....	65
5.3.	POSTOPEK IZVEDBE DEL NA MESTNIH CESTAH	66
5.3.1.	Redno vzdrževalna dela prometnih površin asfaltnih vozišč	66
5.3.2.	Izvajanje prekopov na mestnih cestah	67
5.4.	TEHNOLOŠKO EKONOMSKI ELABORAT	68
5.4.1.	Organizacija gradbišča in shema prometne ureditve v času izvajanja del	69
5.4.2.	Podatki o delovnem osebju in odgovornih delavcih na projektu.....	70
5.4.3.	Materiali in dokazila za kakovost materialov	70
5.4.4.	Tehnološki postopek izvedbe del in prikaz napredovanja del po fazah	70
5.4.5.	Terminski plan.....	71
5.4.6.	Ekonomski del	72
5.4.6.1.	Odbitki zaradi neustrezne kakovosti osnovnih materialov	73
5.4.6.2.	Odbitki zaradi neustrezne kakovosti izvedenih del	73
5.5.	IZVEDBA ASFALTERSKIH DEL	73
5.5.1.	Dovoz asfaltnih zmesi	74
5.5.2.	Razgrinjanje in predzgoditev	75

5.5.3. Zgoščevanje oziroma valjanje.....	76
6. KONTROLA KAKOVOSTI	79
6.1. PREDHODNA SESTAVA, DOKAZANA PROIZVODNJA IN VGRAJEVANJE... 79	
6.2. PREVERJANJE KAKOVOSTI IZVEDENIH DEL	80
6.2.1. Program pogostosti notranje kontrole kakovosti	80
6.2.2. Zunanja kontrola	81
6.3. ANALIZA PRISKUSNIH VZORCEV ASFALTNIH ZMESI	82
7. SKLEP	83
VIRI IN LITERATURA	85
PRILOGE.....	86

KAZALO RAZPREDELNIC

Razpredelnica 1: Primer sestave asfaltne zmesi bituminiziranega drobljenca	10
Razpredelnica 2: Osnovna razvrstitev asfaltnih zmesi v zmesi	10
Razpredelnica 3: Uporaba posameznih vrst asfaltnih zmesi za nosilne plasti.....	12
Razpredelnica 4: Mejne debeline asfaltnih zmesi za novogradnje	12
Razpredelnica 5: Mejne debeline asfaltnih zmesi za dela na obstoječih cestah	12
Razpredelnica 6: Področja uporabe asfaltnih zmesi bitumenskih betonov za obrabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve	15
Razpredelnica 7: Področja uporabe asfaltnih zmesi bitumenskih betonov za obrabne plasti v odvisnosti od gostote prometa.....	16
Razpredelnica 8: Področja uporabe asfaltnih zmesi drobirjev z bitumenskim mastiskom DBM za obrabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve	17
Razpredelnica 9: Področja uporabe asfaltnih zmesi diskontinuiranih bitumenskih betonov za obrabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve.....	18
Razpredelnica 10: Področja uporabe asfaltnih zmesi drenažnih asfaltov za obrabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve	20
Razpredelnica 11: Mejne debeline asfaltnih zmesi za novogradnje	20
Razpredelnica 12: Področja uporabe tankoplastnih asfaltnih zmesi za obrabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve	21
Razpredelnica 13: Področja uporabe zmesi litega asfalta za obrabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve.....	23

Razpredelnica 14: Zahteve za lastnosti kamene moke	33
Razpredelnica 15: Zahteve za lastnosti zmesi zrn peska.....	34
Razpredelnica 16: Zahteve za kakovost zmesi zrn peska.....	35
Razpredelnica 17: Zahteve za odpornost zmesi kamnitih zrn proti drobljenju za asfaltne zmesi bitumenskih betonov	36
Razpredelnica 18: Zahteve za lastnosti zmesi drobljenih kamnitih zrn, ki jih uporabljamo za asfaltne zmesi bitumenskih betonov.....	36
Razpredelnica 19: Zahteve za odpornost zmesi kamnitih zrn proti drobljenju in obrabi za asfaltne zmesi, ki se uporabljajo za nosilne in nosilnoobrabne plasti.	37
Razpredelnica 20: Zahteve za lastnosti zmesi kamnitih zrn za asfaltne zmesi, ki se uporabljajo za nosilne in nosilnoobrabne plasti.....	38
Razpredelnica 21: Zahteve za lastnosti zmesi zrn prodca, ki jih uporabljamo za asfaltne zmesi bitumenskih betonov	39
Razpredelnica 22: Zahteve za lastnosti zmesi naravnih zrn prodca za asfaltne zmesi, ki se uporabljajo za nosilne in nosilnoobrabne plasti.	39
Razpredelnica 23: Uporaba vrste cestogradbenega in polimernega bitumna v asfaltnih zmeseh bitumenskih betonov v odvisnosti od prometne obremenitve	42
Razpredelnica 24: Uporaba vrste cestogradbenega bitumna v asfaltnih zmeseh za nosilne in nosilnoobrabne plasti odvisnosti od prometne obremenitve	43
Razpredelnica 25: Povprečni faktor ekvivalentnosti reprezentativnih motornih vozil	48
Razpredelnica 26: Povprečni faktor rasti	48
Razpredelnica 27: Skupina prometne obremenitve	49
Razpredelnica 28: Minimalne količine za sejnalno analizo	50
Razpredelnica 29: Primer izračuna granulometrijske sestave za BB 8k	50
Razpredelnica 30: Vrednosti presevkov posameznih frakcij kamnitega materiala za BB 8k ..	51
Razpredelnica 31: Izračun granulometrijske sestave kamnitega materiala za BB 8k	52
Razpredelnica 32: Zahteve kamnitega materiala in bitumna za predhodno sestavo asfaltne zmesi BB 8k	54
Razpredelnica 33: Temperature komponent pri mešanju predhodne sestave.....	55
Razpredelnica 34: Temperatura zgoščanja Marshall preskušancev za veziva, ki jih uporabljamo v BB 8k (lahke in zelo lahke obremenitve).....	55

Razpredelnica 35: Prikaz lastnosti asfaltne zmesi pri različnih deležih bitumna v asfaltni zmesi BB 8k	59
Razpredelnica 36: Izračun deleža posameznih frakcij kamnitega materiala v 100 delih asfaltne zmesi BB 8k	63
Razpredelnica 37: Izračun porazdelitve posameznih frakcij kamnitega materiala v 100 delih asfaltne zmesi BB 8k.....	64

KAZALO SLIK

Slika 1: Mejni krivulji zmesi kamnitih zrn za BB8k	40
Slika 2: Mejni krivulji zmesi kamnitih zrn za BZNP 22.....	41
Slika 3: Prikaz odvisnosti lastnosti asfaltne vzorca od deleža bitumna v asfaltni zmesi	46
Slika 4: Grafični prikaz granulometrijske sestave posameznih frakcij kot vhodni material v asfaltni zmesi BB 8k	51
Slika 5: Prikaz granulometrijske sestave asfaltni zmesi BB 8k	52
Slika 6: Diagrami odvisnosti.....	60
Slika 7: Ekranska slika proizvodnega procesa.....	62
Slika 8: Proizvodni proces	62
Slika 9: Shema delne zapore ceste	69
Slika 10: Zaporedje osnovnih postopkov pri vgrajevanju asfaltnih zmesi	74

1. UVOD

1.1.OPREDELITEV PROBLEMA

Diplomsko delo s področja gradnje cest obravnava postopek priprave predhodne sestave asfaltnih zmesi in jo primerja z kontrolo kakovosti proizvedene asfaltne zmesi, ki je bila odvzeta pri vgrajevanju.

S povečanjem prometnih obremenitev na mestnih cestah je nastala velika potreba po obnovi voznih površin še posebej na območju cestnega omrežja Mestne občine Ljubljana. V ta namen je bila izdelana analiza stanja cest na območju Mestne občine Ljubljana, katere rezultati so predstavljeni v diplomski nalogi.

1.2.NAMEN IN CILJ DIPLOMSKEGA DELA

Na podlagi zbrane literature s tega področja ter s pomočjo mentorja bom podrobno predstavil postopek projektiranja asfaltnih zmesi in postopek izvajanja del na cestah na območju Mestne občine Ljubljana. Ob koncu diplomske naloge pa še analizo preskusnih vzorcev asfaltnih zmesi, ki so bili odvzeti pri vgrajevanju, in jih primerjal z rezultati, pridobljenimi pri predhodni sestavi.

Cilj naloge je prikazati rezultate preskusnih vzorcev, ki so bili odvzeti pri vgrajevanju, in jih primerjati z rezultati pridobljenimi pri predhodni sestavi ter ugotoviti, ali prihaja do odstopanj.

1.3.STRUKTURA DIPLOMSKEGA DELA

V prvem delu je predstavljen pomen nekaterih izrazov, ki se ponavljajo v diplomski nalogi. Temu sledi zgodovinski razvoj asfaltnih zmesi in opis vrste le teh ter osnovnih materialov, ki so v njih uporabljeni.

V jedru naloge sledi izbor vrste in sestave izbrane asfaltne zmesi in podroben opis postopka projektiranja predhodne sestave asfaltne zmesi. Temu sledi opis poteka del, ki se izvajajo na cestah na območju Mestne občine Ljubljana.

V zadnjem delu diplomske naloge je izvedena kontrola kakovosti proizvedene asfaltne zmesi s predhodno sestavo.

1.4.METODE DELA

Postopek: preskusi (laboratorij), terenske raziskave, analiza vzorcev.

2. POMEN IZRAZOV

Akvaplaning	je ločitev kotalečega ali drsečega kolesa vozila od mokrega vozišča zaradi vodnega klina, ki prekine oprijemljivost (stik) med kolesom in voziščem.
Asfaltna zmes	je zmes enakomerno sestavljenih zrn peska in polnila (izjemoma tudi drobnega drobirja) bitumenskega veziva in vode; uporablja se v hladnem stanju.
Bitumen	je pri izdelavi ustreznega zemeljskega olja pridobljena težko hlapljiva temnobarvna zmes različnih organskih substanc, katerih elastoviskozno obnašanje se s temperaturo spreminja; je vezivo organske zmesi.
Bitumenski beton	je s cestnogradbenim bitumnom po vročem postopku vezana zmes kamnitih zrn določenih velikosti (polnila, pesek, drobirja), namenjena predvsem za izdelavo obrabnih plasti.
Bituminizirani drobljenec	je zmes kamnitih zrn za nosilne plasti voziščnih konstrukcij, ki sestoji v pretežni meri iz drobljenih zrn, obvitih z bituminoznim vezivom.
Bituminozna emulzija	je fina raztopina bitumna v vodi, narejena za uporabo emulgatorjev in po potrebi stabilizatorjev.
Bituminozno vezivo	je taljiva, tekoča ali trdna snov, pridobljena iz zemeljskih olj ali naravnih asfaltov.
Drobir	je frakcija drobljene zmesi kamnitih zrn, ki pri sejanju gredo skozi standardno sito 2 mm, in ostanejo na situ 0,09 mm.
Drobljena zmes kamnitih zmesi	je s strojnim drobljenjem naravnih kamnitih zrn, umetnih kamnin ali lomljenih materialov proizvedena zmes, ki vsebuje samo zrna z najmanj 90% lomljene površine (drobir, drobljeni pesek, kamnita moka).
Drobljenec	je zmes drobljenih kamnitih zrn velikosti do 63 mm z najmanj 90% lomljenih površin.
Drobljeno zrno	je zrno, ki ima najmanj 50% površine lomljene.
Dvoplastna površinska prevleka	je postopek obdelave površine vozišča, pri katerem sta zaporedoma narejeni dve enoplastni površinski prevleki; prva z grobimi, druga z drobnejšimi zrn drobirja.

Enakomerna zrnata zmes kamnitih zrn	sestoji iz ustreznih deležev vseh zaporednih frakcij v obravnavani zmesi kamnitih zrn. Je zmes, sestavljena iz kamnitih zrn enega razreda (zelo podobne velikosti).
Kamnita moka	je fino mleta naravna ali umetna kamnina na velikost zrn do 0,09 mm z največ 20% (m/m) nadmernih zrn velikosti do 2 mm, ki ne vsebujejo organskih in nabreklijivih sestavin v škodljivih količinah.
Kolesnica	je vzdolžni žleb v sledi kotaljenja koles; nastane praviloma na obeh sledih na enem voznem pasu zaradi deformiranja in/ali obrabe, vendar v različnem obsegu.
Mastiks	je gradbeni material iz bitumna, kamene moke in drobnega peska za vodno izolacijo.
Mejna presejalna krivulja	je grafični prikaz vrednosti porazdelitve velikosti zrn v zmesi, ki niti navzgor niti navzdol ne sme biti presežna.
Modificirani bitumen	je bitumen, ki so mu izboljšane lastnosti z dodatkom umetnih snovi in kavčuka.
Notranja (tekoča) kontrola	je dejavnost izvajalca del, namenjena obvladovanju in ugotavljanju skladnosti proizvoda.
Nosilna plast	je plast, ki se nahaja med obrabno plastjo in posteljico ali planumom podlage pod voziščno konstrukcijo, vgrajena predvsem za zagotovitev potrebnega raznosa prometne obremenitve.
Obnovitev	je popolna ponovna vzpostavitev utrditve obstoječe ceste ali njenih delov z ojačitvijo ali odstranitvijo določenih delov, če je prizadetih več plasti, ne samo obrabna plast.
Obrabnozaporena plast	je obstojna in prometno varna vrhnja plast voziščne konstrukcije, ki zaradi sestave preprečuje pronicanje vode.
Odrezkati	pomeni odkopati povezani material na površini s stroji z vrtečimi se (rotirajočimi) orodji (noži, kladivi, dleti) v različni širini in debelini plasti.
Pesek	je zmes kamnitih zrn v območju na spodnji meji 0 mm, 0,063 mm ali 0,09 mm in na zgornji meji 2 ali 4 mm.

Podlaga	je območje pod plastjo ali slojem, ki ga gradimo.
Polimerni bitumen	je vezivo z izboljšanimi lastnostmi, določenim z dodanim polimerom (elastomer, termoplast, termoelast idr.)
Polnilo	je kamena moka ali druga zmes drobnih lomljenih kamnitih zrn velikosti do 0,09 mm.
Prekop	je odkop voziščne konstrukcije, običajno tudi nasipnega materiala in dela temeljnih tal (npr. za izkop ali polaganje napeljav) ter ponovna zapolnitev do planuma nasipa in zgraditev voziščne konstrukcije.
Presejna krivulja	je grafični prikaz porazdelitve velikosti zrn v zmesi v obliki vsote krivulje; na ordinatah so naneseni skupni deleži mas določenih velikost zrn, ki so razvrščene na abscisi; pod presejno krivuljo je delež mase zrn, manjših od izbranih velikosti, nad presejno krivuljo pa delež mase zrn, večjih od izbrane velikosti.
Prodec	je zmes naravnih zrn, pri katerih je najmanj 50% površine zrn velikosti nad 2 mm zaobljene; zmes naravnih zaobljenih kamnitih zrn v območju do velikosti 63 mm.
Prostorska gostota	je količnik mase zgoščenega materiala in njegove prostornine, vključno z votlinami in v trdni snovi vključenimi porami.
Sejalno zrno	je zrno večje od 0,063 mm, ki je razvrščeno na osnovi sejanja.
Skupina zrn (frakcija)	je v obratu proizvedena zmes kamnitih zrn, vseh velikosti med spodnjo in zgornjo nazivno mejno velikostjo, s katerima je označeno vključno z določeno dopustno določeno količino podmernih in nadmernih zrn; frakcije so razvrščene na osnovne in vmesne; delež podmernih in nadmernih zrn določa kakovost skupine zrn.
Specifična gostota	je količnik mase suhega zgoščenega materiala in njegove prostornine brez votlin in/ali vključenih por.
Stabilnost po Marshallu	je pri preskusu po postopku po Marshallu ugotovljena. največja sila v odvisnosti od višine vzorca, izmerjena pri tlačnem preskusu na valjastem vzorcu asfaltne zmesi z delno oviranim bočnim raztezanjem (kN).

Stopnja zapolnjenosti votlin	je zapolnitev navideznega deleža votlin v zmesi kamnitih zrn v zgoščeni asfaltni zmesi z vezivom (%).
Stopnja zgostitve:	<ul style="list-style-type: none">- količnik gostote vgrajenega suhega materiala in njegove gostote po Proctorju,- količnik prostorske gostote izseka in prostorske gostote preskušanca po Marshallu, pripravljenega po predpisanem postopku iz pripadajočega vzorca asfaltni zmesi.
Tečenje po Marshallu	je deformacija oblike vzorca, dosežena pri preskusu po postopku po Marshallu pri največji obremenitvi (mm).
Togost po Marshallu	je razmerje vrednosti stabilnosti in tečenja po Marshallu.
Ugotavljanje skladnosti	je postopek, s katerim institucija preveri, če obstaja zadostna verjetnost, da nedvoumno opredeljena storitev ustreza zahtevam v pogodbeni dokumentaciji.
Velikost zrna	je izmera zrna, označena z nazivno velikostjo odprtine normiranega sita, skozi katero zrno še gre ali z velikostjo, določeno s sedimentacijsko analizo.
Viskoznost	je lastnost tekočine, da zaradi notranjega trenja nudi odpor dvema sosednjima plastema proti nasprotno usmerjenemu laminarnemu premiku (proti spremembi oblike); od temperature odvisno merilo za tekočnost (žitkost) bitumenskega veziva.
Vzdrževanje	je skupni pojem za ukrepe, ki so namenjeni ohranitvi zgrajenega objekta.
Vzorec za preiskavo	(preskusni vzorec) je del laboratorijskega vzorca, ki je potreben za izvedbo enega preskusa.
Zmes kamnitih zrn	je sestavljena iz enega ali več razredov, skupin ali frakcij zrn za določen namen uporabe.
Zrnavaost	je določen razpon velikost zrn v zmesi z nadmernimi in podmernimi zrn v določenem obsegu in količini ali brez njih; zmes zrn enake ali različne velikosti.

Zunanja kontrola	je dejavnost institucije, namenjena nadzoru nad notranjo kontrolo, preveritvi in potrditvi skladnosti ter zunanjim kontrolnim preskusom in meritvami.
-------------------------	---

3. ASFALTNE ZMESI

3.1. ZGODOVINSKI RAZVOJ ASFALTNIH ZMESI

Človek je poznal naravni asfalt na Bližnjem vzhodu že v obdobju od leta 6000 do leta 4000 pr.n.š. Sprva se je uporabljal kot gradbeni material za tesnitve, zaščito in obloge, nato pa dolgo časa kot edino vezivo, ki je bilo uporabljeno pri graditvi cest.

Okoli leta 1800 je bil že poznan phani asfalt (Val de Travers). Že nekaj let kasneje (1815) so pri gradnji cest pričeli uporabljati naravni asfalt s Trinidada, kar lahko štejemo kot začetek asfalterstva v cestogradnji. Nadaljnji razvoj je bil zelo hiter, razvile so se različne vrste asfaltov in asfaltnih plasti, še posebno po letu 1860, ko je bila z razvojem destiliranega bitumna zagotovljena široka uporaba tega veziva. Okoli leta 1900 se je kot prva asfaltna zmes v večjem obsegu uveljavil peščeni asfalt z dodatkom drobirja, imenovan topeka. Po letu 1920 so bili uveljavljeni standardi, postopki in kakovost asfaltnih zmesi za različne namene uporabe v cestogradnji.

Razvoj asfalterstva v Sloveniji je bil v začetku v primerjavi z ostalim svetom nekoliko zadaj. Leta 1935 je bila v Sloveniji prvič izvršena modernizacija vozišča z uporabo bitumna na cesti med Mariborom in Šentiljem. Pri nas za takšno delo še ni bilo primerne opreme, zato je delo izvedlo podjetje iz Avstrije. Približno ob istem času je bil asfaltiran tudi odsek ceste pri Bledu in Miklošičeva ulica v Ljubljani, kjer je bila zgrajena asfaltna plast iz phanega asfalta. V času druge svetovne vojne pa so nekatere odseke pri nas asfaltirali Nemci (Maribor – Celje, Maribor – Ptuj, Radlje). Hladno asfaltno zmes za obrabno plast so z vlakom pripeljali iz obrata za proizvodnjo asfaltnih zmesi v Gradcu. V obdobju 1946 - 1960 se je v Sloveniji modernizacija vozišč z uporabo bitumna uporabljala za površinske prevleke na nevezano makadamsko podlago. Na novih cestah s predvideno večjo obremenitvijo pa so bile v obrabne plasti vgrajene že asfaltni zmesi, kot so topeka in z bitumnom mešana makadamska zmes (za zasipanje). Strojna oprema za izdelavo asfaltnih zmesi je bila v začetku domače izdelave, prilagojena namenu uporabe in z majhno zmogljivostjo vsega 5 ton asfaltni zmesi na uro. Zaradi majhne zmogljivosti razpoložljive strojne opreme je bilo potrebno za večja dela, kot je bila npr. graditev cest Senožeče – Koper, Ljubljana – Bregana in Črna na Koroškem –

Maribor – Lendava, strojne zmogljivosti združevati. Po drugi strani pa so bili za izgradnjo sodobnih vozni površin izbrani takšni postopki, da je bila poraba asfaltne zmesi na enoto površine čim manjša. Od leta 1960 se pri nas v večji meri gradi nosilne plasti iz vezanih materialov, asfaltne zmesi pa so pripravljene v asfaltnih bazah po vročem postopku. V tem obdobju je razmeroma skromne možnosti izvajanja asfaltnih del pogojevala omejitev uvoza primerne strojne opreme za zahtevnejša dela. Okoli leta 1970 so slovenska cestnogradbena podjetja razpolagala z opremo zmogljivosti do 300 ton/uro. Strojna oprema, kot so finišeji in valjarji, je omogočala kvalitetno vgradnjo. Trenutno stanje naših cest kaže, da je bilo delo opravljeno kvalitetno, če le ni bilo prekomerno zanemarjeno vzdrževanje vozišč ali pa že pri načrtovanju poddimenzionirane debeline vgrajenih plasti asfaltnih zmesi.

3.2.SPLOŠNO O ASFALTNIH ZMESEH

Asfaltne zmesi se najpogosteje uporabljajo za izdelavo zaključnih plasti voziščne konstrukcije. Sestavljene so iz kombinacije zmesi kamnitih zrn, bitumenskega veziva, polnil in dodatkov. Praviloma so proizvedene po vročem postopku.

»Asfaltne zmesi obravnavamo kot trifazni sistem:

- trdna komponenta je zmes zrn,
- tekoča komponenta je vezivo,
- plinasta komponenta pa so votline.«¹

Delež posamezne komponente v sestavi asfaltne zmesi je odvisen od namembnosti asfaltne zmesi.

¹ [2, str. 110]

Razpredelnica 1: Primer sestave asfaltne zmesi bituminiziranega drobljenca

Komponenta	Delež (%)	
	mase	Prostornine
– trdna: zmes zrn ($\rho_{zz} = 2,65 \text{ g/cm}^3$)	96	85
– tekoča: vezivo ($\rho_B = 1,02 \text{ g/cm}^3$)	4	10
– plinasta: votlina	0	5

Osnovna razvrstitev asfaltnih zmesi v zmesi temelji na deležu votlin v zmesi.

Razpredelnica 2: Osnovna razvrstitev asfaltnih zmesi v zmesi

Princip sestave zmesi	Votline v zmesi		Elementi odpora zmesi	
	% V/V	vsebnost	proti preoblikovanju	proti utrujanju
makadam	> 8	velika	notranje trenje	šibki
beton	1...8	majhna	notranje trenje in viskoznost	zadovoljivi
mastisks	<1	brez	viskoznost malte	dobri

Na splošno razlikujemo asfaltne zmesi glede vsebnosti votlin, ki odražajo različne mehanske lastnosti in s tem različne postopke vgrajevanja ter uporabo. Tako razlikujemo:

- **valjane asfalte**, ki vsebujejo v zmesi toliko preostalih votlin, da je tudi pri največji stopnji zgostitve zagotovljen prostor za morebitni potrebni umik bitumenskega veziva pri visokih temperaturah in velikih obremenitvah, polagajo se s finišerji, ki imajo možnost predzgostitve, nato pa jih zgostimo z valjarji.

- **lite asfalte**, za katere je značilno, da so praktično vse votline zapolnjene z bitumenskim mastiskom, zato jih vgrajujemo pri visokih temperaturah, ker so tekoče, ročno brez zgoščevanja.

Valjane asfalte uporabljamo za nosilne in obrabne plasti, lite asfalte pa izključno za obrabne in zaščitne plasti na premostitvenih objektih.

3.3.VRSTE ASFALTNIH ZMESI

Asfaltne zmesi morajo biti sposobne prevzeti specifične obremenitve in druge lastnosti, ki so značilne za posamezne plasti. Glede na to razlikujemo:

- asfaltne zmesi za nosilne plasti in
- asfaltne zmesi za obrabne plasti.

3.3.1. Asfaltne zmesi za nosilne plasti

Osnovni namen asfaltnih zmesi za nosilne plasti voziščne konstrukcije je zagotovitev potrebne nosilnosti, kar pomeni:

- da prevzamejo kritične strižne in natezne napetosti, ki so posledica prometne obremenitve,
- raznašajo prometno obtežbo v globino po voziščni konstrukciji in
- zmanjšujejo specifično obremenitev posameznih zrn v asfaltni zmesi.

Za nosilne plasti voziščne konstrukcije uporabljamo naslednje vrste asfaltnih zmesi:

- bituminizirane drobljence,
- bituminizirane prodce,
- bituminizirane drobljence z dodatkom prodca in
- bituminizirane prodce z dodatkom drobljenca ali drobirja.

Za lažje prometne obremenitve uporabljamo srednje ali grobozrnate asfaltne zmesi, praviloma bituminizirane drobljence ali bitumenski beton. Za težke obremenitve uporabljamo asfaltne zmesi izključno z drobljenimi kamnitimi zrn. Velik vpliv pri izbiri ustrezne asfaltne zmesi za nosilno plast ima debelina le-te, posredno pa tudi predvidene prometne obremenitve. Čim večja so nosilna zrna v nosilni plasti, tem večja je njena odpornost proti preoblikovanju in s tem manjši delež bituminoznega veziva.

Razpredelnica 3: Uporaba posameznih vrst asfaltnih zmesi za nosilne plasti

Prometna obremenitev	Vrsta asfaltne zmesi						
	BNZP 16	BNZP 16S	BNZP 22	BNZP 22S	BNZP 32	BNZP 32S	BNOP 16
- izredno težka (IT)	-	+	-	+	-	+	-
- zelo težka (ZT)	-	+	-	+	-	+	-
- težka (T)	+	+	+	+	+	+	-
- srednja (S)	+	-	+	-	-	-	+
- lahka (L)	+	-	+	-	-	-	+
- zelo lahka (ZL)							

Asfaltne zmesi z oznako »S« imajo ožje presejno območje zmesi kamnitih zrn v primerjavi z drugimi asfaltnimi zmesmi.

Projektne debeline asfaltnih zmesi za nosilne in nosilnoobrabne plasti se razlikujejo glede na namen uporabe. Razpon med maksimalno in minimalno debelino asfaltne zmesi je pri novogradnjah različen kot pri delih na obstoječih cestah.

Razpredelnica 4: Mejne debeline asfaltnih zmesi za novogradnje

Projektne debeline plasti	Enota mere	Vrsta asfaltne zmesi			
		BNZP 16 BNZP 16S	BNZP 22 BNZP 22S	BNZP 32 BNZP 32S	BNOP 16
- najmanj	mm	50	70	80	50
- največ	mm	65	100	140	80

Razpredelnica 5: Mejne debeline asfaltnih zmesi za dela na obstoječih cestah

Projektne debeline plasti	Enota mere	Vrsta asfaltne zmesi			
		BNZP 16 BNZP 16S	BNZP 22 BNZP 22S	BNZP 32 BNZP 32S	BNOP 16
- najmanj	mm	40	60	80	40
- največ	mm	70	110	140	80

3.3.1.1. Bituminizirani drobljenec za nosilno obrabne plasti BNOP 16

Bituminizirani drobljenci za nosilno obrabne plasti so asfaltne zmesi, ki se vgrajujejo na cestah z zelo lahko in lahko prometno obremenitvijo (glej BNOP 16 v razpredelnici 3). Tovrstne asfaltne zmesi se vgrajujejo pretežno na lokalnem omrežju, ki je v pristojnosti občinskih uprav in lokalnih skupnosti. Bituminozna veziva, ki jih v asfaltni zmesi bituminiziranega drobljenca BNOP 16 uporabljamo so bitumni od B50/70 (za lahke obremenitve) do B160/220 (za zelo lahke obremenitve). Mejne debeline asfaltnih zmesi za BNOP 16 so prikazane v razpredelnici 4 in 5.

3.3.1.2. Bituminizirani drobljenec

Bituminizirani drobljenec je najpogosteje uporabljena asfaltna zmes za zgornje nosilne plasti na mestnih in ostalih cestah. Njegova sestava je odvisna predvsem od pogojev uporabe in prometne obremenitve. Primerna vrsta asfaltnih zmesi za določeno skupino prometne obremenitve je opredeljena v razpredelnici 3. Pri določanju dimenzij voziščnih konstrukcij na osnovi prometnih obremenitev je praviloma opredeljena potrebna debelina asfaltnih nosilnih plasti, katere mejne debeline so navedene v razpredelnici 4 in 5.

3.3.2. Asfaltne zmesi za obrabne plasti

Namen asfaltnih zmesi za obrabne plasti je prevzem horizontalnih sil, ki nastanejo med pnevmatikami vozil in vozno površino, zagotoviti ustrezno ravnost in torno sposobnost, kar pogojuje potreba po varni in udobni vožnji in zaščita voziščne konstrukcije pred klimatskimi ter hidrološkimi vplivi. Poleg že naštetih, morajo nuditi še odpornost proti preoblikovanju, zaglajevanju, prekomernemu staranju in učinkom mraza in soli. Odpornost proti preoblikovanju dosežemo z izbiro ustrezne sestave zmesi kamnitih zrn, proti zaglajevanju pa uporabljamo trša drobljena kamnita zrna iz magmatskih in metamorfni kamnin (granit, tonalit, gabro, andezit, diabaz, razni kristalasti skrilavci, itd.), ki so mnogo bolj kot zrna pridobljena iz sedimentnih kamnin (peščenjaki, apnenec, dolomit, itd.). Odpornost proti zaglajevanju je bistvenega pomena predvsem pri zagotavljanju prometne varnosti. Na odpornost proti staranju pa vplivamo z ustrezno izbiro bituminoznega veziva.

Seveda pa mora primerna sestava asfaltnih zmesi za obrabne plasti zagotoviti tudi ustrezno tesnitev voziščne konstrukcije, dreniranje vozne površine, absorbiranje hrupa in svetlost vozne površine.

Za obrabne plasti voziščne konstrukcije največ uporabljamo bitumenske betone različnih zrnivosti. Poleg njih pa lahko uporabljamo tudi asfaltne zmesi za obrabne plasti, kot drobir z bitumenskim mastiskom, diskontinuirani bitumenski beton, drenažni asfalt, asfaltne zmesi za tankoslojne prevleke in liti asfalt.

3.3.2.1. Bitumenski beton

Na sodobnih voziščih se najpogosteje uporablja asfaltna zmes drobir z bitumenskim mastiksom in bitumenski beton. Njegova sestava je odvisna predvsem od pogojev uporabe in prometne obremenitve.

Pri tej vrsti asfaltnih zmesi uporabljamo drobljenec ali zmes drobljenca in prodca. Za zelo težke prometne obremenitve in za vozišča z veliko gostoto prometnega toka se uporablja silikatne kamnine eruptivnega porekla. Pri lažjih obremenitvah in voziščih z manjšo gostoto prometnega toka pa uporabljamo mešanico silikatnih kamnin s karbonatnimi. Bituminozna veziva, ki jih v asfaltni zmesi bitumenskih betonov uporabljamo, so od BIT 35/50 (za težke prometne obremenitve) do BIT 160/220 (za lažje prometne obremenitve).

Razpredelnica 6: Področja uporabe asfaltnih zmesi bitumenskih betonov za obrabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve

Skupina prometne obremenitve	PLDO (NOO 82 kN)	Vrsta asfaltna zmesi							
		BB 4k	BB 4s BB 4ks	BB 8k	BB 8ks	BB 8s	BB 11k	BB 11ks	BB 11s
- izredno težka (IT)	> 3000	-	-	-	-	+	-	-	+
- zelo težka (ZT)	> 800 do 3000	-	-	-	-	+	-	-	+
- težka (T)	>300 do 800	-	-	-	-	+	-	-	+
- srednja (S)	>80 do 300	-	+	-	+	+	-	+	+
- lahka (L)	>30 do 80	-	+	+	+	-	+	+	-
- zelo lahka (ZL)	do 30	+	+	+	+	-	+	-	-
- hodniki za pešce, kolesarske steze, parkirišča in odstavniki pasovi na avtocestah	-	+	-	+	-	-	+	-	-

Razpredelnica 7: Področja uporabe asfaltnih zmesi bitumenskih betonov za obrabne plasti v odvisnosti od gostote prometa

Skupina gostota prometa	PLDP	Vrsta asfaltne zmesi								
		BB 4			BB 8			BB 11		
		k	ks	s	k	ks	s	K	ks	s
- izredno težka (IT)	nad 20000	-	-	-	-	-	+	-	-	+
- zelo težka (ZT)	10000 do 20000	-	-	-	-	-	+	-	-	+
- težka (T)	5000 do 10000	-	-	-	-	-	+	-	-	+
- srednja (S)	2000 do 5000	-	+	+	-	+	+	-	+	+
- lahka (L)	1000 do 2000	-	+	+	-	+	+	-	+	-
- zelo lahka (ZL)	do 1000	+	+	-	+	+	-	+	+	-

Legenda: k....karbonatnih kamnin

ks...zmes silikatnih in karbonatnih kamnin

s.....silikatne kamnine

Projektne debeline asfaltnih zmesi bitumenskih betonov se gibljejo od 20 do 50 mm, tako pri novogradnjah kot tudi na obstoječih cestah.

3.3.2.2. Drobir s bitumenskim mastiksom

Asfaltne zmesi, imenovane drobirji z bitumenskim mastiksom, so značilne za obrabno zaporne plasti, ki jih uporabljamo predvsem za zmanjšanje prekomernega preoblikovanja, znižanje hrupa in tornih lastnosti. Združujejo prednosti tako litega asfalta kot bitumenskega betona. Glede trajnosti in stabilnosti imajo podobne lastnosti kot liti asfalt; proizvajamo, prevažamo in vgrajujemo pa ga z enako opremo kot bitumenski beton. Od asfaltne zmesi bitumenskega betona (BB) se razlikuje po tem, da ima večji delež grobejših zrn, ki ustvarijo nosilni skelet, votline pa so v pretežni meri zapolnjene z bitumenskim mastiksom, medtem ko so pri bitumenskem betonu vse frakcije bolj enakomerno zastopane. Glavne značilnosti

asfaltne zmesi drobirja z bitumenskim mastiksom so: velika vsebnost drobirja, velik delež najbolj grobe frakcije drobirja, velika vsebnost bitumna in bitumenske malte ter stabilizirajoči dodatki. Zaradi pomanjkanja manjših zrn v zmesi kamnitih zrn je zaradi zagotovitve primerne homogenosti asfaltne zmesi potrebno dodati stabilizirajoče snovi, kot so razna organska in anorganska vlakna, polimeri ali kremenico. Teh stabilizatorjev mora biti od 0,3 do 1,5 % m/m asfaltne zmesi.

Za sestavo drobirjev z bitumenskim mastiksom se uporablja silikatne drobljence ali drobljence s predrobljenim prodcem, bituminozna veziva pa so BIT 50/70 (za težje obremenitve) do BIT 70/100 (za lažje obremenitve). Njihova sestava ugodno vpliva na zmanjšanje hrupa, visoko odpornost proti deformacijam, visoko odpornost proti obrabi in nastanku razpok zaradi mraza in mehanskim obremenitvam, kar omogoča dobro trajnost. Zaradi zgoraj naštetih lastnosti jih uporabljamo za vse vrste obrabno zapornih asfaltnih plasti, tako na mestnih cestah, na avtocestah, na državnih cestah, na letališčih in na premostitvenih objektih.

Razpredelnica 8: Področja uporabe asfaltnih zmesi drobirjev z bitumenskim mastiskom DBM za obrabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve

Skupina prometne obremenitve	PLDO (NOO 82 kN)	Vrsta asfaltne zmesi			
		DBM 4	DBM 8	DBM 8s	DBM 11s
- izredno težka (IT)	> 3000	-	-	+	+
- zelo težka (ZT)	> 800 do 3000	-	-	+	+
- težka (T)	>300 do 800	-	-	+	+
- srednja (S)	>80 do 300	-	+	+	+
- lahka (L)	>30 do 80	+	+	+	-
- zelo lahka (ZL)	do 30	+	+	+	-

Debelina plasti drobirjev z bitumenskim mastiskom DBM je odvisna od zrnavostne strukture (večja granulacija zrn večja debelina plasti) in se giblje med 30 in 50 mm.

3.3.2.3. Diskontinuirani bitumenski beton

Ta vrsta asfaltne zmesi se uporablja za podobne namene kot drobir z bitumenskim mastiskom za zagotovitev čim večje odpornosti proti preoblikovanju. Sestava zmesi kamnitih zrn je podobno skeletna, vendar je pri diskontinuiranem bitumenskem betonu še bolj izrazita, saj so tu nekatere manjše frakcije izpuščene. Tudi območje sestave zmesi kamnitih zrn je zelo ozko, s čimer dobimo izrazito skeletno strukturo. Tudi uporaba materialov je enaka kot pri diskontinuiranem bitumenskem betonu, enako velja za bituminozna veziva.

Razpredelnica 9: Področja uporabe asfaltnih zmesi diskontinuiranih bitumenskih betonov za obrabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve

Skupina prometne obremenitve	PLDO (NOO 82 kN)	Vrsta asfaltne zmesi					
		DBB 8sA	DBB 11sA	DBB 11sB	DBB 11D	DBB 16sB	DBB 16C
- izredno težka (IT)	> 3000	+	+	+	-	+	-
- zelo težka (ZT)	> 800 do 3000	+	+	+	-	+	-
- težka (T)	>300 do 800	+	+	+	-	+	-
- srednja (S)	>80 do 300	+	+	+	+	+	+
- lahka (L)	>30 do 80	-	-	-	+	-	+
- zelo lahka (ZL)	do 30	-	-	-	+	-	+

Legenda: oznake A,B,C in D nam povejo katere frakcije so izpuščene

Enako kot ostali parametri je tudi debelina asfaltne zmesi diskontinuiranih bitumenskih betonov enaka kot pri drobirju z bitumenskim mastiskom in se giblje med 20 do 40 mm.

3.3.2.4. Drenažni asfalt

Drenažni asfalti so zmesi, ki imajo veliko sposobnost hitrega odvajanja (dreniranja) meteorne vode z vozne površine. Voda se ponavadi najhitreje spelje z vozne površine v prečni smeri skozi plast drenažne asfaltne zmesi. Problem odvodnjavanja vode se pojavi predvsem na cestah, kjer vozila dosegajo velike hitrosti, tam kjer so vzdolžni nakloni zelo majhni, prehodnice zelo dolge in s tem prehodne rampe zelo dolge. Tu so rezultirajoči nagibi ceste zelo majhni ali celo enaki nič, zato je na teh območjih velika nevarnost pojava t.i. »aquaplaning-a«.

Za določitev primerne sestave drenažne asfaltne zmesi, ki bo zagotavljala primerno odvodnjavanje, moramo zagotoviti dovolj votlin (nad 20%), ki morajo biti med seboj povezane, poleg tega pa moramo tej obrabni plasti zagotoviti vodotesno podložno plast, po kateri bo voda odtekala z voziščne konstrukcije, kar je bistveno za njeno stabilnost, nosilnost in trajnost.

Obrabna plast drenažnega asfalta, ko jo vgradimo v približno 1/3 zaprtih votlin in 2/3 odprtih, kar zagotavlja količnik vodoprepustnosti $k = 0,003$ do $0,004$ m/s. Veliko število votlin pa omogoča veliko zračnost asfaltne zmesi in s tem hitro oksidacijo bitumenskega veziva. Ta problem rešimo z večjim deležem bitumenskega veziva (4 do 5m.-%), s čimer dosežemo obvitje kamnitih zrn z debelejším filmom, ki v veliki meri preprečuje staranje bitumna.

Za drenažne asfaltne zmesi uporabljamo najkakovostnejše materiale, pretežno iz silikatnih kamnin eruptivnega izvora in praviloma polimerne bitumne (PmB).

Razpredelnica 10: Področja uporabe asfaltnih zmesi drenažnih asfaltov za obrabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve

Skupina prometne obremenitve	PLDO (NOO 82 kN)	Vrsta asfaltne zmesi				
		DA 8ks	DA 8s	DA 11ks	DA 11s	DA 16k
- izredno težka (IT)	> 3000	-	-	-	+	-
- zelo težka (ZT)	> 800 do 3000	-	-	-	+	-
- težka (T)	>300 do 800	-	+	-	+	-
- srednja (S)	>80 do 300	-	+	+	+	-
- lahka (L)	>30 do 80	+	+	+	+	-
- zelo lahka (ZL)	do 30	+	-	+	-	+

Drenažni asfalti z oznako DA 16k se uporabljajo za podlago na športnih igriščih, na katerih je možna montaža tartana, ki omogoča mehkejšo podlago pri športnih aktivnostih. Pri drenažnih asfaltih se zaradi naknadne zgostitve asfaltne zmesi pod prometom in izrazite skeletne sestave, zaradi katere se v asfaltni zmesi začnejo nabirati odpadne snovi (prah, olje, delci gume), drenažni učinek zmanjšuje, ohranja pa se torna sposobnost.

Razpredelnica 11: Mejne debeline asfaltnih zmesi za novogradnje

Projektne debeline plasti	Enota mere	Vrsta asfaltne zmesi		
		DA 8s	DA 11s	DA 16
- najmanj	mm	30	30	45
- največ	mm	45	50	60

3.3.2.5. Asfaltne zmesi za tankoplastne prevleke

Asfaltne zmesi za tankoplastne prevleke uporabimo predvsem za tesnitev voziščne konstrukcije, za izboljšanje ravnosti in hrupnosti ter povečanje torne sposobnosti. Uporaba tankoplastnih prevlek je zelo gospodarna, saj so količine, ki jih potrebujemo, zelo majhne.

Tankoplastne asfaltne zmesi lahko vgrajujemo po hladnem in vročem postopku, medtem ko ostale obrabne plasti vgrajujemo izključno po vročem postopku. Poleg običajnih modificiranih cestogradbenih bitumnov uporabljamo tudi posebna bitumenska veziva, kot so rezani bitumni, modificirana kationska bitumenska emulzija, modificirani rezani bitumen in druga posebna veziva.

Razpredelnica 12: Področja uporabe tankoplastnih asfaltnih zmesi za obrabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve

Skupina prometne Obremenitve	PLDO (NOO 82 kN)	Vrsta asfaltne zmesi						
		hladna				vroča		
		2k	4k, 8k	4s, 6s	8s	4k, 8k, 11k	4s	8s, 11s
- izredno težka (IT)	> 3000	-	-	-	-	-	-	+
- zelo težka (ZT)	> 800 do 3000	-	-	-	-	-	-	+
- težka (T)	>300 do 800	-	-	+	+	-	+	+
- srednja (S)	>80 do 300	-	-	+	+	-	+	+
- lahka (L)	>30 do 80	-	+	+	+	+	-	-
- zelo lahka (ZL)	do 30	+	+	+	-	+	-	-
- hodniki za pešce, kolesarske steze, parkirišča in odstavniki pasovi na avtocestah	-	+	+	+	-	+	-	-

Legenda: k....karbonatnih kamnin

ks...zmes silikatnih in karbonatnih kamnin

s.....silikatne kamnine

Tankoplastne asfaltne zmesi vgrajujemo v debelini od 5 do 20 mm, če je za izravnavo potrebna večja debelina, jih vgradimo v več slojih. Eno ali dvoslojno se vgrajujejo tankoplastne prevleke granulacije TP 2 in TP 6, dvoslojno pa asfaltne zmesi granulacije TP 4, TP 8 in TP 11.

3.3.2.6. Bitumenski mulj

Bitumenske mulje vgrajujemo izključno po hladnem postopku, za zaščito voziščnih konstrukcij pred pronicujočo vodo. Asfaltna zmes bitumenskega mulja je tekoča, zato je za proizvodnjo, transport in vgradnjo potrebna primerna oprema.

Sestava te asfaltne zmesi je omejena predvsem na zrna peska 0/2 mm, lahko pa vsebuje do 20% drobnega drobirja 2/4 mm, ki je lahko drobljen ali naraven, odvisno od predvidenih obremenitev in načina uporabe. Bituminozno vezivo izbiramo med kationskimi in anionskimi emulzijami odvisno od vremenskih pogojev, njihov delež pa mora znašati od 8 do 12 % m/m. Kot dodatek se k bitumenskim muljem uporabljata tudi cement in voda.

Za zatesnitev površine voziščne konstrukcije zadostuje približno 10 kg/m² bitumenskega mulja, kar je odvisno od obstoječega stanja površine podlage, ki mora biti v vsakem primeru ravna, nosilna in stabilna.

3.3.2.7. Liti asfalt

Asfaltne zmesi litega asfalta so dvokomponentne sestave (agregat in vezivo), saj je delež bitumenskega veziva tako velik, da zapolni vse votline. Uporabljamo bitumensko z dodatkom naravnega asfalta in polimerov. Pri izbiri bitumna je potrebno upoštevati tako klimatske in mikroklimatske razmere, mesto vgraditve kot tudi odpornost bitumna na termične obremenitve v procesu proizvodnje. Vgrajena zmes mora biti odporna proti vgrajevanju, kar je odvisno od viskoznosti bitumenske malte.

Bitumensko vezivo je lažje od kamnitih zrn, zato se med ohlajevanjem vgrajene plasti litega asfalta ustvari na njeni površini tanka plast presežnega bitumenskega betona. Na podlagi tega površino vgrajene plasti litega asfalta posujemo z drobirjem, praviloma rahlo obvitim z bituminiznim vezivom. Preden pričnemo z vgrajevanjem asfaltne zmesi litega asfalta, mora biti podlaga ravna, njena vlaga pa mora biti pod 7 %, v nasprotnem primeru se na vgrajeni plasti lahko pojavijo mehurji in kanile, ki nastanejo kot posledica uparitve vlage na podlagi.

Zaradi specifične sestave je potrebno asfaltne zmesi litih asfaltov trajno mešati, da ostanejo homogene. Za transport na gradbišče uporabljamo prevozne kuhalnike, pri katerih se temperatura asfaltne zmesi ohranja pri 230°C.

Razpredelnica 13: Področja uporabe zmesi litega asfalta za obrabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve

Skupina prometne obremenitve	PLDO (NOO 82 kN)	Vrsta asfaltne zmesi				
		LA 4	LA 8	LA 8s	LA 11	LA 11s
- izredno težka (IT)	> 3000	-	-	-	-	+
- zelo težka (ZT)	> 800 do 3000	-	-	+	-	+
- težka (T)	>300 do 800	-	-	+	-	+
- srednja (S)	>80 do 300	-	-	+	-	+
- lahka (L)	>30 do 80	-	+	-	+	-
- zelo lahka (ZL)	do 30	-	+	-	+	-
- hodniki za pešce, kolesarske steze, parkirišča in odstavni pasovi na avtocestah		+	+	-	+	-

Poznamo trdo in mehko lite asfaltne zmesi, ki se med seboj razlikujejo predvsem po trdoti bitumna.

Trdo liti asfalti so odpornejši proti točkovnim obremenitvam, vendar pa zelo občutljivi na temperaturne spremembe, zato jih uporabljamo npr. v delavnicah in podzemnih garažah, kjer so temperature konstantne. Mehko lite asfalte uporabljamo za asfaltiranje pločnikov v predorih in na prostem ter za asfaltiranje ploščadi, kjer hočemo zagotoviti vodotesnost.

Mejne debeline litih asfaltov so od 25 do 40 mm.

3.3.2.8. Posebne asfaltne zmesi

Med posebne asfaltne zmesi za obrabne plasti sodijo:

- **»hot rolled asphalt«**, ki je bil razvit v Veliki Britaniji, kjer se še vedno uporablja na voziščih z zelo težkim prometom. Postopek polaganja te asfaltne zmesi je naslednji:

- najprej se vgradi 3 do 4 cm debela plast asfaltne zmesi, ki vsebuje veliko peska z malo drobirja in malo vsebnostjo votlin,
- sledi vtiskanje z bitumnom obvitega drobirja zrnivosti 8/11 ali 11/16 mm, tako da so zrna tesno druga ob drugem,
- na koncu sledi še valjanje, kjer pa moramo paziti, da zrna ne potonejo v notranjost, s tem dosežemo, da so zrna odporna proti zaglajevanju in odporna proti preoblikovanju.

- **peščeni asfalt** je asfaltna zmes zrnivosti do 4 mm, ki vsebuje 9 do 12% m/m bituminoznega veziva, namenjenega za izdelavo tankih plasti debeline od 1 do 2 cm, primerna za vozišča z lahkim in počasnim prometom.

- **asfaltni mastisk** je asfaltna zmes, ki je zelo gosta, zrnivosti do 2 mm z 13 do 18% m/m bituminoznega veziva in 30 do 60% m/m polnil. Pri temperaturi nad 200 °C je ta asfaltna zmes tekoča, zato jo vgrajujemo ročno do debeline 1 cm. Na koncu pa jo enakomerno posujemo z drobirjem in drobljenec rahlo povaljamo.

- **svetle in obarvane asfaltne zmesi**, pri katerih imamo namesto običajnih zrn drobirja posebna zelo svetla zrna. Uporabljajo se za vozne površine v naseljih in predorih in povsod tam, kjer želimo, da so vozne površine osvetljene. Takšne obrabne plasti so bolj odporne proti preoblikovanju od običajnih, saj odbijajo toplotne žarke sonca in se s tem tudi manj segrevajo.

Obarvane asfaltne zmesi so sestavljene iz bitumenskih betonov, za zagotovitev obarvanosti površine pa uporabljamo obarvane zmesi kamnitih zrn.

- **poltoge obrabne plasti** so primerne za vozne površine z največjimi prometnimi obremenitvami kot so križišča, avtobusne postaje itd. Sestavljene so iz zmesi zrn drobirja 11/16 mm, ki vsebuje 20 % votlin, in obvita s bitumenskim mastiskom. Malta za zapolnitev votlin je sestavljena iz kremenčevega peska, polnila, cementa, plastifikatorja in vode. Izvedba teh kvalitetnih asfaltnih zmesi je zelo zahtevna in draga. Majhna odstopanja od predpisane recepture imajo za posledico nastanek razpok.

- **obrabne plasti za zaviranje nastanka poledice** imajo enako sestavo kot bitumenski betoni z določenimi dodatki, kot so različno predelane soli (CaCl_2 , NaCl), katerih količina je odvisna od gostote prometa, ki ga mora sproti odkrivati v zmesi na vozni površini tako, da zavira nastanek poledice. Tudi določena koncentracija solne raztopine, ki ostaja v vrhnjem delu obrabne plasti, preprečuje sprejemanje snega s podlago. Takšne plasti so primerne za preprečitev nenadnega nastanka poledice predvsem na podhlajenih viaduktih, mostovih in senčnih legah ter vodotokih.

3.3.2.9. Površinske prevleke

Poleg tankoplastnih prevlek in prevlek z bitumenskimi mulji jih štejemo med postopke obdelav voznih površin. Ta postopek je uporabljen zato, da zatesni vozno površino s plastjo bituminoznega veziva, in da daje vozni površini ustrezno hrapavost, s čemer je zagotovljena torna in drenažna sposobnost vozne površine. To je mogoče doseči, če je podložna plast voziščne konstrukcije, na kateri izvajamo površinske prevleke, ravna, nosilna in stabilna.

Ločimo več vrst posipov, in sicer glede na izvedbo (z enojnim ali dvojnimi pobrizgom veziva, enojnim ali dvojnimi posipom zrn drobirja), vrsto bituminoznega veziva (hladno, toplo, vroče), vrsto drobirja (obvita, neobvita) in fazo izdelave (prva, naknadna).

Zrna drobirja za površinske prevleke morajo biti iz kamnin silikatnega porekla, za katera je dobro, da so obvita z ustreznim bituminoznim vezivom, da zagotovimo boljši oprijem s pobrizgano površino.

Pri doziranju vhodnih materialov in izvedbi moramo biti zelo natančni, drugače se nam lahko pojavijo napake, kot so :

- premajhna količina bituminoznega veziva in s tem slaba povezava zrn drobirja s podlago, kar povzroči iztrganje zrn drobirja pod prometno obremenitvijo,
- prekomerna količina bituminoznega veziva ima za posledico potopitev zrn drobirja, s čemer postane vozna površina gladka in v mokrih razmerah nevarna za vožnjo.

3.4. OSNOVNI MATERIALI

3.4.1. Vrste materialov

3.4.1.1. Zmesi kamnitih zrn

Za asfaltne zmesi se uporabljajo zmesi drobljenih, naravnih (zaobljenih) in mešanih kamnitih zrn.

3.4.1.1.1. Naravni kamni material

Naravni ali okroglozrnati kamni material nastaja z razpadanjem masivne kamnine zaradi sile vode (zmrzovanje, oblikovanje pri drsenju pod ledeniki, raztapljanje), sile temperature (zmrzovanje) in sile vetra (mehanska obraba posameznih zrn). Med transportom se pod vplivom vode in zraka zrna odlagajo kot rečni prodec. Naravni materiali so gramoz, prodec in grušč.

Za naravno zmes kamnitih zrn je značilno: majhno notranje trenje, velika obstojnost, čistost zmesi in velika vsebnost preperelih zrn. S predrobljenjem predvsem večjih naravnih zrn lahko pridobivamo novo kakovost zmesi zrn, ki pa ne dosegajo kvalitete drobljenih zrn.

3.4.1.1.2. *Lomljeni kamen*

Lomljeni kamen pridobivamo iz magmatskih, sedimentnih in metamorfnih kamenin.

Magmatske kamnine so kamnine, ki so nastale iz ohlajene magme. Ločimo jih glede na način ohlajanja magme: globočnine (nastale z ohlajanjem magme v globini) in predornine (nastale z ohlajanjem magme na površju). Globočnine in predornine so sestavljene iz različnih mineralov, predornine predvsem iz bazalta, medtem ko globočnine predvsem iz granita.

Sedimentne kamnine so nastale pod pritiskom ali z lepljenjem posameznih plasti zrahljanih delcev organskega izvora, ki so nastali z razpadanjem pod vplivom nekaterih zunanjih dejavnikov na obstoječe kamnine ter s transportom in odlaganjem.

Metamorfne kamnine so nastale s spremembo magmatskih in sedimentnih kamnin pri visokem tlaku in temperaturi. Kamnine se drobijo in nastajajo kemične raztopine in novi minerali, ti kristalizirajo in ustvarijo nove kamnine.

3.4.1.1.3. *Drobljeni kamni material*

Drobljeni kamni material pridobivamo s predrobljenjem iz lomljenca ali iz večjih krogel naravnih zmesi zrn. Ima ostre robove in s tem večje notranje trenje kot naravne zmesi zrn.

3.4.1.2. Bitumenska veziva

3.4.1.2.1. *Bitumen*

Bitumen je težko hlapljiva temnobarvna zmes različnih organskih spojin, katerih elastoviskozno obnašanje se s temperaturo spreminja. Sestavljen je iz trdnih in krhkih delcev z veliko molekularno maso (asfaltenov, adsorbiranih asfaltnih smol in maltenov, ki jih sestavljajo smole in olja).

Vrsto bitumna določamo glede na penetracijo, ki jo izražamo v desetinkah milimetra. Poznamo naslednje običajne skupine cestogradbenih bitumnov: B 20/30, B 35/50, B 50/70, B 70/100, B 100/150, B160/220.

Bitumne proizvajamo z destilacijo surove nafte v rafinerijah. Trdota proizvedenega bitumna je med ostalimi lastnostmi odvisna tudi od deleža olj v bitumnu. Manj olj je izparelo, mehkejši je bitumen.

Glede na način destilacije ločimo: destilirane, vakumske ali visokovakumske in oksidirane ali pihane bitumne. Poleg njih pa na osnovi cestogradbenega bitumna poznamo še bitumne z raznimi dodatki kot so npr. s polimeri modificirani bitumen (PmB). Želena vrsto cestogradbenega bitumna dobimo z mešanjem mehkega in trdega bitumna (lahko tudi destiliranega in oksidiranega).

3.4.1.2.1.1. Destilirani bitumen

Destilirane bitumne pridobivamo s fracionirano destilacijo s sistemom cevi, ki jo drugače imenujemo tudi cevna destilacija. Postopek pridobivanja destiliranega bitumna je sledeč. Najprej segrejemo nafto na 250 do 280°C in nato v destilacijskem stolpu destiliramo pod atmosferskim pritiskom. Pri tem se izločajo lahki in težki bencin ter petrolej. Ostanek segrejemo na 320 do 380°C in destiliramo v vakumu. Pri tem pridobivamo lahka in težka olja za vrtnje ter lahka in težka olja za motorje. Preostalo sestavino imenujemo destilirani bitumen, za katerega je značilno, da ima nizko točko zmehčišča, ker se je izločilo najmanj olj.

3.4.1.2.1.2. Vakumski ali visokovakumski bitumen

»Vakumske ali visokovakumske bitumne pridobivamo z dodatno destilacijo v visokovakumskih destilacijskih napravah. S tem postopkom pridobivamo trde bitumne z visoko točko zmehčišča, ker se v bitumnu zmanjšuje količina oljnih sestavin (od količine olja je odvisna elastičnost bitumna).«² Uporabnost visokovakumskega bitumna je v cestogradnji redka.

² [4, str. 9]

3.4.1.2.1.3. Pihani ali oksidirani bitumen

»Oksidirane ali pihane bitumne pridobivamo tako, da dovajamo skozi raztopljeno bitumensko maso zrak, segret od 200 do 300°C. Od časa prehoda zraka skozi bitumen in pri tem hlapljenja oljnih sestavin, je odvisna točka zmečkaišča. Na ta naain dobimo bitumne z visoko točko zmečkaišča. Le-ti so pri nizkih temperaturah bolj odporni proti lomu in raztezanju kot destilirani bitumni.«³ Pihani bitumen je zaradi majhnega deleža olj zelo trd. Iz njega se proizvajata B 35/50 in B 20/30.

3.4.1.2.1.4. Modificirani bitumen

Modificirani bitumen je posebni bitumen, ki je prilagojen potrebam v cestogradnji. To je cestogradbeni bitumen, ki mu izboljšamo lastnosti z dodajanjem polimerov, to je elastomerov, termoelastičnih umetnih snovi, termoplastov in duroplastov. Za proizvodnjo modificiranih bitumnov uporabljamo naravne polimere (lateks in sintetične polimere). Dodani polimeri imajo tako kot bitumen kloridno strukturo, zato se morajo prilagoditi kloridni strukturi bitumna. Pomembna je vrsta in količina dodatka ter enakomerna razporejenost dodatka v bitumnu. Delež polimera v bitumnu je od 3 do 6 % m/m.

»Z različnimi tehnološkimi postopki lahko proizvedemo modificirani bitumen kot:

- homogeno fizikalno zmes (raztopino),
- homogeno kemično mešanico (reakcija bitumna z dodatkom) in
- nehomogeno zmes (neraztopljeni delci).«⁴

Z uporabo polimerov dosežemo:

- razširjeno področje plastičnosti, kar pomeni povečano temperaturo zmečkaišča in nižjo točko loma,
- povečano viskoznost, kar preprečuje plastično deformiranje pri visokih temperaturah,
- povečano fleksibilnost in elastičnost,
- večjo termično stabilnost in odpornost proti staranju,

³ [4, str. 9]

⁴ [2, str. 84]

- boljšo lepljivost zrn kamnite zmesi z bitumnom.

Navedene spremembe se pokažejo v primerjavi modulov togosti običajnih in modificiranih bitumnov v odvisnosti od časa obremenitve in količine dodatka. Izboljšanje se po nekaterih podatkih lahko odraža tudi v od 25 do 35% daljši dobi trajanja asfaltnih plasti z modificiranim bitumnom.

3.4.1.2.2. *Bitumenske raztopine*

3.4.1.2.2.1. Fuksirani (rezani) bitumen

Rezani bitumen je praviloma mehki do srednje trdi cestogradbeni bitumen vrst B160/220 do B 50/70, ki mu dodamo fuksirna olja, in s tem zmanjšamo viskoznost ter potrebno temperaturo veziva za uporabo. Uporabljamo rezani bitumen, ki ima delež fuksirnih olj od 15 do 30 % m/m.

3.4.1.2.2.2. Hladni (raztopljeni) bitumen

Raztopljeni bitumen dobimo z raztapljanjem cestogradbenega bitumna s topili in mu s tem zmanjšamo viskoznost do take mere, da lahko asfaltno zmes vgrajujemo v hladnem stanju.

3.4.1.2.3. *Bitumenske emulzije*

»Bitumenske emulzije so zmesi cestogradbenega bitumna in vode, pri čemer je bitumen (praviloma B160/220 ali PmB) v mikroskopsko majhnih delcih (premer kroglice 1 do 5 mm) razpršen v vodi, dodani emulgator pa z zmanjšanjem napetosti na mejnih površinah zagotavlja ohranitev tako ločenih delcev.«⁵ Količina bitumna v emulziji je od 55 do 65 % glede na celotno težo, kar pomeni, da je emulzija sestavljena iz 55 do 65 % bitumna in 45 do 35% vode in emulgatorja.

Glede na vrsto emulgatorjev ločimo anionske in kationske emulzije, ki so lahko stabilne (čas razpadanja je večji in je odvisen od hitrosti izhlapevanja vode v emulziji, razpadanje nastane,

⁵ [2, str. 85]

ko izhlapi voda), polstabilne (razpadanje je počasnejše in nastane cca. 2 do 3 ure po dotiku z agregatom) in nestabilne bitumenske emulzije (razpade takoj, ko pride v dotik z agregatom).

3.4.1.2.3.1. Anionska emulzija

Anionske emulzije so alkalne ali bazične emulzije, ki vsebujejo negativno naelektrene delce bitumna. Lepijo se na alkalne ali bazične kamnine (pri nas v glavnem apnenci). Njen razpad se prične zaradi absorpcije delcev vode na površino zrn. Voda, obdana s tanko plastjo bitumna, hlapi in upočasni vezavo bitumna z zrni, dokler popolnoma ne izhlapi. Proces vezanja je dolgotrajen, zato jo uvrščamo med stabilne emulzije.

Anionsko emulzijo uporabljamo, če želimo, da material v podlagi z emulzijo dobi vodo, ki je potrebuje za reagiranje. Ne uporabljamo je, ko je podlaga vlažna, pri kisljih kamninah, in ko je potrebno hitro vezanje.

3.4.1.2.3.2. Kationska emulzija

Kationske emulzije vsebujejo pozitivno naelektrene delce bitumna, ki se lepijo na kisle ali eruptivne kamnine. Njen razpad se prične zaradi absorpcije bitumna na površino zrn, kar izrine vodo s površine zrn. Proces vezanja je krajši, zato jo uvrščamo med nestabilne emulzije. Njena uporaba je mogoča povsod, tudi na vlažni površini.

3.4.1.3. Polnila

Polnilo ali kamena moka je naravno ali umetno pridobljeni kameni material, zrnivosti do 0,09 mm z največ 20 % (m/m) nadmernih zrn velikosti do 2 mm.

Naloga polnila je, da zapolni votline v kameni zmesi, in ima stabilizacijski učinek na bitumen, s katerim tvori bitumensko malto.

Poznamo dve vrsti polnil:

- lastno polnilo, ki ga pridobivamo iz osušene zmesi zrn v odpraševalni napravi asfaltnega obrata, ki je manj kvalitetno,
- tuje ali dodatno polnilo je posebej proizvedeno polnilo ali odpraševano polnilo, ki ga pridobivamo pri proizvodnji zmesi kamnitih zrn v kamnolomu, je kvalitetnejše, zato ga uporabljamo za zahtevnejše pogoje.

3.4.1.4. Dodatki

Ločimo dodatke, ki zmanjšujejo napetosti na mejnih površinah in izboljšajo sprejemljivost kamnitih zrn in bitumna (dopi) in dodatke, ki stabilizirajo ustrezen film veziva na zrnih (celulozna, mineralna ali vlakna iz drugih materialov).

3.4.2. Kakovost materialov

3.4.2.1. Splošno

Asfaltna zmes je ustrezne kakovosti in služi svojemu namenu, če uporabljamo kakovostne materiale. Kakovost posameznega materiala ugotavljamo s preskusi, ki so za vsak material drugačni in predpisani. Rezultate preskusov preverjamo na osnovi zahtev iz standardov, ki se nahajajo v tehničnih specifikacij za javne ceste (TSC).

V tem poglavju bom predstavil zahteve oz. kakovost posameznih materialov, ki jih uporabljamo za asfaltno zmes, in se nahajajo na mestnih cestah. To so t.i. bitumenski betoni, ki jih uporabljamo za obrabne plasti in asfaltno zmes bituminiziranih drobljencev, ki jih uporabljamo za nosilne plasti.

3.4.2.2. Kakovost zmesi kamnitih zrn

Zmesi kamnitih zrn so sestavljene iz zrn kamene moke (polnilo), peska ter drobirja in/ali proda. Kakovost zmesi kamnitih zrn mora ustrezati zahtevam v SIST EN 13043.

3.4.2.2.1. Kamena moka (polnilo)

Kamena moka je zmes kamnitih zrn, pretežno karbonatnega porekla. Za asfaltne zmesi, obremenjene s srednjo ali težjo prometno obremenitvijo, uporabljamo kameno moko kakovosti I. Pri asfaltnih zmesih z oznako "s", v katerih je uporabljen prani pesek iz silikatnih kamnin, uporabljamo kameno moko kakovosti II.

Kameno moko, pridobljeno z odpraševanjem v postopku proizvodnje asfaltnih zmesi, ni dovoljeno uporabiti kot dodano (tujo) kameno moko, če je bila pridobljena z odpraševanjem zmesi kamnitih zrn pretežno silikatnega porekla.

Razpredelnica 14: Zahteve za lastnosti kamene moke

Lastnosti kamene moke		Kakovostni razred		Postopek za preskus
		I presejek (m.-%)	II	
- zrnavost	0,063	60 do 85	50 do 85	SIST EN 933-1
(dolžina stranice	0,09	80 do 95	65 do 95	
kvadratne odprtine	0,25	95 do 100	95 do 100	
sita – v mm)	0,71	100	100	
- vsebnost votlin v polnilu v suhozbitem stanju (V.-%)		se preiskuje		SIST EN 1097-4
- indeks otrditve bitumna		1,80 do 2,40		DIN 52096

3.4.2.2.2. Pesek

Uporablja se naravni in drobljeni pesek. Za ceste s težko prometno obremenitvijo in veliko gostoto prometa se uporablja pesek iz silikatnih kamnin, pridobljen z drobljenjem lomljenega kamna.

Razpredelnica 15: Zahteve za lastnosti zmesi zrn peska

Dolžina stranice kvadratne odprtine sita (mm)	Naravni in drobljeni pesek		Postopek za preskus
	fini 0/2 mm presejek (m.-%)	grobi 0/4 mm	
0,063 ^{a)}	0-10 ¹⁾	0-10	SIST EN 933-1
0,09 ^{b)}	0-10	0-10	SIST EN 933-1
0,25	15-35	12-25	SIST EN 933-1
0,71	40-85	33-70	
2	90-100	65-100	
4	100	90-100	
8		100	
- modul zrnivosti	1,70 do 2,55	1,95 do 3,00	

Legenda:

- a) - Velja za obrabne plasti bitumenskih betonov.
- b) - Velja za nosilnoobrabne plasti z bitumenskimi vezivi.
- 1) - Za drobljeni pesek, pridobljen z drobljenjem kamnine eruptivnega porekla, je največja dovoljena vrednost presejka 5 m.-%

Modul zrnivosti M_z izračunamo po enačbi:

$$M_z = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{100} \quad (3.1)$$

kjer pomeni x_i - skupni ostanek na posameznem situ v m.-%

Pri določanju modula zrnivosti upoštevamo vrednosti skupnih ostankov na sitih:

- za bitumenske betone (0,063 mm, 0,25 mm, 0,71 mm, 2 mm, 4 mm in 8 mm),
- za nosilnoobrabne plasti (0,09 mm, 0,25 mm, 0,71 mm, 2 mm, 4 mm in 8 mm).

Fini in grobi drobljeni pesek je dovoljeno uporabljati v asfaltnih zmesih bitumenskih betonov in v asfaltnih zmesih za nosilne in nosilnoobrabne plasti za vse skupine prometnih obremenitev, naravni pesek pa samo v asfaltnih zmesih za srednjo in lažjo prometno obremenitev. Grobi drobljeni pesek je dovoljeno uporabljati v asfaltnih zmesih za ceste s

srednjo in lahko prometno obremenitvijo ter na hodnikih za pešce, kolesarskih stezah itd. Naravni pesek pa samo v asfaltnih zmesih za lažje prometne obremenitve.

Razpredelnica 16: Zahteve za kakovost zmesi zrn peska

Lastnost zmesi zrn peska	Enota mere	naravni	drobljeni	Postopek za preskus
- delež delcev manjših od 0,063 ^{a)}	m.-%	$\leq 5^{1)}$	$\leq 10^{1)}$	SIST EN 933-1
- ekvivalent peska	%	≥ 70	≥ 60	SIST EN 933-8
- delež grudic gline ^{b)}	m.-%	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	JUS B.B8.038
- delež organskih primesi ^{b)}	m.-%	$\leq 0,5$	$\leq 0,5$	SIST EN 1744-1

Legenda:

a) – Velja za obrabne plasti bitumenskih betonov.

b) – Velja za nosilnoobrabne plasti z bitumenskimi vezivi

¹⁾ – za pesek iz apnenca, dolomita ali karbonatno-silikatne kamnine je dovoljena tudi večja vsebnost zrn, manjših od 0,063 mm, če je pri tem zagotovljena ustrežna vrednost ekvivalenta peska, vendar le do vrednosti 15.

3.4.2.2.3. Drobir

Za asfaltne zmesi bitumenskih betonov uporabljamo osnovne frakcije in medfrakcije, ki ustrezajo pogojem, navedenim v SIST EN 13043.

Zahteve za odpornost zmesi kamnitih zrn proti drobljenju in obrabi, določimo po postopku Los Angeles (SIST EN 1097-2) in zahteve za odpornost proti poliranju PSV (SIST EN 1097-8).

Razpredelnica 17: Zahteve za odpornost zmesi kamnitih zrn proti drobljenju za asfaltne zmesi bitumenskih betonov

Skupina prometne obremenitve	Skupina gostote prometa	Količnik Los Angeles m.-%		Količnik odpornosti proti poliranju PSV	
		silikatne kamnine	karbonatne ali karbonatno-silikatne kamnine	silikatne kamnine	karbonatne ali karbonatno-silikatne kamnine
- izredno in zelo težka	zelo velika	LA ₁₆	-	PSV ₅₀	-
- težka	zelo velika	LA ₁₈	-	PSV ₅₀	-
- srednja	zelo velika	LA ₂₂	LA ₂₈	PSV ₅₀	PSV ₃₀
- lahka	majhna	LA ₂₂	LA ₃₀	PSV ₄₅	PSV ₃₀
- zelo lahka	majhna	LA ₂₂	LA ₃₅	PSV ₄₅	-

Pri kamnitih materialih v asfaltnih zmesih bitumenskih betonov s količnikom PSV nad 54 se lahko dopusti uporaba materialov z višjimi vrednostmi Los Angeles, kot so navedene v razpredelnici 17.

Pri cestah s težko prometno obremenitvijo je potrebno uporabljati popolnoma drobljena zrna.

Razpredelnica 18: Zahteve za lastnosti zmesi drobljenih kamnitih zrn, ki jih uporabljamo za asfaltne zmesi bitumenskih betonov

Lastnost zmesi drobljenih kamnitih zrn	Enota mere	Zahtevana vrednost	Postopek za preskus
- stopnja obvitosti skupne površine zrn z bitumnom B 100/150, najmanj	%	100/90	ÖN B 3682
- odpornost proti zmrzovanju (preskus z natrijevim sulfatom), izguba mase po petih ciklikih	m.-%	NS ₅ ¹⁾	SIST EN 1367-2
- vpijanje vode na frakciji 4/8 mm	m.-%	WA _{241,6}	SIST EN 1097-6
- modul oblike zrn	m.-%	SI ₂₀	SIST EN 933-4

Legenda:

¹⁾ – Silikatna zrna iz eruptivnih kamnin največ NS₃.

V primeru, da zahtevana stopnja obvitosti površine zrn z z bitumnom B 100/150 ni zagotovljena, je potrebo uporabiti ustrezen dodatek za izboljšanje obvitosti.

Za asfaltno zmes za nosilne in nosilnoobrabne plasti so zahteve za odpornost kamnitih zrn proti drobljenju in obrabi, določene po postopku Los Angeles (standard B.B8.045) in so za posamezne skupine prometnih obremenitev navedene v razpredelnici 19, ostale zahteve za lastnosti kamnitih zrn pa v razpredelnici 20.

Razpredelnica 19: Zahteve za odpornost zmesi kamnitih zrn proti drobljenju in obrabi za asfaltno zmes, ki se uporabljajo za nosilne in nosilnoobrabne plasti.

Skupina prometne Obremenitve	Zahtevana vrednost (m.-%)	
	za nosilno plast [*]	za nosilnoobrabno plast
- izredno in zelo težka	≤25	-
- težka	≤28	-
- srednja	≤30	-
- lahka	≤35	≤30
- zelo lahka	≤35	≤35

* V primeru, da je BNP vgrajen v dveh slojih, so lahko vrednosti Los Angeles za spodnji sloj za 3 m.-% absolutno višje

Razpredelnica 20: Zahteve za lastnosti zmesi kamnitih zrn za asfaltne zmesi, ki se uporabljajo za nosilne in nosilnoobrabne plasti.

Lastnost zmesi drobljenih kamnitih zrn	Enota mere	Zahtevana vrednost	Postopek za preskus
- stopnja obvitosti skupne površine zrn z bitumnom B 130, najmanj	%	90/80	ÖN B 3682
- odpornost proti zmrzovanju (preskus z natrijevim sulfatom), izguba mase po petih ciklikih	m.-%	≤5	SIST EN 1367-2
- vpijanje vode na frakciji 4/8 mm	m.-%	≤1,6	SIST EN 1097-6
- delež zrn z razmerjem največje dimenzije proti najmanjši ≥ 3:1	m.-%	≤20	SIST EN 933-4
- delež slabih zrn v frakcijah nad 4 mm	m.-%	≤20	JUS B.B8.037
- delež grudic gline v posamezni frakciji	m.-%	≤0,25	JUS B.B8.038
- mineraloško-petrografska sestava *	-	-	SIST EN 932-5

* Preiskavo se izvede v primeru, če se pri preiskavi mehanskih lastnosti ugotovi odstopanje od zahtev.

3.4.2.2.4. *Prodec*

Lastnosti zmesi naravnih ali deloma lomljenih zrn prodca morajo ustrezati zahtevam v razpredelnici 21 za asfaltne zmesi bitumenskih betonov in v razpredelnici 22 za asfaltne zmesi, ki jih uporabljajo za nosilne in nosilnoobrabne plasti.

Razpredelnica 21: Zahteve za lastnosti zmesi zrn prodca, ki jih uporabljamo za asfaltne zmesi bitumenskih betonov

Lastnost	Enota mere	Zahtevana vrednost	Postopek za preskus
zmesi drobljenih kamnitih zrn			
- stopnja obvitosti skupne površine zrn z bitumnom B 100/150, najmanj	%	90/80	ÖN B 3682
- odpornost proti zmrzovanju (preskus z natrijevim sulfatom), izguba mase po petih ciklikih	m.-%	NS ₁₂	SIST EN 1367-2
- vpijanje vode na frakciji 4/8 mm	m.-%	WA _{241,6}	SIST EN 1097-6
- odpornost proti drobljenju in obrabi po postopku Los Angeles	%	LA ₃₅	SIST EN 1097-2
- delež organskih primesi	-	-	SIST EN 1744

Razpredelnica 22: Zahteve za lastnosti zmesi naravnih zrn prodca za asfaltne zmesi, ki se uporabljajo za nosilne in nosilnoobrabne plasti.

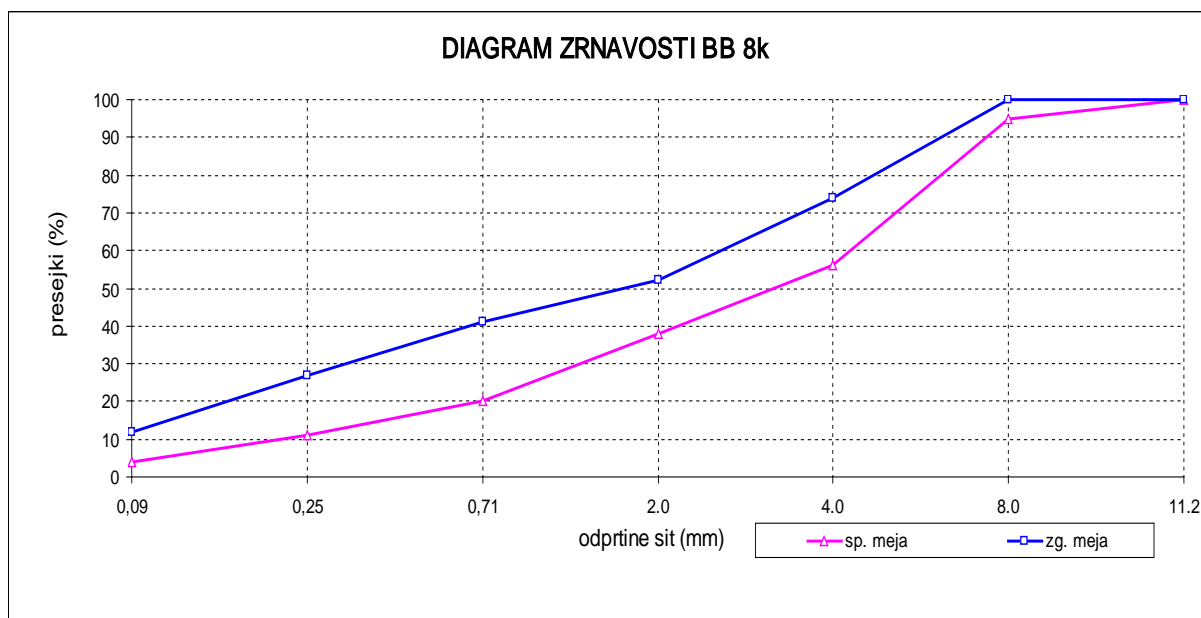
Lastnost	Enota mere	Zahtevana vrednost	Postopek za preskus
zmesi drobljenih kamnitih zrn			
- stopnja obvitosti skupne površine zrn z bitumnom B 130, najmanj	%	90/80	JUS U.M8.096
- odpornost proti zmrzovanju (preskus z natrijevim sulfatom), izguba mase po petih ciklikih	m.-%	≤12	JUS B.B8.044
- vpijanje vode na frakciji 4/8 mm	m.-%	≤1,6	JUS B.B8.031
- odpornost proti drobljenju in obrabi po postopku Los Angeles	%	≤35	JUS B.B8.045
- organske nečistoče	m.-%	≤0,25	JUS B.B1.024
- mineraloško-petrografska sestava *	-	-	-

* Preiskavo se izvede v primeru, če se pri preiskavi mehanskih lastnosti ugotovi odstopanje od zahtev.

3.4.2.2.5. Skupna zrnavost

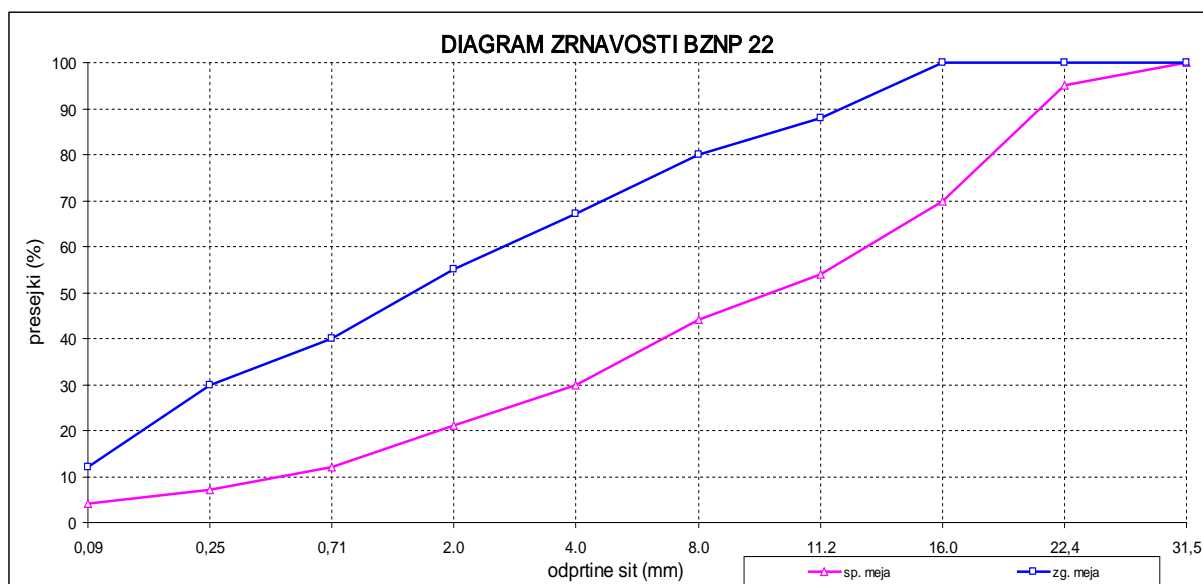
Skupno zrnavost asfaltnih zmesi bitumenskih betonov in asfaltnih zmesi za zgornje nosilne ter nosilnoobrabne plasti določimo s pomočjo presejkov zmesi kamnitih zrn. Območje slednjih je za značilne vrste asfaltnih zmesi določen in prikazan grafično.

Na sliki 1 je predstavljena mejna krivulja zrnivosti zmesi kamnitih zrn karbonatnega porekla za asfaltne zmesi bitumenskih betonov (BB 8k), ki se najpogosteje uporablja na mestnih cestah z majhno gostoto prometa in lahko prometno obremenitvijo (dovozne poti, parkirišča, kolesarske steze itd.).



Slika 1: Mejni krivulji zmesi kamnitih zrn za BB8k

Na sliki 2 je predstavljena mejna krivulja zrnivosti zmesi kamnitih zrn karbonatnih kamnin, ki jih uporabljamo za nosilne plasti asfaltnih zmesi na mestnih cestah s srednje težkim prometom.



Slika 2: Mejni krivulji zmesi kamnitih zrn za BZNP 22

3.4.2.3. Kakovost bitumna

3.4.2.3.1. Kakovost bitumna v asfaltnih zmesih bitumenskih betonov

Cestogradbeni bitumni, ki jih uporabljamo v asfaltnih zmesih bitumenskih betonov morajo ustrezati zahtevam standarda SIST EN 12591, vrste polimernih bitumnov pa zahtevam SIST EN 14023.

Razpredelnica 23: Uporaba vrste cestogradbenega in polimernega bitumna v asfaltnih zmesih bitumenskih betonov v odvisnosti od prometne obremenitve

Skupina prometne obremenitve	Vrsta veziva								
	B 160/220	B 100/150	B 70/100	B 50/70	B 35/50	PmB I.	PmB II.	PmB III.	PmB IV.
izredno težka IT	-	-	-	+	+	+	+	+	-
zelo težka ZT	-	-	-	+	+	+	+	+	-
težka T	-	-	-	+	+	-	+	+	-
srednja S	-	-	+	+	+	-	+	+	+
lahka L	+	+	+	-	-	-	-	+	+
zelo lahka ZL ter hodniki pešce, kolesarske steze ipd:	+	+	+	-	-	-	-	-	+

Poleg prometne obremenitve je potrebno pri izbiri bitumna upoštevati tudi klimatske razmere, oddaljenost gradbišča itd.

3.4.2.3.2. Kakovost bitumna v asfaltnih zmesih namenjenih za nosilne in nosilnoobrabne plasti z bitumenskimi vezivi

Kakovost cestogradbenih in sestavljenih bitumnov mora ustrezati zahtevam standarda EN 58:1984, kakovost polimernih bitumnov pa zahtevam v tehnični specifikaciji za ceste TSC 04.520:2001. Uporaba posameznih vrst bitumnov za nosilne in nosilnoobrabne plasti asfaltnih

zmesi je v odvisnosti od skupine prometnih obremenitev in vrste asfaltnih zmesi podana v razpredelnici 24.

Razpredelnica 24: Uporaba vrste cestogradbenega bitumna v asfaltnih zmesih za nosilne in nosilnoobrabne plasti odvisnosti od prometne obremenitve

Skupina prometne obremenitve	Vrsta asfaltna zmesi	Vrsta veziva								
		BIT 160/220	BIT 100/150	BIT SBIT 70/100	BIT SBIT 50/70	BIT SBIT 35/50	BIT SBIT 20/30	PmB I.	PmB II.	PmB III.
izredno težka	BZNP16S				+	+	+	+	+	+
	BZNP22S				+	+	+	+	+	+
	BZNP32S				+	+	+	+	+	+
zelo Težka	BZNP16S				+	+	+	+	+	
	BZNP22S				+	+	+	+	+	
	BZNP32S				+	+	+	+	+	
Težka	BZNP16S				+	+			+	
	BZNP22S				+	+			+	
	BZNP32S				+	+			+	
srednja	BZNP16									
	BZNP16S				+	+	+			
	BZNP 22									
	BZNP22S				+	+	+			
	BZNP 32									
lahka	BZNP32S				+	+	+			
	BZNP16									
	BZNP 22				+	+				
Zelo lahka	BZNOP16	+	+	+	+					
	ZBZNP16									
	BNP 22				+	+				
	BNOP 16	+	+	+						

Uporaba polimernih bitumnov je mogoča le v primeru ustrezne tehnološke priprave.

4. PROJEKTIRANJE ASFALTNIH ZMESI IN IZBOR TEHNOLOGIJE

4.1. SPLOŠNO

Projektiranje oziroma načrtovanje sestave asfaltnih zmesi je razvrščanje in določevanje količin posameznih materialov, da se doseže želene lastnosti v končni konstrukciji. Glavni cilj načrtovanja sestave asfaltnih zmesi je določiti ekonomično zmes kamenih zrn in bitumna (v mejah določenih s projektom), ki ima naslednje značilnosti:

- trajnost plasti
- zadovoljivo stabilnost zmesi, ki zadovoljuje potrebe glede na prometno obtežbo brez deformacij in poškodb
- dovolj votlin v skupni zgoščeni zmesi, ki dopuščajo manjšo dodatno zgostitev pod prometno obtežbo brez izrinjanja zrn, obogatitve površine z bitumnom in izgube stabilnosti, vendar pa hkrati dovolj malo, da preprečujejo prekomeren dostop zraka in vlage
- zadovoljivo vgradljivost, ki dovoljuje učinkovito razgrinjanje zmesi brez segregacije

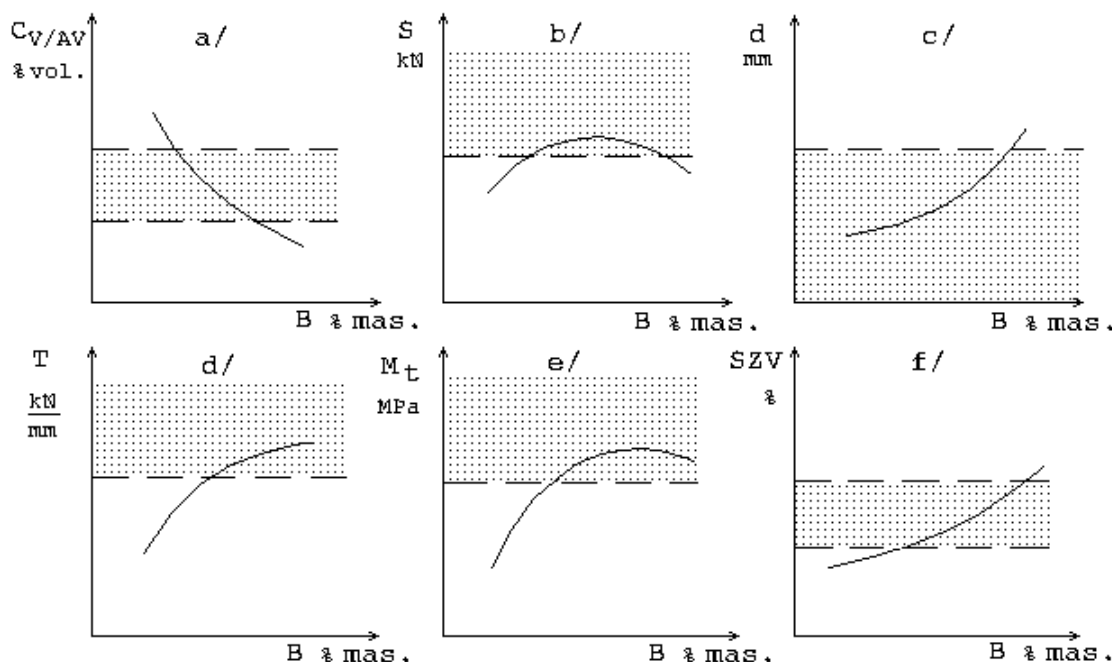
4.2. IZBOR, VRSTE IN SESTAVE ASFALTNIH ZMESI

4.2.1. Standardni postopek načrtovanja asfaltnih zmesi

Standardni postopki načrtovanja temeljijo na klasični ideji projektiranja in so v bistvu sestavljeni iz naslednjih postopkov:

1. vzorčenje materiala, namenjenega za izdelavo asfaltne zmesi (bitumen, polnilo in zmes kamnitih zrn)
2. zbiranje informacij o prometni obremenitvi in dimenzijah asfaltne plasti v okviru projektirane voziščne konstrukcije

3. določitev lastnosti (skladnost z veljavnimi tehničnimi pogoji) vgrajevanih materialov s standardnimi metodami
4. na osnovi zrnivosti zmesi kamnitih zrn in polnila se sestavi zmes kamenega materiala, katere granulometrijska sestava mora ustrezati tehničnim predpisom
5. iz tako pripravljene zmesi kamnitih zrn se pripravi serija asfaltnih zmesi z različnimi deleži bitumna v posameznih vzorcih zmesi v seriji ($\Delta B=0,3 - 0,5 \text{ \% m/m}$) in iz vsake asfaltne zmesi se pripravijo vzorci
6. dobljenim asfaltnim vzorcem se določi prostorninska masa in specifična prostorninska masa, iz teh podatkov se nato izračuna koncentracija votlin v vzorcu asfaltne zmesi, stopnja zapolnjenosti votlin z bitumnom in vsebnost votlin v zmesi kamnitega materiala
7. pripravljenim vzorcem asfaltne zmesi se določi napetostno-deformacijske lastnosti po izbrani metodi; največkrat stabilnost, tečenje in Marshallov kvocient
8. po opisanem postopku projektiranja je optimalna asfaltna zmes (optimalni delež bitumna za podano granulometrijsko sestavo zmesi kamnitih zrn) tista, ki da asfaltne vzorce z vsebnostjo votlin v predpisanem območju vrednosti (slika 3a) z najboljšimi napetostno-deformacijskimi lastnostmi (slika 3b,c) ter z zahtevanimi vrednostmi Marshallov kvocient (slika 3d), optimalno prostorsko maso (slika 3e) ter v predpisanem razponu stopnje zapolnjenosti votlin v zmesi zrn z bitumnom (slika 3f)



Slika 3: Prikaz odvisnosti lastnosti asfaltnega vzorca od deleža bitumna v asfaltni zmesi

Na opisani način projektirano tehnično optimalno asfaltno zmes je potrebno s čim manjšimi odstopanji prenesti v asfaltno proizvodnjo. Proces vgrajevanja asfaltna zmesi je potrebno voditi tako, da se dosežejo zahtevane lastnosti asfaltne plasti, predpisane s tehničnimi pogoji (stopnja zgoščenosti, delež votlin v vgrajeni asfaltni plasti).

Tehnično optimalne asfaltne zmesi so vse tiste, na osnovi katerih je mogoče izdelati asfaltno plast, ki v toku eksploatacije izkazuje najmanj naslednjih pojavov:

- poškodb asfaltne konstrukcije v obliki kolesnic in valov
- razpok v asfaltnih plasteh voziščne konstrukcije
- napak, povzročenih zaradi erozije od atmosferskih vplivov in prometa

Take asfaltne zmesi, vgrajene v zaključno plast voziščne konstrukcije, imajo poleg že navedenih tudi naslednje ugodne lastnosti:

- hrapavo strukturo površine
- visok koeficient oprijemljivosti

Za ugotovitev obnašanja asfaltne zmesi, ki služi ali ki bo služila za voziščno konstrukcijo, je treba določiti njeno stabilnost, to je odpornost proti plastičnim deformacijam, ki lahko nastanejo zaradi delovanja prometa. Za to preiskavo obstajajo danes razne metode, od katerih si vsaka prizadeva kar najbolj realno reproducirati in meriti učinkovanje prometne obtežbe. Rezultati takih preiskav niso absolutne, ampak relativne vrednosti, katerih velikosti lahko primerjamo samo takrat, kadar so dobljene z aparaturo in s postopkom, ki v vsaki podrobnosti ustrezata predpisu.

V nadaljevanju sledi opis izbire postopka asfaltne zmesi glede na prometno obremenitev in opis pri nas največ uporabljene standardne metode projektiranja asfaltne zmesi - Marshallove metode za primer bitumenskega betona BB 8k, ki je bil vgrajen na Jarški cesti na območju Mestne občine Ljubljana.

4.2.2. Izbira vrste asfaltne zmesi glede na prometno obremenitev

Prometna obremenitev na izbranem odseku ceste se določi za načrtovano (projektno) dobo trajanja. Načrtovana doba trajanja za voziščno konstrukcijo z asfaltno krovno plastjo traja za novogradnje 20 let, pri obnovi oziroma preplastitvi krovne asfaltne zmesi pa je doba trajanja 10 let.

Osnova za določitev prometne obremenitve je povprečni letni dnevni promet PLDP, ki pomeni povprečno dnevno število motornih vozil, ki so v določenem letu prečkala izbrani prerez ceste. Za določitev potrebnih dimenzij voziščne konstrukcije je treba določiti merodajno skupno ekvivalentno prometno obremenitev. Od točnosti podatkov je odvisna primernost načrtovane voziščne konstrukcije.

Skupno povprečno število prehodov nominalne osne obremenitve (NOO) 82kN skozi prečni prerez ceste na dan T_d določimo po enačbi:

$$T_d = \sum (FEV_i \cdot n_i) \cdot 0,5 \quad (4.1)$$

kjer pomeni:

FEV_i – faktor ekvivalentnosti vrste vozila (po razpredelnici 25)

n_i – povprečno število vozil določene vrste na dan.

Razpredelnica 25: Povprečni faktor ekvivalentnosti reprezentativnih motornih vozil

Reprezentativno vozilo	Povprečni faktor ekvivalentnosti
- osebno: OV (VT1, VT2)	0,00006
- avtobus: A (VT3)	1,20
- tovorno: (VT4, TR)	
- lahko: LT	0,01
- srednje: ST	0,20
- težko: TT	1,10
- težko s prikolico: TTP	2,00

Merodajno (skupno ekvivalentno) prometno obremenitev za načrtovano voziščno konstrukcijo z asfaltno krovno plastjo določimo po enačbi:

$$T_n = 365 \cdot T_d \cdot q \quad (4.2)$$

kjer pomeni:

T_d - skupno povprečno število prehodov nominalne osne obremenitve skozi prečni prerez ceste na dan

q – faktor rasti (po razpredelnici 26)

Razpredelnica 26: Povprečni faktor rasti

Faktor rasti q	letna stopnja rasti težkega prometa r (%)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
projektno obdobje p (let)										
5	5	5	5	6	6	6	6	6	7	7
10	11	11	12	12	13	14	15	16	17	17
15	16	18	19	21	23	25	27	29	32	35
20	22	25	28	31	35	39	44	49	56	63

Na podlagi dobljene merodajne (skupne ekvivalentne) prometne obremenitve iz razpredelnice 27 določimo skupino prometne obremenitve in na podlagi tega izberemo iz razpredelnice 7, vrsto asfaltno zmesi.

Razpredelnica 27: Skupina prometne obremenitve

Skupina prometne obremenitve	
	Tu
Zelo težka	>7E+06
Težka	2E+06.....7E+06
srednja	7E+05.....2E+06
Lahka	2E+05.....7E+05
Zelo lahka	<2E+05

4.2.3. Marshallova metoda

Metoda se imenuje po inženirju Bruce-u Marshall-u iz Mississippi State Highway Department v ZDA. Izboljševali in do konca razvili so jo v vojaških inženirskih enotah ZDA in standardizirali v American Society for Testing and Materials (ASTM).

Marshallova metoda se lahko uporablja za vse sisteme valjanega asfalta z vročim bitumnom in zmesmi kamnitih zrn. Uporablja se lahko pri laboratorijskem sestavljanju receptur za asfaltne zmesi in za kontrolo kvalitete vzorcev asfaltnih vozišč.

4.2.3.1. Določitev granulometrijske sestave asfaltne zmesi

Postopek Marshallove metode se začne s pripravo vzorcev. Predhodne zahteve, ki jih moramo izpolniti pred to preiskavo, so:

- materiali, ki jih vgrajujemo, morajo ustrezati projektnim zahtevam
- granulometrijska sestava zmesi kamnitih zrn mora ustrezati projektnim zahtevam
- določene specifične mase vseh zrnivosti zmesi kamnitih zrn, uporabljenih v zmesi in specifična masa bitumna.

Te zahteve so skupne vsem metodam mehanskih preiskav in jih moramo vedno upoštevati in izvajati.

4.2.3.1.1. Granulometrijska sestava frakcij kamnitega materiala

Granulometrijska sestava se določa s sejanjem frakcij kamnitega agregata, ki je pred tem sušen do konstantne mase na temperaturi 105°C. Sejanje se izvaja s tresenjem sita z roko ali z

uporabo naprave za sejanje. Če sejemo z napravo za sejanje, moramo na koncu s tresenjem z roko preveriti, če je sejanje končano. Najmanjša količina, ki jo lahko uporabimo za sejanje, je odvisna od velikosti zrna in od granulometrijske sestave mineralne zmesi, predpisana pa je v razpredelnici 28.

Razpredelnica 28: Minimalne količine za sejnalno analizo

Velikost zrn do mm	0,09	0,25	0,71	2	4	8	11,2	16	25	35
Količina za sejanje v g	50	100	150	200	400	800	1100	1600	2200	3200

V primeru ekstrakcije vzorca asfaltno zmesi presejemo vso količino ekstrahirane mineralne zmesi. Sejanje je končano, ko v času ene minute preide skozi sito najmanj 0,25 % ene frakcije zrn. Rezultat sejanja za vsako frakcijo pišemo z natančnostjo ene decimalke. Izgubo materiala pri sejanju, ki je manjša od 0,5 %, dodamo frakcijam od 0 do 0,09 mm. Za rezultat analize granulometrijske sestave agregata vzamemo srednjo vrednost dveh sejanj.

Izračun ostankov na posameznem situ:

$$\text{ostanek (\% m/m)} = \frac{m_1}{m} * 100 \quad (4.3)$$

m_1 suha teža vzorca na posameznem situ, v g (gramih)

m suha teža celotnega vzorca , v g (gramih)

Razpredelnica 29: Primer izračuna granulometrijske sestave za BB 8k

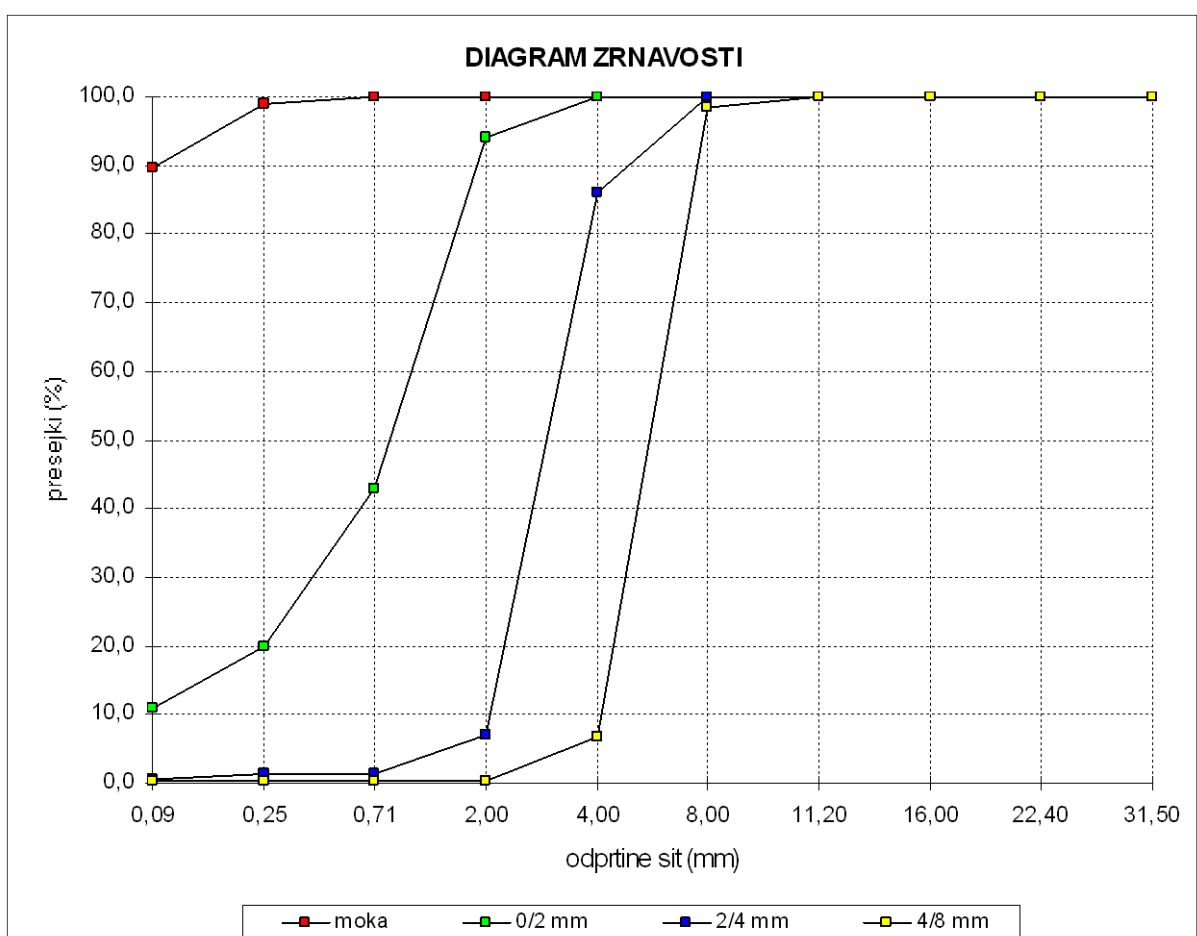
ZRNAVOST	sito (mm)	0	0,09	0,25	0,71	2	4	8	11,2	16	22,4	31,5	skupaj
ostanek	(g)	149,1	63,4	140,4	380,0	300,4	456,7	10,0					1500,0
presejek	(%)	9,9	4,2	9,3	25,6	20,0	30,3	0,7	0,0	0,0	0,0		
skupni presejek	(%)		9,9	14,1	23,4	49,0	69,0	99,3	100,0	100,0	100,0	100,0	

Skupni presejek je vsota presejkov skozi posamezno laboratorijsko sito.

V razpredelnici 30 so podane vrednosti presevkov posameznih frakcij kamnitega materiala kot vhodni material za BB 8k.

Razpredelnica 30: Vrednosti presevkov posameznih frakcij kamnitega materiala za BB 8k

Porazdelitev zrnivosti kamnitega materiala:										
frakcija	odprtine sit (mm)									
	0,09	0,25	0,71	2	4	8	11,2	16	22,4	31,5
moka	89,6	99	100	100	100	100	100	100	100	100
0/2 mm	10,8	19,8	43	94,1	100	100	100	100	100	100
2/4 mm	0,6	1,4	1,4	6,9	86	100	100	100	100	100
4/8 mm	0,2	0,2	0,2	0,2	6,7	98,4	100	100	100	100



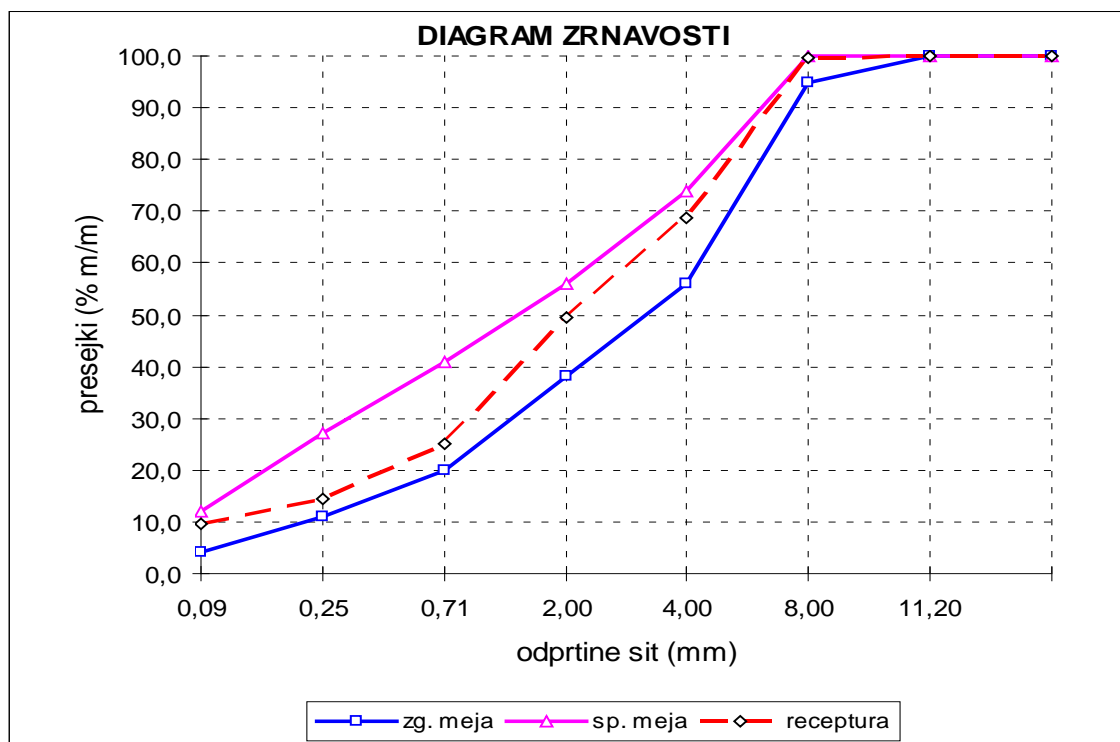
Slika 4: Grafični prikaz granulometrijske sestave posameznih frakcij kot vhodni material v asfaltni zmesi BB 8k

4.2.3.1.2. Granulometrijska sestava asfaltne zmesi

Granulometrijska sestava zmesi kamnitih zrn za asfaltno zmes, sestavljena iz posameznih frakcij, mora ustrezati danim tehničnim pogojem. Potrebna vsebnost posameznih frakcij za zagotovitev tega pogoja se določa računsko s približevanjem linije zmesi kamnitih zrn optimalni liniji med zgornjo in spodnjo zahtevano mejo v tehničnih pogojih. Recepturna vrednost je vsota vseh deležev presevkov posameznih frakcij skozi posamezno laboratorijsko sito.

Razpredelnica 31: Izračun granulometrijske sestave kamnitega materiala za BB 8k

Porazdelitev zrnivosti zmesi kamnitega materiala:											
frakcija	Delež (m.-%)	odprtine sit (mm)									
		0,09	0,25	0,71	2,00	4,00	8,00	11,20	16,00	22,40	31,50
moka	5,0	4,5	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
0/2 mm	46,0	5,0	9,1	19,8	43,3	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0	46,0
2/4 mm	18,0	0,1	0,3	0,3	1,2	15,5	18,0	18,0	18,0	18,0	18,0
4/8 mm	31,0	0,1	0,1	0,1	0,1	2,1	30,5	31,0	31,0	31,0	31,0
seštevek	100,0										
receptura - PSAZ		9,6	14,4	25,1	49,6	68,6	99,5	100,0	100,0	100,0	100,0
zg. meja TSC 06.411		4,0	11,0	20,0	38,0	56,0	95,0	100,0	100,0	100,0	100,0
sp. meja TSC 06.411		12,0	27,0	41,0	56,0	74,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0



Slika 5: Prikaz granulometrijske sestave asfaltni zmesi BB 8k

4.2.3.2. Sestava laboratorijskih asfaltnih zmesi z različno količino cestogradbenega bitumna, ob enaki sestavi kamene zmesi

4.2.3.2.1. *Postopek priprave vzorcev po Marshall-u*

Vzorci, ki služijo za preiskavo stabilnosti, so cilindrične oblike, premera (102 mm) in višine (64 mm). Za določitev optimalnega deleža bitumna glede na izbrano zmes kamnitih zrn pripravimo serijo testnih vzorcev z razponom različnih deležev bitumna, v stopnjah po 0,3 do 0,5 % m/m, vsaj dveh vzorcev z deležem bitumna pod predvidenim optimumom in vsaj dveh vzorcev nad predvidenim optimumom.

Za zagotovitev dovolj podatkov pripravimo vsaj štiri vzorce za vsak uporabljen delež bitumna v zmesi, tako moramo za serijo petih različnih deležev bitumna B 70/100 pripraviti vsaj dvajset testnih vzorcev. Za vsak vzorec potrebujemo približno 1200 g zmesi kamnitih zrn, torej je minimalna potrebna količina za eno serijo testnih vzorcev okoli 25 kg zmesi kamnitih zrn ter približno 1 l bitumna B 70/100.

Primer izračuna potrebnih količin posameznih frakcij kamnitega materiala in z deležem bitumna B 70/100 6% za vzorec asfaltne zmesi BB 8k je podan v razpredelnici 32.

Razpredelnica 32: Zahteve kamnitega materiala in bitumna za predhodno sestavo asfaltne zmesi BB 8k

ZATEHTE KAMNITEGA MATERIALA IN VEZIVA ZA PSAZ BB 8k			
ZATEHTA:	1200g	6,0% BIT	94,0% AGREGATA
		72,0g	1128,0G
MOKA	5,0%	56,4g	
STAHOVICA			
0/2 ČRNI KAL	46,0%	518,9g	
2/4 ČRNI KAL	18,0%	203,0g	
4/8 ČRNI KAL	31,0%	349,7g	
skupaj	100,0%	1137,6g	
	6,0%	72,0g	
TEMPERATURA NABIJANJA MARSHALL TELES: 145 +/- 3 °C			

V posode odmerimo za vsak vzorec točno določeno količino posameznih zrnivosti zmesi kamnitih zrn in jih segrejemo na optimalno temperaturo (Razpredelnica 33), nato stresemo zmes v posodo za mešanje, jo premešamo (simulacija tim. suhega mešanja v mešalniku v asfaltni bazi) in ji dodamo potrebno količino bitumna temperature glede na trdotno stopnjo (Razpredelnica 34) ter premešamo (simulacija tim. mokrega mešanja v mešalniku v asfaltni bazi), da dobimo enakomerno asfaltno zmes temperature 120 °C. Potem z asfaltno zmesjo ustrezne temperature (Razpredelnica 34) napolnimo kalupe in jo z nabijalom zbijemo z 2×50 udarcev (naprava za nabijanje Marshall preiskušancev). Gotove vzorce pustimo, da se ohladijo, in jih nato iztisnemo iz kalupa. Da bi se dosegla predpisana višina epruvet 63,5 mm, je po potrebi potrebno zatehto korigirati. Korekcijski faktor (f) je;

$$f = m * (63,5/h - 1) \quad (4.4)$$

kjer je:

m - zatehta asfaltne zmesi

h - višina epruvete

f - količina, ki jo je potrebno dodati ali odvzeti zatehti, da se dobi predpisana višina epruvete

Višina posameznih epruvet se lahko giblje med 60,5 mm in 66,5 mm.

Razpredelnica 33: Temperature komponent pri mešanju predhodne sestave

	Temperatura (°C)
Zrna kamenega materiala	160 do 180
Vezivo	140 do 150 *
Asfaltna zmes	130 do 140

* upoštevati temperaturo primerno trdotni stopnji veziva – bitumna

Razpredelnica 34: Temperatura zgoščanja Marshall preskušancev za veziva, ki jih uporabljamo v BB 8k (lahke in zelo lahke obremenitve)

Vrsta bitumna	Temperatura (°C)
B 70/100	145 ± 3
B100/150	140 ± 3
B 160/220	135 ± 3

4.2.3.2.2. *Preiskava stabilnosti in tečenja po Marshall-u*

Pred preiskavo stabilnosti postavimo vzorce asfaltna zmesi, pripravljene po točki 4.2.3.2.1 za določen čas v vodno kopel s temperaturo 60°C. Za preiskavo postavimo vzorec v kalup v obliki dveh polovičnih valjev. Kalup z vzorcem takoj namestimo v stiskalnici in na zgornji del kalupa montiramo mikrometer, ki bo meril deformacijo vzorca med maksimalnim pritiskom. Potem poženemo stiskalnico, testna obremenitev naj narašča s konstantno hitrostjo deformacije 50 mm na minuto do porušitve. Ko dosežemo maksimalni pritisk, ga odčitamo v kN, istočasno pa odčitamo tudi deformacijo, ki jo kaže mikrometer v milimetrih. Maksimalni pritisk v kN označujemo kot stabilnost po Marshallu.

4.2.3.2.3. *Prostorska masa asfaltna zmesi*

Vzorec z majhnimi votlinami se osuši v eksikatorju do enakomerne teže in stehta. Stehtani vzorec pustimo, da leži eno uro v vodi s temperaturo 25°C. Nato ga potegnemo iz vode, popivnamo z vlažno krpo in ponovno stehtamo. Nato vzorec vstavimo v žičnato košaro tehtnice za podvodno tehtanje. Košara se potopi v vodi in stehtamo težo vzorca v vodi.

Prostorninsko maso vzorca z majhnimi votlinami izračunamo po naslednji formuli

$$\rho_{AV} = \frac{m}{m_1 - m_2} \cdot \rho_{vode} \quad (4.5)$$

kjer je:

ρ_{AV} - prostorska masa vzorca, v g / cm³

m - suha teža vzorca, v g (gramih)

m_1 - teža vlažnega vzorca po eni uri ležanja v vodi, v g (gramih)

m_2 - teža vzorca potopljenega v vodi, stehtana na tehtnici za podvodno tehtanje, v g

ρ_{vode} - prostorska masa vode (pri 25°C je 0,9771)

4.2.3.2.4. *Največja gostota zmesi zrn kamnitega materiala*

Vzorec zmesi zrn kamnitega materiala (ali asfaltne zmesi) sušimo pri 110±5 °C do konstantne teže. Največjo gostoto vzorca določamo v prostoru s stalno temperaturo. Težo vzorca ne sme biti minimalno 250g ali 50 krat max. zrno (g). Teža piknometra z nastavkom, katerega brušeni del je premazan z vazelinom, stehtamo. Piknometar napolnimo s pripravljenim vzorcem in skupaj z nastavkom stehtamo. Nato se v piknometar z vzorcem nalije destilirana voda (topilo). Nalijemo jo čez polovico prostornine piknometra. Piknometar obračamo, tresemo in vzorec mešamo s stekleno ali kovinko palico, dokler iz piknometra ne izstopi vsa količina zraka. Če imamo vzorec asfaltne zmesi, mešamo s stekleno paličico, da se bitumen raztopi, in iztopi s topilom zaprti zrak. Nato v grlo piknometra vstavimo nastavek z brušenim delom. Dolijemo destilirano vodo (topilo) skoraj do oznake in piknometar pustimo stati dve uri v prostoru z enakomerno temperaturo. Nato nalijemo destilirano vodo (topilo) točno do oznake in piknometar stehtamo. Prostorsko maso topila ρ_T izmerimo z areometrom.

Največjo gostoto mineralne oziroma asfaltne zmesi izračunamo po formuli :

$$\rho_s = \frac{m_2 - m_1}{V - \frac{m_3 - m_2}{\rho_t}} \quad (4.7)$$

kjer je :

ρ_s - največja gostota zmesi pri temperaturi preiskave, v g/cm^3

m_1 - teža praznega piknometra z nastavkom , v gramih (g) ;

m_2 - teža piknometra z vzorcem in nastavkom , v g ;

m_3 - teža piknometra z vzorcem, topilom in nastavkom , v g ;

V - prostornina piknometra do oznake , v cm^3 ;

ρ_t - prostorska masa topila pri temperaturi preiskave, v g/cm^3

Največja gostota se izračuna v g / cm^3 in zaokroži na 0,01 g / cm^3 .

4.2.3.2.5. *Največja gostota asfaltne zmesi*

Po predhodno določeni največji gostoti zmesi zrn kamnitega materiala računsko določimo največjo gostoto asfaltne zmesi.

$$\rho_{SAV} = \frac{100}{\left(\frac{m_{KM}}{\rho_{SKM}}\right) + \left(\frac{m_b}{\rho_{sb}}\right)} \quad (4.8)$$

kjer je:

ρ_{SAV} - največja gostota asfaltne zmesi, v g/cm^3

m_{KM} - masa zmesi zrn kamnitega materiala, v % v 100 ut.delih

ρ_{SKM} - največja gostota zmesi zrn kamnitega materiala, v g/cm^3

m_b - masa bitumna, v % v 100 ut.delih

ρ_{sb} - gostota bitumna, v g/cm^3

4.2.3.2.6. *Delež prostih votlin*

Delež votlin računsko določimo iz vrednosti prostorske mase asfaltne zmesi in največje gostote asfaltne zmesi, ki nam pove, koliko je še v asfaltni masi neizpolnjenih votlin oziroma stopnjo zgoščenosti asfaltne mase.

$$C_{V/AV} = \frac{\rho_{SAV} - \rho_{AV}}{\rho_{SAV}} * 100 \quad (4.9)$$

kjer je :

ρ_{SAV} - največja gostota asfaltne zmesi, v g/cm^3

ρ_{AV} - prostorska masa vzorca asfaltne zmesi, v g/cm^3

4.2.3.2.7. Stopnja zapolnjenosti votlin

Stopnjo zapolnjenosti votlin v zmesi zrn kamnitega materiala z bitumnom izračunamo iz razmerja prostorskega deleža bitumna v zgoščeni asfaltni zmesi in prostorskega deleža votlin v zmesi zrn kamnitega materiala.

$$SZV_{KM} = 100 * \frac{\rho_{AV} * \frac{m_b}{\rho_b}}{\left(\frac{100}{1 - \frac{\rho_{AV}}{\rho_{SAV}}} + \rho_{AV} * \frac{m_b}{\rho_b} \right)} \quad (4.10)$$

kjer je:

ρ_{SAV} - največja gostota asfaltne zmesi, v g/cm^3

ρ_{AV} - prostorska masa asfaltne zmesi, v g/cm^3

m_b - masa bitumna, v % v 100 ut.delih

ρ_b - gostota bitumna, v g/cm^3

4.2.3.2.8. Votline v zmesi kamnitega materiala

Vsebnost votlin v zmesi zrn kamnitega materiala računsko določimo kot vsoto prostorskega deleža votlin v zgoščeni asfaltni zmesi in prostorski delež bitumna v zgoščeni asfaltni zmesi

$$C_{V/KM} = \frac{100}{1 - \frac{\rho_{AV}}{\rho_{SAV}}} + \rho_{AV} * \frac{m_b}{\rho_b} \quad (4.11)$$

kjer je:

ρ_{SAV} - največja gostota asfaltne zmesi, v g/cm^3

ρ_{AV} - prostorska masa asfaltne zmesi, v g/cm^3

ρ_b - prostorska masa bitumna, v g/cm^3

m_b - masa bitumna, v % v 100 ut.delih

4.2.3.2.9. Diagram odvisnosti

Na podlagi rezultatov preiskav vseh petih serij asfaltnih zmesi ob isti granulometrijski sestavi in z različnim deležem bitumna, pridobljenih po postopku opisanem v točki 4.2.3.2.1, sestavimo razpredelnico o odvisnosti glede na delež bitumna.

Razpredelnica 35: Prikaz lastnosti asfaltne zmesi pri različnih deležih bitumna v asfaltni zmesi BB 8k

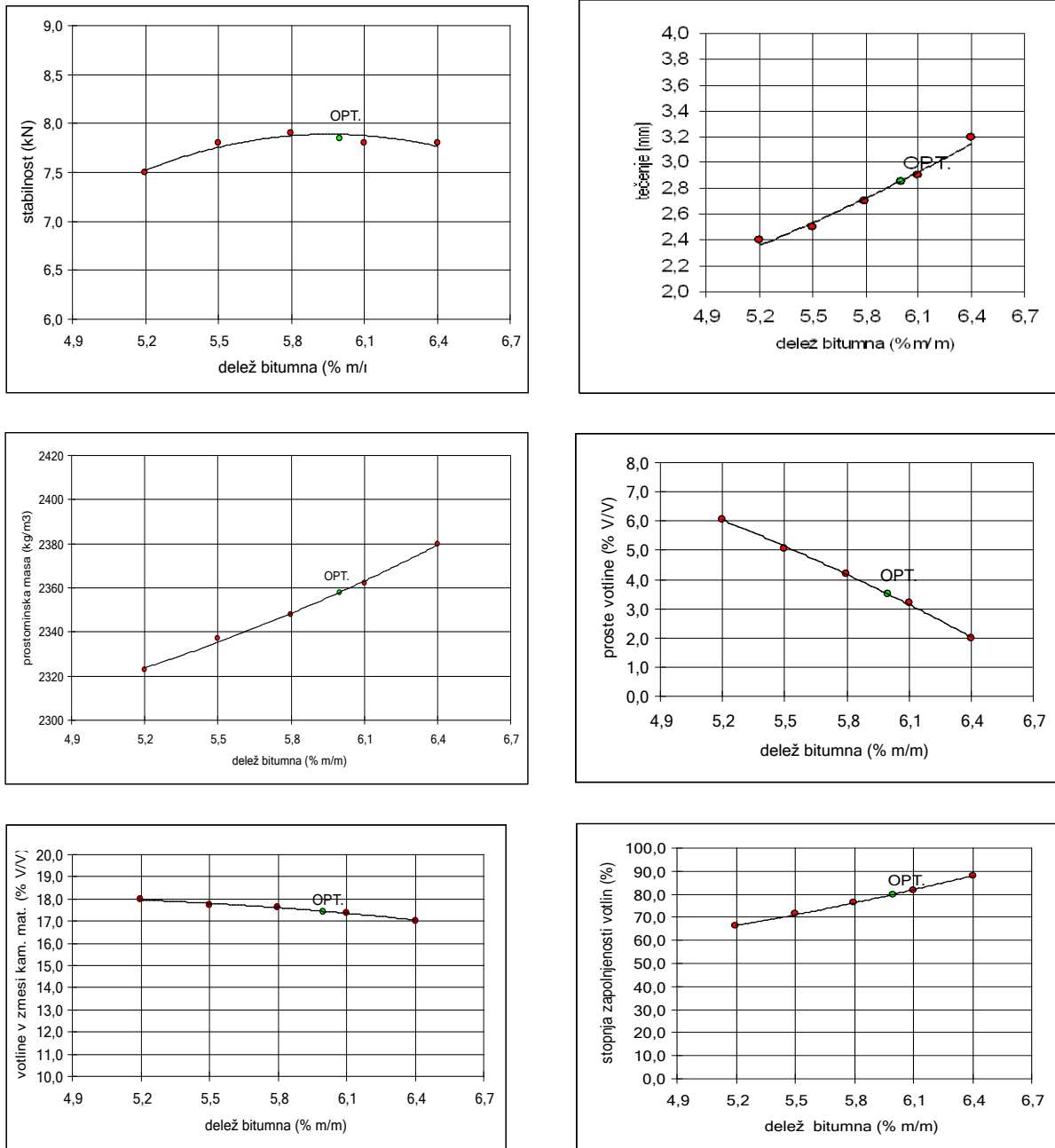
			I	II	III	IV	V	OPT. izrač.
Vsebnost veziva BIT 70/100	v 100 ut. delih asfaltne zmesi		5,2	5,5	5,8	6,1	6,4	6,0
Stabilnost	kN		7,5	7,8	7,9	7,8	7,9	7,9
Tečenje	mm		2,4	2,5	2,7	2,9	3,2	2,9
Togost	kN/mm		3,1	3,1	2,9	2,7	2,4	2,8
Prostorska masa	kg/m^3		2323	2337	2348	2362	2380	2358
Stopnja zaplnjenosti votlin	%	izrač.	66,3	71,4	76,2	81,7	88,2	80,0
Proste votline	%	izrač.	6,1	5,1	4,2	3,2	2,0	3,5
Votline v zmesi kam. mat.	%	izrač.	18,0	17,7	17,6	17,4	17,0	17,4
Gostota asfaltne zmesi	kg/m^3	izrač.	2473	2462	2451	2440	2429	2443
Gostota bitumna	kg/m^3		1014	1014	1014	1014	1014	1014
Gostota kam. materiala	kg/m^3		2685	2685	2685	2685	2685	2685

Iz dobljenih rezultatov preiskav izrišemo diagrame odvisnosti:

stabilnost - delež bitumna

- deformacija (tečenje)- delež bitumna
- prostorninska masa - delež bitumna
- delež prostih votlin - delež bitumna
- stopnja zaplnjenosti votlin - delež bitumna
- delež votlin v kamnitem materialu- delež bitumna

Na sliki 6 so izrisani diagrami odvisnosti za obravnavani primer asfaltne zmesi BB 8k z vrsono vrednostjo optimuma in enačbami krivulj posameznih parametrov. Določitev optimuma sledi v nadaljevanju.



Slika 6: Diagrami odvisnosti

4.2.3.2.10. Določitev optimuma

Na osnovi izvrednotenih značilnih lastnosti preskušene asfaltne zmesi z različnimi količinami bitumna je potrebno določiti optimalno sestavo asfaltne zmesi glede na njeno načrtovano uporabo. Optimalni delež bitumna v asfaltni zmesi določimo iz diagramov ob upoštevanju dovoljenih mejnih vrednosti. Kritičen je navadno delež votlin, prav tako sta kritični prostorninska masa in stabilnost.

$$\% BIT(opt.) = \frac{6,0 + 6,0 + 6,0}{3} = 6,0\% \quad (4.12)$$

Lastnosti asfaltne zmesi pri optimalnem deležu bitumna se določajo računsko. Enačbe linij (polinom) v diagramih odvisnosti posameznih lastnosti od deleža bitumna nam omogočajo natančnejšo določitev lastnosti asfaltne zmesi z optimalnim deležem bitumna.

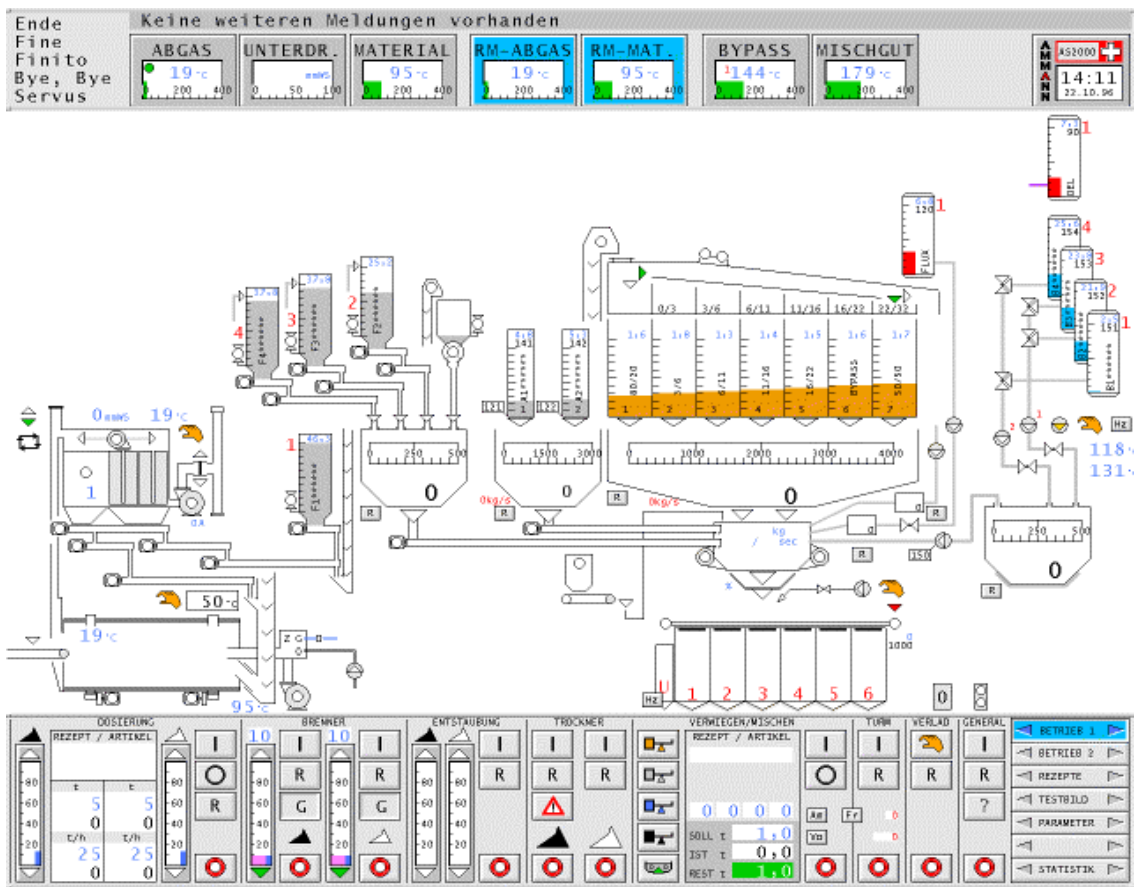
Primer izračuna stabilnosti pri optimalnem deležu bitumna za asfaltno zmes BB 8k:

$$S(opt.) = -0,6349 \times X^2 + 7,5651 \times X - 14,644 = -0,6349 \times 6^2 + 7,5651 \times 6 - 14,644 = 7,89$$

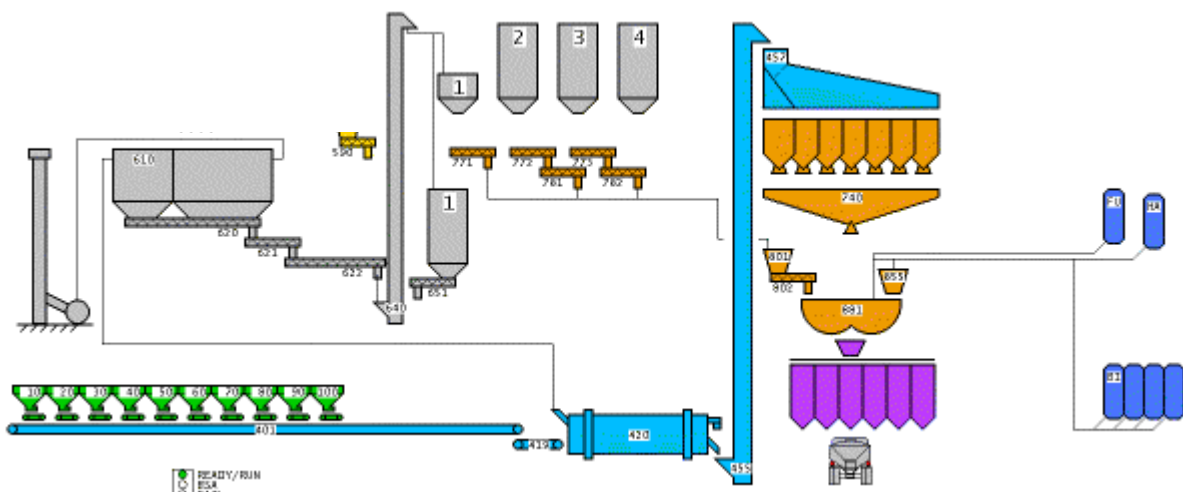
4.2.4. Prenos PSAZ v proizvodnjo

4.2.4.1. Proizvodni obrat

Celotni asfaltni obrat se upravlja centralno iz komandnega prostora preko komandnih pultov. Pri novejših obratih se celoten proces proizvodnje asfaltne zmesi vodi preko ekranske slike s kontaktnim svinčnikom ali računalniško miško. To nam omogoča celovito kontrolo celotnega proizvodnega procesa, razvidno je delovanje tudi najmanjših sklopov asfaltnega obrata, nepravilno delovanje ali okvare pa so takoj zaznane. Nastavitve predhodnih sestav asfaltnih zmesi – receptur je mogoče izvesti zelo enostavno, poleg podatkov o vrstah in količinah proizvedenih asfaltnih zmesi je omogočena spremljava podatkov o porabi posameznih vhodnih materialov (materialna bilanca).



Slika 7: Ekranska slika proizvodnega procesa



Slika 8: Proizvodni proces

Preddozatorje korigiramo tako, kot je predvideno v predhodni sestavi, in kamniti material potuje preko zbirnega traku v sušilni boben, kjer se osuši in segreje na primerno temperaturo cca.190 °C (odvisno od vrste bitumenskega veziva). Dimni plini iz bobna potujejo skozi hladilnik, kjer se ohladijo in izločijo grobi delci polnila, v tkaninski filter, kjer se izločijo še finejši delci polnila. Grobo lastno polnilo, ki se izloča v hladilniku s transportnim polžem, vračamo v vroč elevator, fino polnilo pa transportiramo v silos za lastno polnilo. Kamniti material se iz sušilnega bobna transportira na sita, kjer se separira po frakcijah in deponira v vročih silosih za kamniti material. Frakcije kamnitega materiala se zatehtajo na tehtnici pod vročimi silosi, prav tako se zatehta tudi polnilo in bitumensko vezivo vsak na svoji tehtnici. Tehtnice se praznijo v mešalnik, kjer se asfaltna zmes homogenizira. Vroča asfaltna zmes potuje iz mešalnika skozi izpust v transportni voziček ali pa direktno v silos za vročo asfaltno zmes, odkoder potuje preko izpusta na transportna vozila in preko njih do mesta vgrajevanja.

4.2.4.2. Nastavitveni parametri

Določevanje nastavitvenih parametrov se izvaja po naslednjem postopku:

1.) Glede na razmerje med granulometrijsko sestavo zmesi zrn kamnitega materiala v predhodni sestavi in optimalnim deležem bitumna določimo vsebnost posameznih komponent v 100 masnih delih asfaltne zmesi.

Razpredelnica 36: Izračun deleža posameznih frakcij kamnitega materiala v 100 delih asfaltne zmesi BB 8k

Sestava asfaltne zmesi					
polnilo	0/2	2/4	4/8	bitumen	
m.-%	m.-%	m.-%	m.-%	m.-%	m.-%
5	46	18	31	6,0	94,0
Izračun v 100-delih asfaltne zmesi					vsota
4,7	43,24	16,92	29,14	6,0	100

2.) Na podlagi znanih granulometrijskih sestav frakcij kamnitega materiala in masnih deležev posamezne frakcije določimo količine ostankov medfrakcij kamnitega materiala na posameznih sitih. To nam je vodilo za določevanje zateht posameznih frakcij iz vročih žepov.

Razpredelnica 37: Izračun porazdelitve posameznih frakcij kamnitega materiala v 100 delih asfaltne zmesi BB 8k

Zrnavost posameznih frakcij:

frakcija	odprtine sit (mm)									
	0,09	0,25	0,71	2,00	4,00	8,00	11,20	16,00	22,40	31,50
Moka	89,6	99,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
0/2 mm	10,8	19,8	43,0	94,1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2/4 mm	0,6	1,4	1,4	6,9	86,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
4/8 mm	0,2	0,2	0,2	0,2	6,7	98,4	100,0	100,0	100,0	100,0

Zrnavost zmesi kamnitega materiala:

frakcija	delež (m - %)	odprtine sit (mm)									
		0,09	0,25	0,71	2,00	4,00	8,00	11,20	16,00	22,40	31,50
Moka	4,7	4,5	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7	4,7
0/2 mm	43,2	5,0	8,6	18,6	40,7	43,2	43,2	43,2	43,2	43,2	43,2
2/4 mm	16,9	0,1	0,2	0,2	1,2	14,6	16,9	16,9	16,9	16,9	16,9
4/8 mm	29,1	0,1	0,1	0,1	0,1	2,0	28,7	29,1	29,1	29,1	29,1

3.) Razmerje nastavitve predozatorjev mora biti skladno z razmerjem frakcij kamnitih materialov, predvidenih v predhodni sestavi. Vsota ostankov frakcij kamnitih materialov na posameznih sitih nam določi količino zateht posameznih frakcij kamnitega materiala za sestavo asfaltne zmesi. Pri nastavitvi zateht upoštevamo cca. 35% odprašitev delcev manjših od 0,09 mm – lastno polnilo. Lastno polnilo vrnemo v asfaltno zmes v količini, predvideni v predhodni sestavi.

5. ASFALTNE ZMESI, KI SE UPORABLJAJO V MESTU LJUBLJANA

5.1. SPLOŠNO

Cestno omrežje v MOL - Mestni občini Ljubljana delimo na ceste višjih kategorij (lokalne glavne in lokalne zbirne ceste) in na ceste nižjih kategorij (lokalne krajevne ceste, lokalne ceste in javne poti). Uporaba posamezne vrste asfaltnih zmesi na posameznih cestah je odvisna od prometne obremenitve posamezne ceste. Najpogosteje uporabljene asfaltne zmesi na območju Mestne občine Ljubljana in ostalih sodobnih voziščih so bitumenski betoni, ki jih uporabljamo kot obrabnozaporene plasti in bitumizirani drobljenci, ki jih uporabljamo za nosilne plasti.

Na omočju Mestne občine Ljubljana cestno vzdrževalna dela opravljata dve podjetji, in sicer Cestno podjetje Ljubljana (CPL) in Komunalno podjetje Ljubljana (KPL). CPL opravlja vzdrževalna dela na lokalnih glavnih in regionalnih cestah v območju Ljubljane, medtem ko KPL opravlja vzdrževalna dela na vseh preostalih cestah znotraj cestnega omrežja Mestne občine Ljubljana.

V nadaljevanju se bom osredotočil na ceste, ki so znotraj cestnega omrežja Mestne občine Ljubljana, ena izmed njih pa je Jarška cesta, na kateri so bila izvedena vzdrževalna dela na krovnih plasteh v mesecu avgustu 2005, katerih postopek bom podrobneje predstavil v točki 5.3.1.

5.2. OPIS CEST NA OBMOČJU MESTNE OBČINE LJUBLJANA

V drugi polovici leta 2003 so na območju Mestne občine Ljubljana pričeli s popisovanjem stanja na cestah nižjih kategorij (lokalne krajevne ceste, lokalne ceste in javne poti) po mestnih četrtih. Analiza rezultatov popisovanja teh cest je pokazala, da imamo asfaltiranih cca. 81% vseh cest, ki sodijo v to kategorijo, od tega jih je cca. 34% v slabem stanju. Iz tega

lahko sklepamo, da je stanje na cestah nižjih kategorij v območju Mestne občine Ljubljana slabo.

Stanje lokalnih krajevnih cest in javnih poti po mestnih četrtih na območju Mestne občine Ljubljana je predstavljeno v prilogi 5.

5.3. POSTOPEK IZVEDBE DEL NA MESTNIH CESTAH

5.3.1. Redno vzdrževalna dela prometnih površin asfaltnih vozišč

Način izvedbe vzdrževalnih del na prometnih površinah asfaltnih vozišč je opisan v TSC 08.311/1 2005.

Postopek poteka rednih vzdrževalnih del na območju MOL, bom opisal na primeru obnove asfaltne plasti na Jarški cesti, ki jo uvrščamo med lokalne krajevne ceste. KPL, ki izvaja redno vzdrževalna dela na tem območju, je na podlagi naloga, ki ga je izdala MOL, izvedlo obnovo asfaltne plasti zaradi dotrajanosti asfaltne površine. Po prejemu naloga se s strani izvajalca del, v našem primeru KPL, izvede ogled gradbišča, na osnovi katerega se določi postopek sanacije.

Po ogledu gradbišča na Jarški cesti je bilo ugotovljeno naslednje:

- objekt bo potrebno sanirati na dveh delih, na enem delu bo potrebna obnova obeh voznih pasov v dolžini 100 m, na drugem delu pa je potrebna obnova enega pasu v dolžini 200 m
- širina ceste je 7,6 m
- potrebna bo postavitve delne zapore
- rezkanje asfaltne plasti se zaradi tankega sloja nosilne plasti izvede vse do tampona
- rezkanje se izvede z hladnim rezkarjem 100 C
- polaganje nosilne in obrabne plasti izvedemo z zgoščevalnikom (finišerjem) ABG 225 EPM
- debelina nosilne plasti bitodrobirja BD 22 mora biti 6 cm
- debelina obrabne plasti bitumenskega betona BB 8k mora biti 3 cm
- gradbišče je oddaljeno 5 km od mesta proizvodnje asfaltne zmesi (TAČ)
- trajanje prevoza s kamioni prekucniki znaša 10 - 15 min

- asfaltni zgoščevalnik mora potovati s hitrostjo 3,5 m/min
- število vozil mora biti prilagojeno pogojem enakomernega vgrajevanja
- asfaltno plast zgostimo s kombiniranim valjarjem ABG Puma 120 in tandem valjarjem Bomag BW 80 AD in Bomag BW 120 AD.

Predvideno količino in vrsto asfaltne zmesi, ki jo potrebujemo en dan, prej sporočimo v proizvodnjo asfaltnih zmesi, v našem primeru TAČ- Tovarna asfalta Črnuče, v kateri po projektirani predhodni sestavi (recepturi) pripravijo asfaltno zmes, ki jo potrebujemo. Za objekt na Jarški cesti je bila asfaltna zmes pripravljena na podlagi predhodne priprave asfaltne zmesi za BZNP 22 (glej prilogo 1). Za obrabno plast BB 8k pa je postopek, receptura po kateri je bila asfaltna zmes pripravljena, opisan v četrtem poglavju. Na mestu vgrajevanja je bil odvzet vzorec obrabne plasti BB 8k in vzorec nosilne plasti BZNP 22, na podlagi katerih bomo po točki 6.3 izdelali kontrolo kakovosti proizvedene asfaltne zmesi s predhodno sestavo.

5.3.2. Izvajanje prekopov na mestnih cestah

Pri izvedbi prekopov odkoplujemo voziščno konstrukcijo in material pod njo v obliki jarka do načrtovane globine temeljnih tal. Po končani obnovi ali sanaciji npr. komunalne infrastrukture jarek ponovno izapolnimo do planuma posteljice in zgradimo voziščno konstrukcijo.

Pri izvajanju prekopov na cestnem omrežju MOL-a mora investitor k vlogi za izvajanje prekopa, ki jo naslovi na MOL (oddelek za gospodarske javne službe) in na KPL dostaviti naslednje podatke:

- pravnomočno oziroma dokončno gradbeno dovoljenje, lokacijsko informacijo ali pravnomočno odločbo o dovolitvi priglašениh del
- soglasje MOL-a, oddelka za gospodarske javne službe in promet, ki ga je izdal h gradbenemu dovoljenju
- točen naziv in naslov izvajalca gradbenih del
- pooblastilo investitorja oziroma pogodbo, da izvajalec lahko zanj pridobiva dovoljenje za prekopavanje
- situacija obseg zapore zaradi prekopavanja

- čas izvajanja del (če je rok daljši od enega meseca, je potrebno priložiti terminski plan)
- ime in telefon odgovorne osebe in kontaktne osebe na gradbišču
- ime in telefon odgovorne osebe investitorja oziroma pooblaščenca investitorja
- izjava izvajalca o odvozu odpadnega gradbenega materiala za reciklažo in ponovno predelavo na deponijo kamnoloma Sostro-Sadinja vas, last KPL d.d., Ljubljana ali na Cestno podjetje Ljubljana d.d. - obrat predelave gradbenih odpadkov mestna deponija Barje
- naročilnica izvajalca oziroma investitorja za pridobitev dovoljenja
- naročilnica izvajalca oziroma investitorja za nadzor nad zaporo in izvajanjem del glede na izdano dovoljenje in tehnične pogoje
- naročilnica izvajalca oziroma investitorja za vzpostavitev prekopov v prvotno stanje
- v primeru popolne zapore mora izvajalec o nameravanih delih posredovati obvestilo na JP Snaga in posredovati kopijo dopisa
- podatke o tem, kdo je plačnik taks, ki jih zaračunava MOL
- davčna številka investitorja in izvajalca
- na KPL je potrebno naročiti predračun za ponovno vzpostavitev prekopanih površin asfaltiranje in ga potrjenega vrniti pred pripravo tehničnih pogojev in predloga, ki se ga potem posreduje na MOL v dokončno obravnavo za pridobitev dovoljenja.

Ko izda MOL dovoljenje z rokom za zaporo in prekop, izvajalec lahko prične z deli. Tehnični pogoji za sanacijo prekopov so podani v prilogi 2.

5.4. TEHNOLOŠKO EKONOMSKI ELABORAT

Izvajalec mora najmanj pred pričetkom vgrajevanja asfaltne zmesi predložiti nadzornemu organu v potrditev tehnološki elaborat za asfaltno zmes, ki se bo vgrajevala.

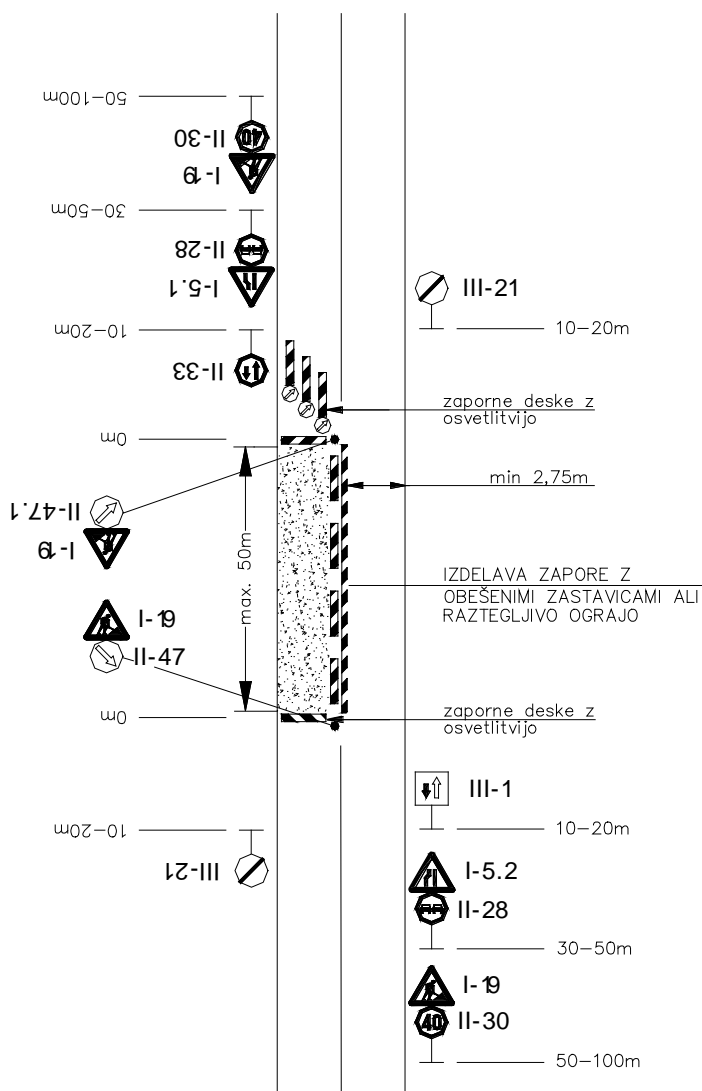
Tehnološki elaborat mora vsebovati:

- predhodno sestavo asfaltne zmesi za asfaltno zmes, ki jo bomo vgrajevali
- opis tehnoloških procesov in napredovanje del po fazah
- terminski plan
- program preizkušanj in dokazila za kakovost

- organizacije gradbišča in shemo prometne ureditve v času izvajanja del
- podatki o delovnem osebju in odgovornih delavcih na projektih
- ekonomski del

5.4.1. Organizacija gradbišča in shema prometne ureditve v času izvajanja del

Organizacija gradbišča in ureditev prometa morata zagotavljati nemoteno izvedbo del po terminskem planu in ustrezno odvijanje prometa. Vključevati mora tudi shemo delne ali popolne zapore za promet.



Slika 9: Shema delne zapore ceste

Pri projektiranju in izdajanju dovoljenj za zaporo cest se mora upoštevati tudi varnost delavcev in ne samo varnost in prepustnost prometa.

5.4.2. Podatki o delovnem osebju in odgovornih delavcih na projektu

Pred pričetkom del mora izvajalec predložiti natančen spisek odgovornih in strokovnih delavcev na gradbišču, da lahko nadzor preveri njihovo strokovno usposobljenost. Poleg tega mora izvajalec poskrbeti, da so na gradbeni tabli, ki se mora nahajati na vidnem mestu gradbišča, navedeni ime investitorja in vseh odgovornih in strokovnih delavcev, ki bodo sodelovali na gradbišču.

5.4.3. Materiali in dokazila za kakovost materialov

Izvajalec del mora predložiti vsa dokazila o kakovosti materialov, ki so bili vgrajeni v asfaltno zmes in voziščno konstrukcijo. V prilogi 3 so vsa dokazila o materialih, ki so bili vgrajeni v asfaltno nosilno in obrabno plast na Jarški cesti.

5.4.4. Tehnološki postopek izvedbe del in prikaz napredovanja del po fazah

Izvajalec mora predložiti podroben opis posamezne faze izvedbe del v odvisnosti od tehnološkega procesa. Tehnološki postopek izvedbe del razdelimo po fazah, ki si sledijo v naslednjem vrstnem redu:

- 1) *Priprava dela:* pod pripravo dela razumemo pisarniško in terensko delo pred pričetkom polaganja asfaltne zmesi (ogled gradbišča in prevzem podlage, zbiranje podatkov in izdelava skice, izdelava delovnega naloga in terminskega plana).
- 2) *Preddela:* pred pričetkom del izvedemo sledeča dela: podlago temeljito očistimo s krtačami, preverimo in po potrebi popravimo višino vseh pokrovov in vodovodnih kap, po potrebi izvedemo predhodno izravnavo podlage.
- 3) *Predhodni pobrizg:* izvedemo na staro očiščeno ali na sveže vgrajeno asfaltno plast pred vgraditvijo nove plasti, zaradi boljšega zleplenja. Pri tem moramo paziti, da ne nastane predebel film veziva.

- 4) *Transport asfaltnih zmesi:* pri transportu asfaltnih zmesi je pomembna enakomerna oskrba finišerja z asfaltno zmesjo, kar je predpogoj za ravnost in enakomernost vgrajene plasti. Da je temu tako, moramo biti pozorni na oddaljenost gradbišča od asfaltne baze, izbiro vozil glede na težo in velikost in preprečiti čakanje vozil. Vsa vozila morajo biti opremljena s ponjavami, ki preprečujejo ohlajanje zmesi med transportom in pred vgrajevanjem.
- 5) *Prevzem asfaltnih zmesi na gradbišču:* pri prevzemu asfaltne zmesi na gradbišče asfaltno zmes vizualno ocenimo in ji izmerimo temperaturo. Pri vizualnem ocenjevanju moramo biti pozorni, da je asfaltna zmes enakomerno črna obvita, da se iz nje rahlo kadi, in da ne segregira pri stresanju v finišer. Če je asfaltna zmes rjave barve in se iz nje kadi rumen dim, pomeni, da je asfaltna masa prežgana, in ni primerna za vgradnjo.
- 6) *Vgrajevanje asfaltnih zmesi:* ločimo ročno in strojno vgrajevanje. Ročno vgrajujemo majhne površine, kjer ni možno strojno vgrajevanje in na klinih ter priključkih. Strojno vgrajujemo pri večjih površinah. Pri strojnem vgrajevanju je potrebno zagotoviti enakomerno dostavo asfaltne zmesi in brezhibnost nastavitvev in delovanje finišerja.
- 7) *Zgoščevanje:* izvajamo z valjarji različnih velikosti in z vibracijskimi ploščami. Priprava in izvedba zgoščevanja z valjarji je odvisna od vrste asfaltne zmesi, krajevnih pogojev vgrajevanja in vremenskih pogojev glede na letni čas.

5.4.5. Terminski plan

Terminski plan se izdelava na podlagi izdelanih delavnih nalogov, v katerih so navedeni naslednji podatki:

- » a) Naslov investitorja oziroma naročnika
- b) Naslov gradbišč – kraj, ulica, predel mesta
- c) Ime izvajalca gradbenih del oziroma podjetja, ki pripravlja podlago
- d) Ime in priimek vodje gradbišča in delovodje ter nadzornega organa
- e) Telefononsko številko vodje gradbišča, delovodje in nadzornega organa
- f) Dogovorni rok za pričetek asfaltiranja in rok dokončanja prevzetega dela

- g) Posamezne kvadrature z različnimi debelinami asfaltnih zmesi, z izračunanimi normiranimi količinami asfaltne mase in števila delovnih dni
- h) Transportno razdaljo od asfaltne baze do mesta vgraditve
- i) Posebne pogoje, kot npr. pobrizganje, izravnava, krpanje, dogovorjena dodatna poraba asfaltne mase prek normiranih količin itd., odstotek ročnega dela, širina finišerja in smer prevoza strojev za asfaltiranje«⁶

V terminski plan je vnešen vrstni red asfaltiranja glede na pogodbene roke in prevzeta dela. V njem so navedene dejavnosti v hierarhični strukturi, ki nam omogoča pregled, kako so posamezne poddejavnosti združene v posamezne skupne dejavnosti. Dejavnosti so lahko med seboj povezane, s tem lahko vidimo, kako se spremembe v začetku, koncu ali trajanju dejavnosti odražajo na ostalih dejavnostih, ki so z njo povezane. Primer: neka dejavnost (vgrajevanje asfaltne zmesi) se ne more začeti, dokler se njena predhodna dejavnost (priprava in utrjevanje podlage) ni končala.

Terminski plan izdelamo s pomočjo enega od računalniških programov npr. Microsoft Project.

5.4.6. Ekonomski del

Količino izvršenih del se meri skladno s pogodbenimi določili, običajno jih obračunavamo v kvadratnih metrih. Obračun naredimo na podlagi izvršenih del po pogodbeni enotni ceni.

V ceni so upoštevane vse storitve, potrebne za izvedbo obrabne in nosilne plasti asfaltnih zmesi, to je zmesi kamnitih zrn in bitumenskega veziva, kot je opredeljeno v tehničnih specifikacijah. Izvajalec nima pravice naknadno zahtevati doplačila, če s pogodbo ni drugače opredeljeno.

Če izvajalec del ni zagotovil kakovosti v okviru zahtevanih vrednosti, in četudi so mu bili obračunani odbitki, ostanejo zanj vse garancijske obveznosti po pogodbi veljavne.

⁶ [4, str. 110, 111]

Odbitki se zaračunavajo, če kakovost osnovnih materialov in kakovost izvedbe del nista ustrezni. V primeru neustrezne kakovosti izvedbe del se določi odbitek bodisi na osnovi posamičnih ugotovljenih vrednosti. Merodajna je večja vrednost odbitka.

5.4.6.1. Odbitki zaradi neustrezne kakovosti osnovnih materialov

Odbitki se zaračunavajo, če naročnik ugotovi, da je izvajalec vgradil asfaltno zmes, v kateri osnovni material ne ustreza predpisanim zahtevam. V tem primeru o načinu obračuna izvršenega dela odloča nadzorni organ, ki lahko celotno izvršeno delo tudi zavrne.

5.4.6.2. Odbitki zaradi neustrezne kakovosti izvedenih del

»Če naročnik zaradi ugotovljene:

- neustrezne zapolnjenosti votlin v zmesi kamnitih zrn z vezivom
- neustrezne vsebnosti votlin v vgrajeni asfaltni zmesi
- premajhne zgoščenosti vgrajene asfaltne zmesi
- premajhne debeline zgrajene plasti ter
- neustrezne višine in ravnosti planuma zgrajene plasti«⁷

uveljavlja odbitke, ki jih je potrebno ovrednotiti za vsako od zgoraj naštetih pomanjkljivosti posebej s pomočjo različnih razpredelnic in enačb, ki so podane v TSC-jih.

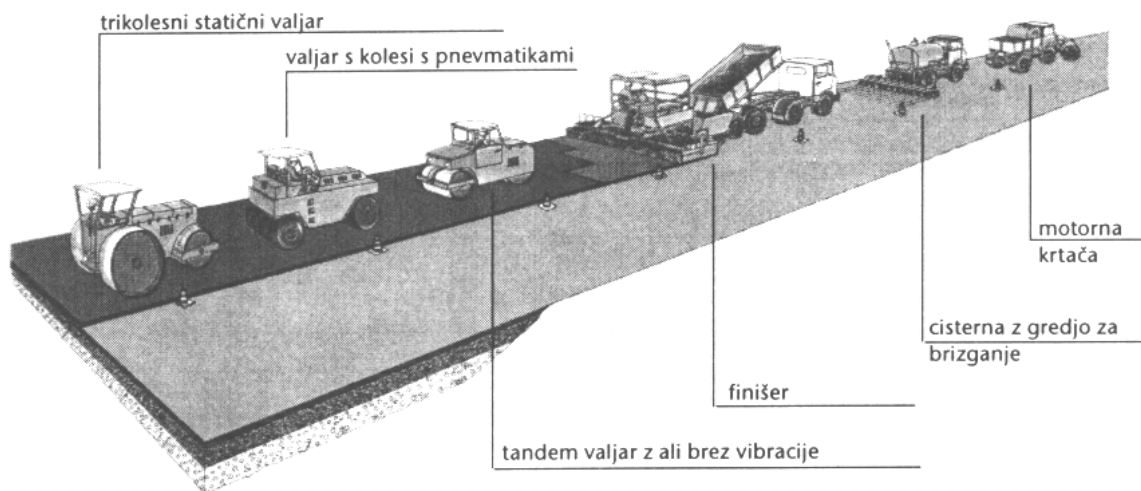
5.5. IZVEDBA ASFALTERSKIH DEL

Izvedba oziroma vgrajevanje asfaltnih zmesi obsega naslednje delovne postopke:

- dovoz asfaltnih zmesi,
- razgrinjanje in predzgoditev in
- zgoščevanje oziroma valjanje.

Oprema in postopki vgrajevanja so prikazani na spodnji sliki.

⁷ [6, str. 23]



Slika 10: Zaporedje osnovnih postopkov pri vgrajevanju asfaltnih zmesi

5.5.1. Dovoz asfaltnih zmesi

Za dovoz asfaltnih zmesi uporabljamo vozila, ki so opremljena za ustrezno razkladanje (prekucniki za zvrčanje nazaj), in pokrita s ponjavami, tako da je zagotovljena zaščita asfaltnih zmesi pred padavinami, ohlajenjem in prahom. V praksi pa se že uveljavljajo vozila s posebnimi izoliranimi kesoni, ki omogočajo razvoz asfaltnih zmesi na znatno večje razdalje, ne da bi obstajala nevarnost prekomerne ohladitve.

Pred natovarjanjem asfaltne zmesi na vozilo je treba notranje površine kesona pobrizgati s sredstvom za preprečitev zlepljenja, ki ne sme biti na bazi topil, v primeru zlepljenja pa povezano asfaltno zmes takoj odstraniti, da grude ne bi morebiti pozneje prišle v finišer.

Za kakovostno izvedbo asfaltnih del je potrebno zagotoviti primerno zmogljivost obrata za proizvodnjo asfaltnih zmesi, enakomerno dostavo in normalno delo razpoložljivih strojev za vgrajevanje. Pri dostavi asfaltnih zmesi na gradbišče moramo biti pozorni na razdaljo prevoza in prometne razmere na poti.

5.5.2. Razgrinjanje in predzgoditev

Podlaga, na katero nameravamo vgraditi asfaltno zmes, mora biti čista in pobrizgana z ustreznim lepilnim sredstvom za oprijem (npr. bituminozno emulzijo), ki mora biti posušena oziroma vezana. Poleg tega mora biti podlaga ravna in primerno nosilna, v nobenem primeru pa ne mokra ali zmrznjena.

Za kakovostno delo mora biti dostava asfaltno zmesi na gradbišče enakomerna. Pri dostavi asfaltno zmesi na gradbišče je potrebno preveriti temperaturo in izgled asfaltno zmesi na vozilu.

Asfaltno zmes razgrinjamo strojno z ustreznim finišejem, ki zagotavlja enakomerno predzgoditev. V primeru, da uporaba finišeja zaradi omejenega prostora ni mogoča, pa vgrajujemo ročno.

Naloge, ki jih opravi finišeer, so naslednje:

- enakomerno razgrne asfaltno zmes,
- izvrši določeno predzgoditev razprostrte asfaltno zmesi, kar izvede s pomočjo nabijalne gredi, ki so vgrajene neposredno pred gredjo za izravnavo oziroma pred vibracijsko ploščo,
- ustvari ravno površino asfaltno plasti z v naprej določeno debelino,
- do določene mere izravna neravnine podlage, kar se pri valjanju praviloma ne dogaja.

Pri vgrajevanju asfaltno plasti z finišejem je potrebno upoštevati naslednja navodila:

- če je možno, asfaltno zmes vgradimo v vsej širini naenkrat, v nasprotnem primeru uporabimo dva finišeja, ki se premikata v medsebojnem zamiku, tako da je zagotovljen stik "vroče na vroče", na stiku ne sme biti opazna razlika na asfaltno plasti,
- vsako prekinitev dela je potrebno izvesti v celotni širini posameznega prometnega pasu, ravno in navpično, pravokotno ali poševno na os ceste,

- ko vgrajujemo asfaltno zmes v večih plasteh, morajo biti stiki na plasteh med seboj zaklinjeni, in sicer vzdolžni stik najmanj 10 do 15 cm in prečni (delovni) stik najmanj 50 cm,
- pred nadaljevanjem vgrajevanja je potrebno narediti naslednje: oblikovati rob na obstoječi vgrajeni plasti, na območju stika očistiti površino asfalta in jo premazati z ustreznim bituminoznim vezivom, na območju stika segreti z grelnikom s posebnim segrevanjem.

5.5.3. Zgoščevanje oziroma valjanje

Z valjanjem moramo zagotoviti, da pride do zahtevane stopnje zgostitve asfaltno zmesi (najmanj 98%), kar zagotovimo z ustrežno izbiro valjarjev.

Ustrezna izbira valjarja je odvisna od pogojev vgrajevanja in predvsem od:

- vrste in temperature asfaltno zmesi,
- planirane kapacitete vgrajevanja po površini (m^2),
- debeline vgrajene plasti,
- vrste in teže razpoložljivih valjarjev in
- vremenskih razmer, temperature zraka in podlage.

»Osnovna razvrstitev valjarjev:

- takoj za finšerjem mora biti uporabljen – debelini plasti prilagojen – čim težji valjar, vendar brez vibracije; s temi prvimi prehodi izvrši dodatno predzgostitev, ki je pomembna predvsem pri debelejših plasteh asfaltnih zmesi
- za osnovno zgostitev debelejših plasti (nad 8 cm) so potrebni valjarji s kolesi z gladkimi pnevmatikami (brez profila), ki z gnetenjem vroče asfaltno zmesi ustvarjajo na vsej površini oziroma plasti enakomeren nosilen skelet; posamično obešena kolesa učinkujejo na asfaltno zmes s podobnimi navpičnimi kot tudi poševnimi silami, ki jih s spreminjanjem notranjega pritiska v pnevmatikah sproti prilagajamo že doseženi zgostitvi vgrajene asfaltno zmesi; s težkimi vibracijskimi valjarji je v tako zgoščenih asfaltnih zmesih mogoče dodatno zagotoviti še boljše zaklinjenost zrn skeleta

- za osnovno zgostitev tanjših plasti (do 8 cm) uporabimo predvsem težke dvokolesne statične valjarje (nad 7 t) ali pa lažje vibracijske valjarje (do 6 t)
- za zaključno izravnavo površine vgrajene plasti so potrebni dvokolesni ali trikolesni statični valjarji; za zatesnitev površine obrabne plasti pa je treba uporabiti valjar s kolesi s pnevmatikami.

Predvsem za manjša gradbišča so primerni kombinirani valjarji z gladkim jeklenim valjem (z ali brez vibracije) na eni osi in s kolesi s pnevmatikami na drugi.«⁸

»Osnovna pravila valjanja, ki so se izoblikovala in uveljavila v cestogradbeni praksi so:

- razgrnjeno in bolj ali manj predzgoščeno plast asfaltne zmesi pričnemo valjati na nižjem robu vozišča; prvi tako zgoščeni trak zagotavlja optimalno oporo pri naslednjih prehodih valjarja
- že pri prvem prehodu se mora valjar čimbolj približati finišeju
- pogonsko kolo valjarja mora biti pri vožnji proti finišeju spredaj, razen pri zgoščevanju na vzponu, kjer mora biti spodaj; potiskanje pogonskega kolesa naprej bi povzročilo narivanje vroče asfaltne zmesi
- valjar se mora vedno vračati (od finišeja) po predhodno že zgoščeni plasti
- posamezni prehodi valjarjev proti sredini oziroma zgornjemu robu vozišča se morajo vedno delno prekrivati
- valjar se mora predhodno prestaviti za zgoščevanje naslednjega traku na predhodno že zgoščeni površini, ki je že v večji meri tudi ohlajena
- sunkovito valjanje povzroča neravnine, enako tudi preostro zavijanje ali zaustavljanje; pri vibracijskih valjarjih je treba pred zaustavljanjem izklopiti vibracijo, sicer nastajajo na plasti prečni žlebovi
- v nobenem primeru ne smejo valjarji stati na še vroči ali topli nezgoščeni asfaltni zmesi, ker sicer pustijo na plasti vtise
- kolesa valjarjev je sicer treba močiti, vendar enakomerno in čim manj, kajti voda zelo pospeši ohlajanje asfaltne zmesi

⁸ [2, str. 135]

- valjarje s kolesi s pnevmatikami je mogoče porabiti šele, ko so pnevmatike dovolj segrete, ker jih praviloma uporabljamo s suhimi pnevmatikami.«⁹

Pri valjanju se pogosto na plasti še vroče asfaltne zmesi pojavijo prečne in vzdolžne razpoke. Prečne razpoke so lasate plasti, pod kotom 30° do 45° proti površini in segajo 1 do 2 cm globoko. Vzdolžne razpoke nastanejo v končni obliki že pri prvem prehodu valjarja.

Vzroki nastanka razpok so različni:

- zaradi prekomerne ali premajhne vsebnosti veziva ima asfaltna zmes premajhno strižno trdnost
- previsoka temperatura asfaltne zmesi
- prevelik naležni pritisk koles valjarja
- prevelika debelina asfaltne zmesi
- neenakomerno segreta asfaltna zmes v plasti: v sredini še vroča, spodaj in zgoraj pa že ohlajena.

⁹ [2, str. 135]

6. KONTROLA KAKOVOSTI

6.1. PREDHODNA SESTAVA, DOKAZANA PROIZVODNJA IN VGRAJEVANJE

S predhodno sestavo asfaltne zmesi (postopek opisan v točki 4) mora biti dokazano, da je z uporabo preskušene asfaltne zmesi mogoče zagotoviti pogojene mehanske in prostorske lastnosti za dani namen uporabe. V ta namen mora proizvajalec asfaltne zmesi dokazati svojo usposobljenost za izvedljivost predhodne sestave tudi v praksi. Pooblaščen inštitucija mora ugotoviti ustreznost deponij in mehanoopremljenost asfaltne obrata za proizvodnjo bitumeniziranih zmesi v smislu zahtev po tehničnih pogojih. Kakovost proizvedene asfaltne zmesi se ugotovi z dvema vzorcema, odvzetima na mestu vgrajevanja asfaltne plasti. Pri dokazni proizvodnji mora biti proizvedeno najmanj 50 ton asfaltne zmesi oziroma mora proizvodnja teči najmanj pol ure.

Kot dokazno je mogoče obravnavati proizvodnjo:

- če je sestava zmesi kamnitih zrn znotraj območja dovoljenih tolerančnih mej po tehničnih pogojih,
- če je količina bitumna v območju $\pm 0,5\%$ asfaltne zmesi glede na predhodno sestavo asfaltne zmesi.

Dokazano vgrajevanje mora izvajalec izvršiti praviloma na delu gradbišča, kjer je po načrtu predvideno vgrajevanje tovrstne asfaltne zmesi. V primeru, da to ni mogoče, mora biti poskusno polje izvedeno z isto vgrajevalno mehanizacijo na drugem gradbišču.

Nadzorni organ odobri izvajalcu redno proizvodnjo in delovno sestavo na podlagi rezultatov poročila o dokazni proizvodnji in vgrajevanju. Dokazila o dokazani proizvodnji so predstavljena v točki 6.3, in sicer na primeru asfaltnih zmesi, ki so bile vgrajene na Jarški cesti, kjer smo vgrajevali asfaltno zmes bitumenskih betonov BB 8k, kot obrabno plast in bitumiziran drobljenec BZNP 22 za nosilno plast.

6.2. PREVERJANJE KAKOVOSTI IZVEDENIH DEL

Kakovost izvedenih del praviloma preverjamo z :

- notranjimi kontrolnimi preiskusi in
- zunanji kontrolnimi preiskusi.

Preiskuje se vzorce, ki so bili pridobljeni v času vgrajevanja asfaltne zmesi. Mesto za odvzem vzorcev asfaltne zmesi in mesto za meritev kakovosti vgrajene plasti določi nadzorni organ po statističnem naključnem izboru.

6.2.1. Program pogostosti notranje kontrole kakovosti

Pri notranji kontroli kakovosti se izvajajo t.i. tekoče preiskave, ki potekajo med izvajanjem del v za to usposobljenih laboratorijih izvajalca.

Obseg notranje kontrole pri vgrajevanju asfaltne zmesi mora biti določen s programom, ki je vključen v pogodbeno določila, dokončno pa ga potrdi nadzorni organ. Pri izdelavi programa preskusov je potrebno upoštevati minimalno pogostost notranjih preskusov, ki morajo biti skladni z zahtevami po pogostosti.

Rezultate notranjih kontrol preiskovanj mora izvajalec redno sporočati nadzornemu organu, ki ob morebitnih odstopanjih od zahtevane kakovosti ustrezno ukrepa.

V obsegu notranjih kontrolnih preskusov uvajamo:

1) Preiskave vhodnih materialov, pri katerih morajo biti izvršeni naslednji notranji kontrolni preskusi:

a) Zmes kamnitih zrn: - kamena moka od istega proizvajalca,

- pesek od istega proizvajalca in

- drobir, prod vsako frakcijo najmanj enkrat tedensko.

b) Bitumensko vezivo se preiskuje najmanj enkrat dnevno za vsako vrsto (od istega proizvajalca).

2) Notranja kontrola pri preskusu proizvedene asfaltne zmesi obsega:

- a) Preveriti temperaturo proizvedene asfaltne zmesi trikrat dnevno.
- b) Preveriti sestavo in mehanske ter prostorske lastnosti proizvedene istovrstne asfaltne zmesi najmanj enkrat tedensko.

Vzorci proizvedene asfaltne zmesi odzvamemo na obratu za proizvodnjo in na mestu vgrajevanja.

3) Notranja kontrola pri preiskusu vgrajene asfaltne plasti obsega:

- a) Na jedrih (debelina plasti, zlepljenost plasti).
 - b) Na jedrih z izotopskim merilnikom (gostota plasti, zgoščenost plasti, vsebnost votlin v plasti).
 - c) Na plasti merimo gostoto z izotopskim merilnikom in ravnost planuma s 4 metrsko letvijo.
- Asfaltna jedra odzvamemo na mestu odvzema vzorcev vroče proizvedene asfaltne zmesi.

Vse ostale značilnosti preiskav so določene s tehnično specifikacijo in jih je potrebno dosledno upoštevati. Morebitne spremembe v zvezi s tem moramo urediti v soglasju s pristojno institucijo.

6.2.2. Zunanja kontrola

Pri zunanji kontroli se izvajajo t.i. kontrolne preiskave, ki jih mora izvajati pooblaščen organ. Z zunanjo kontrolo se izvaja nadzor nad izvajanjem notranje kontrole in se ugotavlja skladnost proizvedene in vgrajene asfaltne zmesi, glede na zahteve iz tehničnih specifikacij in glede na pogodbeno določila.

Enako kot pri notranji kontroli se tudi pri zunanji kontroli izvajajo preiskave vhodnih materialov in preskusi proizvedene ter vgrajene asfaltne zmesi, vendar v manjšem obsegu kot pri notranji kontroli (običajno v razmerju 1:4). Ravno tako pa je potrebno upoštevati zahteve, ki so podane v tehničnih specifikacijah.

6.3. ANALIZA PRISKUSNIH VZORCEV ASFALTNIH ZMESI

Dokazana proizvodnja afaltnih zmesi se dokaže na podlagi analize odvzetih vzorcev asfaltnih zmesi v času vgrajevanja, ki jih primerjamo s predhodno sestavo (recepturo). Analiza odvzetih vzorcev asfaltnih zmesi se izvaja po enakem postopku kot pri predhodni sestavi asfaltnih zmesi (glej poglavje 4).

Rezultate, pridobljene pri analizi odvzetih asfaltnih vzorcev v času vgrajevanja na Jarški cesti, primerjamo z rezultati pridobljenimi pri predhodni sestavi. Predhodna sestava za vgrajeno obrabno plast BB 8k, ki je bila vgrajena na Jarški cesti, je predstavljena v poglavju 4, za nosilno plast BZNP 22 pa v prilogi 1.

Rezultati analize odvzetih preskusnih vzorcev in predhodne sestave asfaltnih zmesi (recepture) za Jarško cesto so za obrabno zaporno plast bitumenskega betona BB 8k in za nosilno plast bitumenskega drobljenca BNZP 22 predstavljeni prilogi 4.

7. SKLEP

Z natančnim spremljanjem obnašanja asfaltnih slojev, projektiranih, proizvedenih in vgrajenih po opisanem standardnem postopku, so ugotovili, da je mnogo asfaltnih slojev v voziških konstrukcijah pri različnih eksploatacijskih pogojih utrpelo bolj ali manj vidne poškodbe v obliki deformacij, ki se v glavnem odražajo kot pojav kolesnic, valov in razpok. Navedene poškodbe so pogojene z eksploatacijskimi pogoji, vzroke zanje pa je treba iskati tudi v sestavi asfaltnega sloja. Glede na pogostost navedenih poškodb je očitno, da ima standardni postopek projektiranja asfaltnih zmesi določene pomankljivosti, to je seveda razlog za razvoj novih metod za projektiranje tehnično optimalne sestave asfaltne zmesi z osnovno nalogo odpravljanja pomanjkljivosti standardnih metod projektiranja.

Osnovni namen kontrolnih preiskav in spremljanja kakovosti je preverjati kakovost proizvodnje in vgrajevanja asfaltnih zmesi. Kontrola kakovosti proizvedene asfaltne zmesi s predhodno sestavo za asfaltni zmesi BB 8k in BNZP 22, ki sta bili vgrajeni na Jarški cesti v Ljubljani, je pokazala naslednje ugotovitve:

- potek zrnivosti je v predpisanem mejnem področju,
- delež bitumna je skladen s predhodno sestavo in
- lastnosti asfaltne zmesi po Marshall-u so tehnično ustrezne.

Na osnovi rezultatov preiskav vzorcev proizvedene asfaltne zmesi s predhodno sestavo (priloga 4), ugotavljamo, da je kakovost vgrajenih asfaltnih zmesi za ceste z lahko prometno obremenitvijo ustrezna.

Notranje kontrole kakovosti vgrajene asfaltne plasti KPL d.d. ne izvaja, zato tudi v našem primeru ni bila izvedena.

Iz rezultatov analize popisovanja stanja cest na cestah nižje kategorije na območju Mestne občine Ljubljana, ki so predstavljeni v poglavju 5.2, je razvidno, da so te v slabem stanju. Na podlagi tega bo potrebno v prihodnosti drugače definirati nadzor nad vgrajevanjem, vzdrževanjem in izvedbo obnove cest na območju Mestne občine Ljubljana, da bodo ceste služile svojemu namenu ter uporabnikom omogočale varno in udobno vožnjo. To je možno doseči na način, da se bo pri vgrajevanju asfaltnih plasti v prihodnje poleg kontrole kakovosti proizvedene asfaltne zmesi s predhodno sestavo izvajala še kontrola kakovosti vgrajevanja na

vseh mestnih cestah. Tako bomo tudi lažje ugotovili vzroke poškodb, ki se pojavljajo na mestnih cestah v Mestni občini Ljubljana.

VIRI IN LITERATURA

1. Žmavc J. 1994. Terminološki slovar za cestogradnjo, Ljubljana, Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije: 149 f.
2. Žmavc J. 1997. Voziščne konstrukcije, Ljubljana: DRC - Družba za raziskave v cestni in prometni stroki Slovenije, FGG: 360 f.
3. Zupan J. 1997. Asfalt 2: Drobir z bitumenskim mastiskom - DBM, Ljubljana, Združenje asfalterjev Slovenije
4. Starc E. 1972. Priročnik za asfaltna dela, Ljubljana, ZAS - Združenje asfalterjev Slovenije: 192 f.
5. TSC 06.411: 2003 Vezane asfaltne obrabne in zaporne plasti bitumenski betoni, Ljubljana, Ministrstvo za promet
6. TSC 06.310: 2001 Vezane zgornje nosilne in nosilnoobrabne plasti z bitumenskimi vezivi, Ljubljana, Ministrstvo za promet
7. Zupan J. 1996. Asfalt 1: Priročnik za asfalterje, Ljubljana, ZAS - Združenje asfalterjev Slovenije

PRILOGE