

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,  
Smer operativno gradbeništvo

Kandidat:

**Aleš Tominc**

## **Asfalti v cestogradnji**

**Diplomska naloga št.: 260**

**Mentor:**  
prof. dr. Janez Žmavc

Ljubljana, 19. 12. 2006

## **IZJAVA O AVTORSTVU**

Spodaj podpisani Aleš Tominc, izjavljam, da sem avtor diplomskega dela z naslovom »Asfalti v cestogradnji«.

Izjavljam, da prenašam vse materialne avtorske pravice v zvezi z diplomsko nalogo na UL, Fakulteto za gradbeništvo in geodezijo.

Ljubljana, december 2006

Aleš Tominc

## **BIBLIOGRAFSKO – DOKUMENTACIJSKA STRAN IN IZVLEČEK**

**UDK: 625.85:691.16(093.2)**

**Avtor: Aleš Tominc**

**Mentor: prof. dr. Janez Žmavc (mentor)**

**Naslov: Asfalti v cestogradnji**

**Obseg in oprema: 82 str., 26 pregl., 49 sl., 1 digram**

**Ključne besede: kamniti material, bitumen, polnilo, dodatki, asfaltna zmes**

### **Izvleček**

V diplomski nalogi sem predstavil razvoj in vrste asfaltnih zmesi, ki se danes uporabljajo v cestogradnji. Različni pogoji na cestah zahtevajo različno sestavo asfaltne zmesi, zato je potrebno natančno preučiti pogoje na določenem odseku in tam vgraditi pravo asfaltno zmes. Opisano je postopek izdelave predhodne sestave asfaltne zmesi (PSAZ), ki je bistvenega pomena v praksi, saj le s pravilno sestavo asfaltne zmesi pridobimo ustrezne dokumente s katerimi dokazujemo kakovost proizvedene asfaltne zmesi. Prikazana sta tudi postopka proizvodnje in vgrajevanja, vključno s prevozom asfaltne zmesi, ki zahtevata usklajeno oz. povezano skupino ljudi. Le tako delo poteka neprekinjeno, kar je zelo pomembno za kakovost, hitro in nenazadnje tudi ekonomično, kar je pogoj za uspešno podjetje.

Bistvo naloge je prikazati povezanost med tehničnimi predpisi in prakso, katera zahteva usposobljen in vesten kader z veliko pozitivne energije. To je zagotovilo za kakovosten izdelek, ki ga vsak od nas dnevno uporablja na cestah.

## **BIBLIOGRAPHIC – DOCUMENTALISTIC INFORMATION**

**UDC: 625.85:691.16(093.2)**

**Author: Aleš Tominc**

**Supervisor: prof. dr. Janez Žmavc (supervisor)**

**Title: Asphalts in road building**

**Contents: 82 pages, 26 tables, 49 figures, 1 diagram**

**Key words: stone material, bitumen, filler, additives, asphalt mixture**

### **Abstract**

This degree dissertation presents the development and types of asphalt mixtures, which are used in road construction today. Different road conditions require different asphalt mixtures, therefore conditions in each section of the road have to be studied carefully and a proper asphalt mixture should be applied to each section of the road. The process of mixing the initial asphalt mixture is described, which is of vital importance in practice, because only the proper composition of asphalt mixture provides for documents proving the quality of the produced asphalt mixture. It also presents the production and application process, including the transport of the asphalt mixture, which requires a cooperative group of people. This is the only way for work to be carried out without interruption, which is essential for quality. It is also quick and economical – this is what makes a company successful.

The main aim of this degree dissertation is to demonstrate the connection between technical instructions and practice, which requires qualified and hard-working workers filled with positive energy. This assures a quality product used by each of us every day.

## **ZAHVALA**

Za pomoč pri izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju prof. dr. Janezu Žmavcu in vsem zaposlenim na AB Senožeče, kjer sem dobil veliko uporabne literature. Zahvala gre tudi podjetju CPK, d.d., iz Kopra, katero me je v letu izdelave diplomske naloge finančno podpiralo.

Nazadnje bi se zahvalil tudi družini, ki me je podpirala in puncu Urški, ki mi je stala ob strani in me vzpodbujala v ključnih trenutkih študija.

Hvala.

## KAZALO VSEBINE

<b>1 UVOD.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Splošno o asfaltu.....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Splošno o bitumnu.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Uporaba asfalta skozi zgodovino.....</b>	<b>2</b>
<b>2 OSNOVNI MATERIALI.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Kameni agregat.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Vezivo.....</b>	<b>11</b>
2.2.1 Vrste bitumna glede na način destilacije.....	12
2.2.2 Viskoznost in reološke lastnosti bitumna.....	14
2.3 Polnilo (kamena moka).....	15
2.4 Dodatki.....	16
2.4.1 Dodatki za boljšo oprijemljivost.....	17
2.4.2 Dodatki za stabilizacijo veziva.....	18
2.4.3 Barve.....	19
<b>3 VRSTE ASFALTNIH ZMESI.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Vrste asfaltnih zmesi za vezane nosilne in nosilno - obrabne plasti.....</b>	<b>21</b>
3.1.1 Vezane spodnje nosilne plasti.....	21
3.1.2 Vezane zgornje nosilne in nosilno – obrabne plasti.....	22
<b>3.2 Vrste asfaltnih zmesi za vezane obrabne in zaporne plasti.....</b>	<b>25</b>
3.2.1 Bitumenski betoni (BB).....	26
3.2.2 Drobir z bitumenskim mastiksom (DBM).....	28
3.2.2.1 Hrup.....	30
3.2.2.2 Načrtovanje sestave DBM.....	30
3.2.3 Diskontinuirani bitumenski beton (DBB).....	31
3.2.4 Drenažni asfalti (DA).....	33

---

3.2.5 Asfaltne zmesi za tankoplastne prevleke in bitumenski mulj .....	35
3.2.5.1 Tankoplastne prevleke (TP) .....	35
3.2.5.2 Bitumenski mulj .....	38
3.2.6 Liti asfalt (LA).....	38
3.2.7 Površinske prevleke.....	42
<b>4 PRIPRAVA USTREZNIH RECEPTUR (PSAZ) .....</b>	<b>45</b>
<b>4.1 Načrtovanje predhodne sestave asfaltne zmesi.....</b>	<b>46</b>
4.1.1 Izhodiščni podatki (informacije) .....	46
4.1.2 Smernice .....	47
<b>4.2 Določitev optimalnega deleža zmesi kamnitih zrn v asfaltni zmesi .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3 Določitev optimalnega deleža bitumna v asfaltni zmesi.....</b>	<b>49</b>
<b>Teorija votlin.....</b>	<b>50</b>
4.3.1 Odpornost proti preoblikovanju .....	50
4.3.2 Raztezanje pri močnem segrevanju .....	50
4.3.3 Dodatna zgostitev pod obremenitvijo prometa.....	50
4.3.4 Nihanja pri doziranju veziva .....	51
<b>4.4 Potek priprave in izdelave PSAZ v laboratoriju .....</b>	<b>51</b>
4.4.1 Priprava sestavin in celotne asfaltne zmesi .....	51
4.4.2 Priprava preizkušancev .....	53
4.4.3 Preiskave asfaltne zmesi in preizkušancev.....	54
4.4.4 Obdelava podatkov .....	54
<b>4.5 Dodatne preiskave .....</b>	<b>55</b>
<b>4.6 Poročilo o PSAZ in potrditev.....</b>	<b>55</b>
<b>4.7 Izvedba preskusnega polja.....</b>	<b>55</b>
<b>5 PROIZVODNJA ASFALTNIH ZMESI PO VROČEM POSTOPKU NA AB.....</b>	<b>58</b>
<b>5.1 Deponiranje kamnitih materialov.....</b>	<b>59</b>
<b>5.2 Komandna kabina .....</b>	<b>60</b>
<b>5.3 Oprema za predhodno odmerjanje posameznih frakcij kamnitih zrn.....</b>	<b>60</b>

<b>5.4 Sušilni boben .....</b>	<b>61</b>
<b>5.5 Oprema za ločevanje delcev prahu od odsesanih dimnih plinov .....</b>	<b>62</b>
<b>5.6 Elevator .....</b>	<b>63</b>
<b>5.7 Stolp za proizvodnjo asfaltnih zmesi .....</b>	<b>64</b>
<b>5.8 Silosi za dodatno in lastno polnilo .....</b>	<b>65</b>
<b>5.9 Cisterne za bitumensko vezivo .....</b>	<b>66</b>
<b>5.10 Silosi za dodatke .....</b>	<b>67</b>
<b>5.11 Silosi za proizvedeno asfaltno zmes .....</b>	<b>68</b>
<b>6 PREVOZ IN VGRAJEVANJE ASFALTNIH ZMESI .....</b>	<b>69</b>
<b>6.1 Prevoz asfaltnih zmesi .....</b>	<b>69</b>
<b>6.2 Vgrajevanje asfaltne zmesi .....</b>	<b>70</b>
6.2.1 Razgrinjanje in predzgoditev .....	70
6.2.2 Zgoščevanje .....	75
6.2.2.1 Pravila zgoščevanja z valjarji .....	76
<b>6.3 Osnovno o stikih .....</b>	<b>77</b>
6.3.1 Vzдолžni stik .....	77
6.3.2 Prečni stik .....	79
<b>6.4 Vloga laboranta pri vgrajevanju .....</b>	<b>80</b>
<b>7 ZAKLJUČEK .....</b>	<b>82</b>
<b>VIRI .....</b>	<b>83</b>
<b>PRILOGE .....</b>	<b>84</b>



---

## KAZALO PREGLEDNIC

<b>Preglednica 1:</b> Razlike v standardih za bitumne (primerjava za BIT 60 in BIT 90). .....	12
<b>Preglednica 2:</b> Področje uporabe asfaltnih zmesi za vezane spodnje nosilne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve. ....	21
<b>Preglednica 3:</b> Mejne projektne debeline plasti posameznih zrnivosti asfaltnih zmesi za BSNP. ....	21
<b>Preglednica 4:</b> Področje uporabe asfaltnih zmesi za vezane zgornje nosilne in nosilno- obrabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve. ....	22
<b>Preglednica 5:</b> Mejne projektne debeline plasti posameznih zrnivosti asfaltnih zmesi za BZNP in BNOP za novogradnje. ....	24
<b>Preglednica 6:</b> Mejne projektne debeline plasti posameznih zrnivosti asfaltnih zmesi za BZNP in BNOP za dela na obstoječih cestah. ....	24
<b>Preglednica 7:</b> Področje uporabe asfaltnih zmesi bitumenskih betonov za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve. ....	27
<b>Preglednica 8:</b> Področje uporabe asfaltnih zmesi bitumenskih betonov za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od gostote prometa. ....	27
<b>Preglednica 9:</b> Mejne projektne debeline plasti asfaltnih zmesi za novogradnje in za dela na obstoječih cestah. ....	28
<b>Preglednica 10:</b> Uporaba vrste asfaltne zmesi DBM v odvisnosti od prometne obremenitve. ....	30
<b>Preglednica 11:</b> Mejne projektne debeline plasti asfaltnih zmesi DBM za novogradnje in za dela na obstoječih cestah. ....	30
<b>Preglednica 12:</b> Uporaba nekaterih vrst asfaltne zmesi DBB v odvisnosti od prometne obremenitve. ....	32
<b>Preglednica 13:</b> Mejne projektne debeline nekaterih plasti asfaltnih zmesi DBB za novogradnje in za dela na obstoječih cestah. ....	33
<b>Preglednica 14:</b> Uporaba vrste asfaltne zmesi DA v odvisnosti od prometne obremenitve. ....	34
<b>Preglednica 15:</b> Področje uporabe asfaltnih zmesi DA v odvisnosti od gostote prometa. ....	34
<b>Preglednica 16:</b> Mejne projektne debeline plasti asfaltnih zmesi DA za novogradnje. ....	35
<b>Preglednica 17:</b> Razvrstitev tankoplastnih prevlek. ....	35

<b>Preglednica 18:</b> Področje uporabe TP za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve. ....	36
<b>Preglednica 19:</b> Področje uporabe TP za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve. ....	36
<b>Preglednica 20:</b> Mejne projektne debeline plasti asfaltnih zmesi TP za novogradnje in dela na obstoječih cestah. ....	37
<b>Preglednica 21:</b> Področje uporabe litih asfaltov za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve. ....	41
<b>Preglednica 22:</b> Področje uporabe litih asfaltov v odvisnosti od gostote prometa. ....	41
<b>Preglednica 23:</b> Mejne projektne debeline plasti litih asfaltov. ....	42
<b>Preglednica 24:</b> Zrnavost kamnitega materiala. ....	47
<b>Preglednica 25:</b> Sestava zmesi zrn kamnitega materiala. ....	48
<b>Preglednica 26:</b> Sestava zmesi zrn kamnitega materiala za PSAZ. ....	48
<b>Preglednica 27:</b> Dovoljeno odstopanje preseka zmesi kamnitih zrn v posameznih vzorcih v primerjavi s predhodno sestavo. ....	57

---

## KAZALO SLIK

<b>Slika 1:</b> Asfaltna baza (obrat) Cestnega podjetja Koper v letu 1966.....	1
<b>Slika 2:</b> Asfaltno jezero na Trinidadu.....	3
<b>Slika 3:</b> Sušilni boben asfaltne baze iz leta 1925.....	5
<b>Slika 4:</b> Sušilni boben na AB Cestnega podjetja Koper ( 1. 1966). ....	6
<b>Slika 5:</b> Skladiščenje frakcij kamnitih agregatov na AB Senožeče, podjetja CPK, d. d. ....	9
<b>Slika 6:</b> Vrtina za preiskavo v laboratoriju, nosilna plast (BD 22S) in obrabna plast (DBM 11s).....	11
<b>Slika 7:</b> Silos za dodatek (celulozna vlakna). ....	16
<b>Slika 8:</b> Vreče, v katerih so shranjena celulozna vlakna. ....	19
<b>Slika 9:</b> Sestava bituminiziranega drobljenca BD 22, prikazana v prerezanem vzorcu vrtine....	25
<b>Slika 10:</b> Sestava DBM 8s, prikazana v prerezanem vzorcu vrtine.....	29
<b>Slika 11:</b> Tekstura DBB 11 na odseku ceste Ponikve–Štanjel, julij 1994 (posnetek 2005).....	31
<b>Slika 12:</b> Stabilni kotel za pripravo litega asfalta. ....	38
<b>Slika 13:</b> Transportna kotla za prevoz litega asfalta.....	39
<b>Slika 14:</b> Prikaz mešanja in izpusta litega asfalta iz kotla v prekucnik.....	40
<b>Slika 15:</b> Prekucnik za transport in finiše za vgradnjo litega asfalta.....	40
<b>Slika 16:</b> Tehtanje asfaltne zmesi po končanem mešanju.....	52
<b>Slika 17:</b> Nabijalo za pripravo preizkušancev po Marshallu.....	53
<b>Slika 18:</b> Preizkušanci za posamezno sestavo asfaltne zmesi.....	53
<b>Slika 19:</b> Vzorca asfaltne zmesi za preiskavo v laboratoriju.....	56
<b>Slika 20:</b> Diagram poteka mešanja asfaltnih zmesi po vročem postopku na AB Senožeče, podjetja CPK, d. d., iz Kopa. ....	58
<b>Slika 21:</b> Deponija kamnitih materialov.....	59
<b>Slika 22:</b> Komandna kabina., <b>Slika 23:</b> Komandno orodje.....	60
<b>Slika 24:</b> Nakladač., <b>Slika 25:</b> Predozatorji in zbirni tekoči trak.....	61
<b>Slika 26:</b> Sušilni boben.....	61
<b>Slika 27:</b> Gorilnik.....	62
<b>Slika 28:</b> Odpraševalna naprava.....	63
<b>Slika 29:</b> Vroči elevator.....	63

---

<b>Slika 30:</b> Stolp za pripravo asfaltne zmesi.....	64
<b>Slika 31:</b> Mešalnik asfaltne zmesi s hitro vrtečimi se lopaticami.....	65
<b>Slika 32, 33:</b> Silosa za lastno in dodatno polnilo.....	66
<b>Slika 34, 35:</b> Cisterne za vezivo.....	67
<b>Slika 36:</b> Silos za celulozna vlakna., <b>Slika 37:</b> Prikaz doziranja celuloznih vlaken.....	67
<b>Slika 38:</b> Silosa za proizvedeno asfaltno zmes.....	68
<b>Slika 39:</b> Tovornjak za prevoz asfaltne zmesi.....	69
<b>Slika 40, 41:</b> Natovarjanje in pokrivanje asfaltne zmesi.....	70
<b>Slika 42, 43:</b> Mazanje stika z bitumensko pasto in pobrizg površine z bitumensko emulzijo. ....	71
<b>Slika 44:</b> Strojno vgrajevanje asfaltne zmesi na regionalni cesti Sežana–Divača.....	72
<b>Slika 45:</b> Finišer na podvozzju z gosenicami.....	72
<b>Slika 46:</b> Kontrola debeline razprostrte asfaltne zmesi.....	73
<b>Slika 47:</b> Dvokolesni vibracijski valjar s posipalnikom za valjanje DBM.....	75
<b>Slika 48, 49:</b> Naprava za vrtnanje in vzorec oz. jedro vrtine.....	81

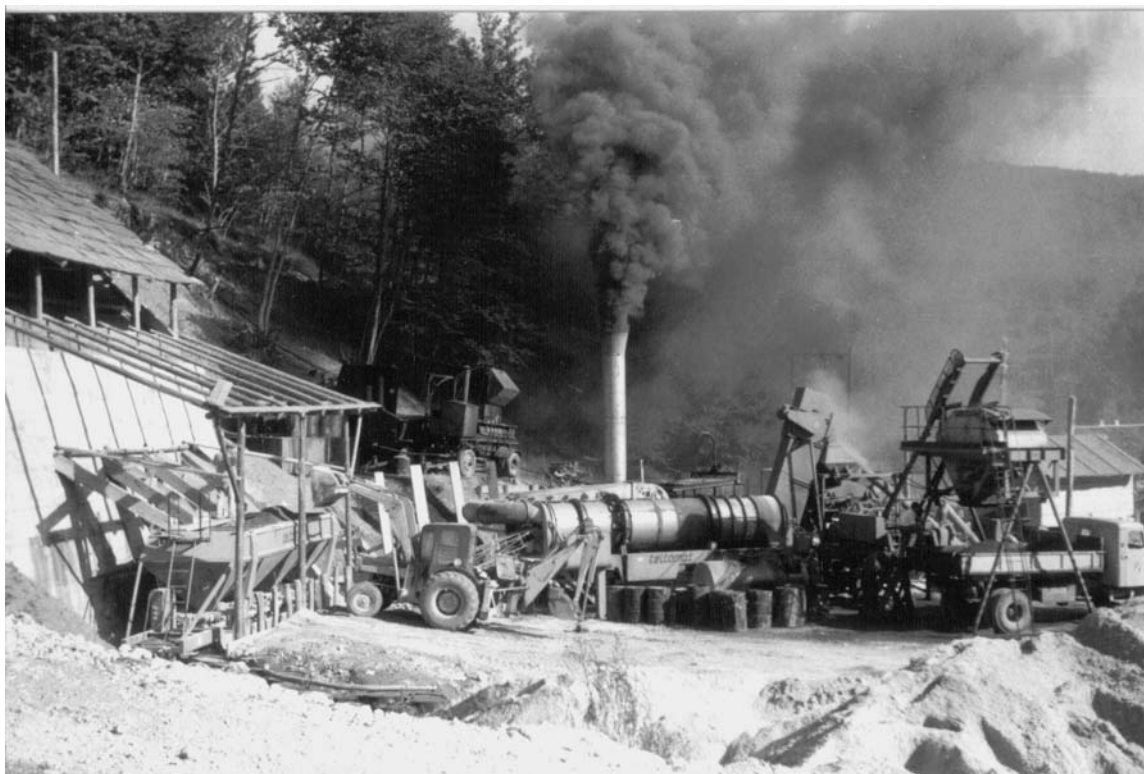
## KAZALO DIAGRAMOV

<b>Diagram 1:</b> Območje zrnivosti DBB 11 brez frakcije 2/4 in 4/8.....	32
--	----

## 1 UVOD

### 1.1 Splošno o asfaltu

Pojma bitumen in asfalt so si dolgo časa razlagali na različne načine. Leta 1928 je bila na kongresu v Milanu sprejeta resolucija, na osnovi katere je komite leta 1930 izdelal natančno nomenklaturu in klasifikacijo različnih pojmov in zvrsti posameznih materialov. Kasneje je razvoj sodobne industrije gradbenega materiala razvil iz osnovnih materialov še veliko različnih materialov, ki so danes v uporabi.



*Slika 1: Asfaltna baza (obrat) Cestnega podjetja Koper v letu 1966.*

Asfalt je naravna ali umetna zmes, sestavljena iz mešanice bitumna oz. katrana (zaradi zdravju škodljivih snovi ga ne uporabljamo več) kot veziva in mineralnih agregatov (razni naravni in umetni agregati). O naravnem asfaltu govorimo takrat, ko le-tega pridobimo v

naravi. Ko pa ga pripravimo v industrijskem obratu tako, da ga zamešamo v določenem razmerju vhodnih materialov, govorimo o umetnem asfaltu (Slika 1).

## **1.2 Splošno o bitumnu**

Bitumen je asfaltno vezivo, na otip lepljiva snov črne barve, ki je pri normalni temperaturi poltrda ali trda snov, topljiva v ogljikovemu žveplencu (SC<sub>2</sub>), bencinu ali bencolu.

Bitumen je spojina ogljika in vodika, ki nastaja v naravi in je sestavni del surove nafte, ki je nastala s pretvarjanjem rastlinskih in živalskih ostankov v olja. Razlikujemo naravne bitumne (pridobljene iz naravnih asfaltov) in bitumne, pridobljene z destilacijo surove nafte v rafinerijah.

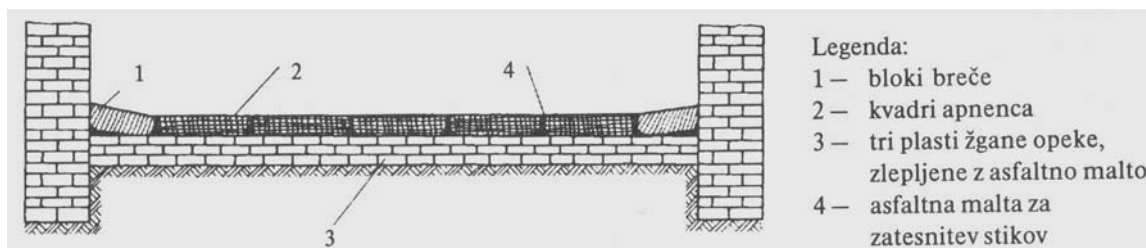
## **1.3 Uporaba asfalta skozi zgodovino**

Naravni asfalt (agregat, prepojen z bitumnom) je eno najstarejših gradiv, ki ga človek uporablja že več kot sedem tisoč let. Uporabljal se ni samo za gradnjo objektov, ampak tudi kot material za izdelavo kipov in reliefov, v obrti za izdelavo intarzij in okraševanje predmetov, pa tudi v medicini.

Sledovi uporabe v gradbeništvu segajo v zgodovino pet do sedem tisoč let, ko so prebivalci Ura v Mezopotamiji uporabljali asfalt kot vezivo za gradnjo objektov.

Potreba po primerno utrjenih površinah za vožnjo pa je nastala z izumom kolesa oz. vozila. Najstarejši najdeni ostanki vozil so iz leta 2600 pr. n. š.; tako sklepamo, da se vozišča utrjujejo že okrog 4500 let.

Občudovanja vredno tehniko gradnje cest so našli v Mezopotamiji iz časa Asircev in Babiloncev, ki so že uporabljali asfaltno malto za zatesnitev stikov.



*Prerez procesijske ceste v Babilonu, l. 600 pr. n. š. (Janez Žmavc, Voziščne konstrukcije, 1997, str. 22.).*

Gradbeniki starih kultur so zelo dobro poznali lastnosti asfaltne malte (podobna asfaltna zmes danes je liti asfalt). Uporabljali so jo za lepljenje zidakov, za izdelavo hidroizolacij, kot zmes za tesnjenje bazenov, kopališč in kanalizacij in še za kaj. Analize starih asfaltnih materialov so pokazale podobne sestave, kot jih poznamo danes za peščene asfalte.

Skozi zgodovino gradbeništva je bil asfalt dolgo obdobje povsem pozabljen, in sicer vse od začetka našega štetja, pa tja do začetka šestnajstega stoletja (l. 1535), ko je bil odkrit naravni asfalt na Kubi. Leta 1595 so odkrili bogato nahajališče naravnega asfalta na Trinidadu (Slika 2).



*Slika 2: Asfaltno jezero na Trinidadu.*

Leta 1815 je bil na cestah na Trinidadu uporabljen naravni asfalt – Trinidad Epure. Nadaljnji razvoj brezprašnih obrabnih plasti za prometne površine je bil zelo hiter.

Sprva so uporabljali postopek "polivanja" prašnih (makadamskih) vozišč s katranskim vezivom. Ta se je izredno hitro uveljavil in iz njega se je razvila še danes v veliki meri uporabljena površinska obdelava (prevleka), ki je bila prvo uspešno sredstvo v boju proti prahu na cestah.

Vzporedno je bil uporabljen tudi postopek izvedbe cementnega makadama. Razpoke, ki so nastale na tej obrabni plasti, so bile razmeroma uspešno zalite z vročim bitumnom, ki je ostajal pri destilaciji nafte. Tako je nastal bitumenizirani makadam. Kmalu zatem se je uveljavilo mešanje zmesi zrn bituminoznih veziv. Ta zmes je dobila naziv bitumenski oz. asfaltni beton.

Prvi, nam znani začetnik mešanja naravnega asfaltnega veziva in mineralnega agregata v novejši zgodovini je Belgijec Smedt. Leto 1871, ko je zamešal prvi umetni asfalt, štejemo za začetek sodobne izdelave asfaltnih vozišč.

Na osnovi Smedtovih preskusov je bil že leta 1873 v Washingtonu proizveden prvi asfalt v naši moderni dobi, imenovan Sheet, leta 1883 pa v St. Louisu prvi peščeni asfalt.

Asfalt se hitro uveljavi in dobi nov zagon v vseh državah, pridobiva nove oblike in tehnologije uporabe. Močnejši impulz dobi na prehodu iz 19. v 20. stoletje s pričetkom pridobivanja bitumenskega veziva s predelavo surove nafte. Rafinerije so začele proizvajati čisti bitumen z vnaprej določenimi lastnostmi za uporabo v asfaltnih zmesih. Od takrat dalje so asfalterji dobili možnost kontrole asfaltnih zmesi pri projektiranju za natančno določene namene uporabe. S tem je bila postavljena bolj realna osnova za uvrstitev asfalta med tehnične materiale za sodobno gradbeništvo.

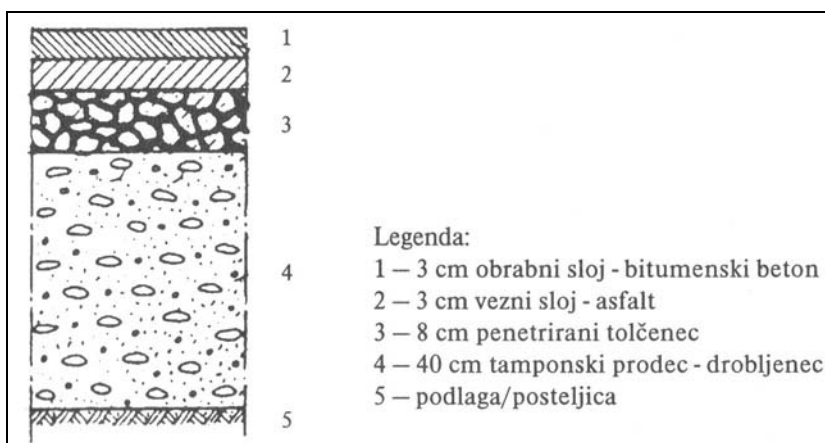
Leta 1924 je bila zgrajena prva avtocesta v Evropi, in sicer na odseku Milano–Varese v Italiji. V teh letih je napredovala tudi sama tehnologija mešanja asfaltne zmesi (Slika 3).





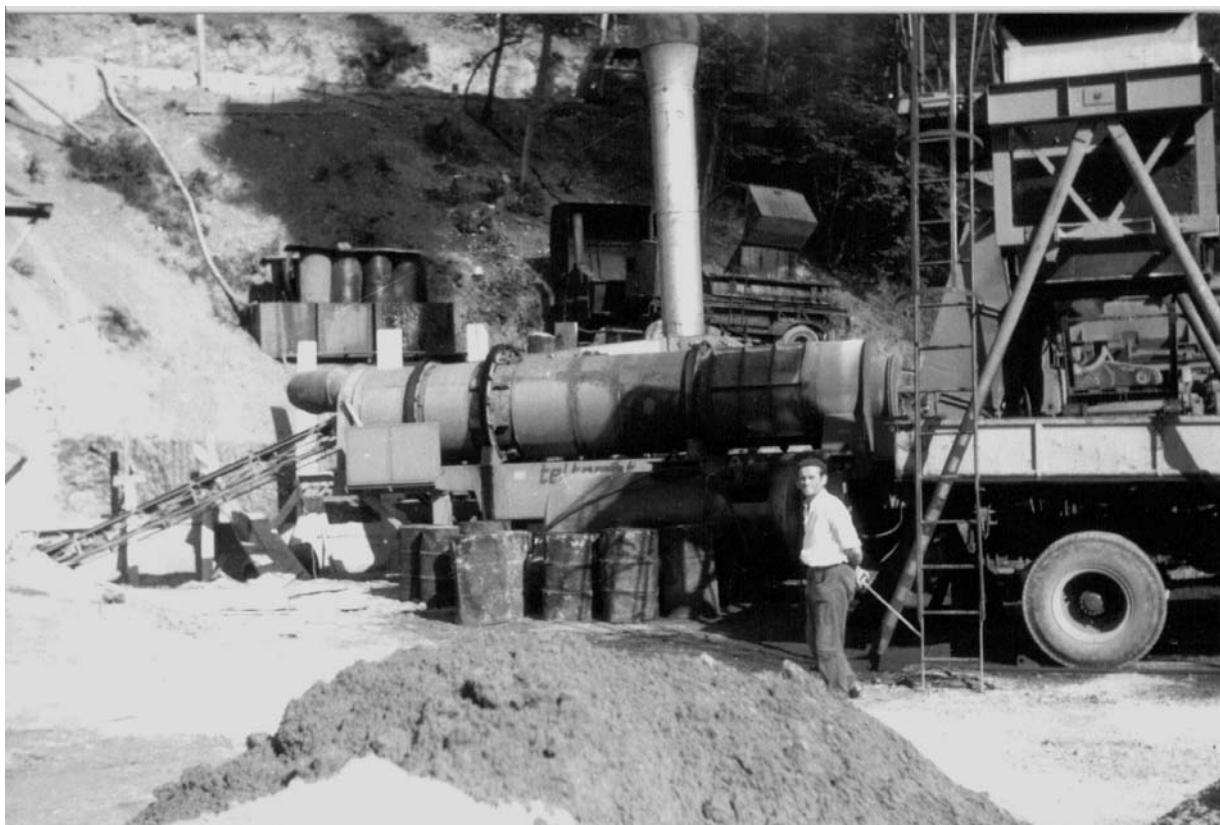
*Slika 3: Sušilni boben asfaltne baze iz leta 1925.*

Sodobne ceste v Sloveniji so bile zgrajene v obdobju od leta 1930 do leta 1940. Cementni in bitumenski beton sta ustvarila pogoje za sodobno utrditev in gradnjo samih cest. Napredek v tehnologiji se kaže v tem, da so počasno ročno delo zamenjali s hitrejšim in bolj kakovostnim strojnim delom. Razvoj je omogočil tudi izgradnjo trajnejših nosilnih plasti s postopki, imenovanimi polpenetrirani, penetrirani, zasipani in mešani makadam.



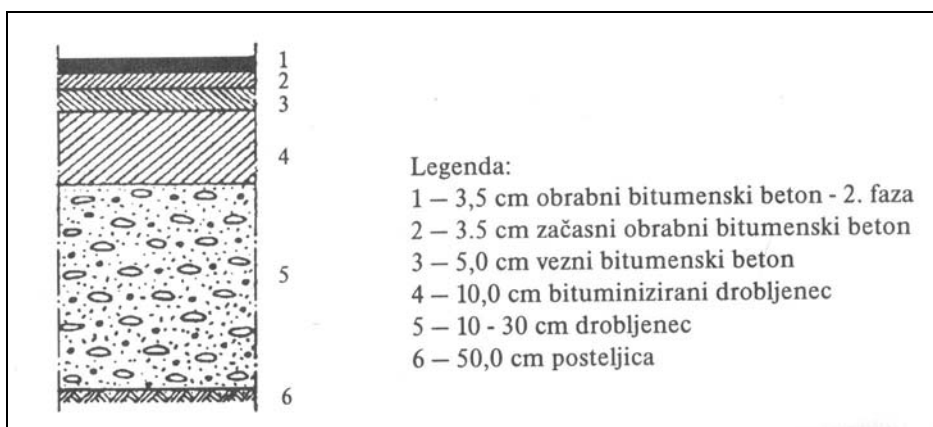
*Utrditev vozišča ceste "Bratstva in enotnosti" za najtežji promet – l. 1955 (Janez Žmavc, Voziščne konstrukcije, 1997, str. 29.).*

V 60-ih letih 20. stoletja se je poleg obrabno-zapornih plasti iz bitumenskega betona začela tudi izgradnja nosilne plasti iz vezanih materialov (asfaltna zmes), ki so jih v asfaltnih bazah že pripravljali po vročem postopku (Slika 4). Stabilizacijske mešanice kamnitih materialov z anorganskimi vezivi (cement, elektrofiltrski pepel, apno) so mešali na mestu vgrajevanja.



*Slika 4: Sušilni boben na AB Cestnega podjetja Koper (l. 1966).*

Okoli leta 1970 so z večanjem prometa in tudi prometne obremenitve na samo vozišče pričeli z zahtevano oz. predpisano močnejšo utrditvijo. Prva zahtevnejša gradnja vozišča pri nas je bila na prvem odseku avtoceste med Vrhniko in Postojno.



*Voziščna konstrukcija na odseku avtoceste Vrhnika–Postojna – l. 1972 (Janez Žmavc, Voziščne konstrukcije, 1997, str. 30.).*

## 2 OSNOVNI MATERIALI

Za izdelavo asfaltnih vozišč uporabljamo naslednje materiale:

- kameni agregat
- vezivo (cestogradbeni bitumni – BIT, polimernomodificirani bitumni – PmB, naravni asfalt)
- polnilo
- dodatke

Te materiale lahko razdelimo v tri sestavne dele asfaltne zmesi:

- trdi del, ki ga predstavljajo zmes kamnitih zrn, polnilo in dodatki
- tekoči del, ki ga predstavlja vezivo
- plinasti del, ki ga predstavljajo votline

Materiali, ki jih nameravamo uporabiti za pripravo asfaltnih zmesi, morajo ustrezati tehničnim zahtevam za posamezno vrsto asfaltne zmesi ter morajo imeti ustrezne ateste oziroma izjave o skladnosti.

Pred začetkom del je potrebno imeti na zalogi zadostno količino vseh potrebnih materialov tako, da lahko zagotovimo nemoteno proizvodnjo in čim manj prekinjeno delo pri vgrajevanju asfaltne zmesi.

Za vse materiale je potrebno zagotoviti ustrezne skladiščne prostore, saj lahko le tako zagotovimo ustrezno kakovost pripravljene zmesi z manj truda, kot bi ga sicer morali vložiti (Slika 5). Tako smo tudi produktivnejši in bolj konkurenčni na samem trgu.



*Slika 5: Skladiščenje frakcij kamnitih agregatov na AB Senožeče, podjetja CPK, d. d.*

## **2.1 Kameni agregat**

Kameni agregat služi kot ogrodje, nosilni element v asfaltu in mora imeti primerne lastnosti:

- primerne mehanske lastnosti (elastičnost, trdnost, obrus),
- ustrezno prostorsko toplotno razteznost; toplotno prevodnost, specifično toploto,
- odpornost proti vplivom vremena (nizke in visoke temperature, mraz, zmrzovanje),
- obstojnost na vpijanje vode,
- zahteve glede zmesi zrn (naravna zrna, drobljena zrna), oblika zrn, sestava zmesi zrn (granulometrijska sestava), gostota zmesi zrn, čistost zmesi, mehanske značilnosti zmesi zrn.

Poleg običajnih karbonatnih kamnin (apnenec in dolomit), ki jih uporabljamo za manjše prometne obremenitve, uporabljamo za srednje in težje obremenitve silikatne (magnatske, eruptivne) kamnine, kot so diabaz in keratofir, saj so trajnejše, trše ter obstojnejše na obrus. Teh pa v Sloveniji še ne pridobivamo v zadostni količini, zato jih je potrebno uvažati in tako še bolj skrbeti, da jih imamo na zalogi. Uvažamo jih predvsem iz Avstrije.

Da bi dosegali posebne lastnosti asfaltnih plasti, uporabljamo tudi razne umetne agregate, kot sta žlindra in ekspandirana glina (Leca). Granulacije izbiramo glede na vrsto asfalta, prometne obremenitve, debeline asfaltne plasti, namena uporabe in glede na material, ki ga imamo na voljo.

Mejna območja sestave zmesi kamnitih zrn nam predpisujejo tehnične specifikacije za javne ceste (TSC).

Zrna, ki sestavljajo **nosilne plasti**, so v veliki meri odvisna od predhodno projektirane debeline plasti voziščne konstrukcije. Ker večja zrna v zmesi zagotavljajo večjo odpornost asfaltne zmesi proti preoblikovanju, so v skeletni sestavi bistvenega pomena. To dejstvo velja še posebej za vozišča z večjo obremenjenostjo (npr. avtoceste), kjer je pomembno imeti čim večji delež drobljenih zrn iz čim bolj kakovostnih kamnin. Taka zmes zagotavlja večjo sposobnost prevzemanja ter raznašanja prometnih obremenitev z minimalnim učinkom preoblikovanja.

Ob kakovostno izvedeni nosilni plasti se istočasno pojavlja težnja po čim bolj varni, tihi ter udobni vožnji, ki jo mora omogočiti končna **obrabna plast**.

Obrabna plast mora imeti velikost ter kakovost kamnitih zrn prilagojeno povprečni hitrosti vožnje, za katero je cesta projektirana, kakor tudi velikosti prometne obremenitve.

Kamnine, katere vgrajujejo v obrabno plast, morajo imeti sposobnost prevzemanja različnih specifičnih obremenitev, kot so: temperaturne spremembe med letnimi časi, obremenitve z visokimi temperaturami v postopku proizvodnje, različne soli za preprečevanje poledice v zimskem času. Sposobnost zrn za prevzem določene obremenitve je mogoče vnaprej preveriti z ustreznimi preiskavami.

Poleg preiskav za omenjene obremenitve je potrebno opraviti še dodatne preiskave, ki so omenjene v poglavju 4 (predhodna sestava asfaltne zmesi – PSAZ).

Za asfaltne zmesi lahko uporabljamo naravne, drobljene ali mešane zmesi kamnitih zrn, vendar v praksi uporabljamo le drobljena zrna, saj so naravna zrna primerna le za lahko oz. zelo lahko prometno obremenitev.

Za **nosilne** in **obrabne** plasti asfaltnih vozišč uporabljamo različne sestave zmesi kamnitih zrn.



*Slika 6: Vrtina za preiskavo v laboratoriju, nosilna plast (BD 22S) in obrabna plast (DBM 11s).*

## 2.2 Vezivo

Vezivo zlepi delce kamenega agregata. Imeti mora dobro oprijemljivost, poskrbeti mora za elastičnost zmesi, obstojno mora biti na vremenske vplive (temperaturne razlike, ultravijolične žarke, sol, vlago). Uporabljamo naslednje vrste veziv:

- **cestogradbeni bitumen**, ki je najpogostejše uporabljeno vezivo za izdelavo asfaltnih vozišč in je pridobljeno pri destilaciji nafte;
- **s polimeri modificirani bitumni (PmB)**, ki so bolj elastični; območje plastičnosti je širše, imajo boljšo kohezijo in adhezijo, so toplotno bolj stabilni in odpornejši proti staranju, zaradi česar jih uporabljamo pri zelo obremenjenih voziščih in tankih prevlekah. Njihove prednosti, ki so posledica močnih vezi med posameznimi molekulami, so takšne, da njihova uporaba hitro narašča kljub višji ceni;
- **naravni asfalt**, ki je zmes trdnih ogljikovodikov; kopljejo ga tam, kjer je na dan privrela nafta, lažje frakcije pa so izhlapele. Naravni asfalt je odporen proti staranju, zato ga pogosto uporabljamo kot dodatek cestogradbenemu bitumnu;

- **bitumenske raztopine in emulzije**, ki jih uporabljamo predvsem za predhodne pobrizge, s katerimi izboljšamo oprijemljivost novih asfaltnih plasti na obstoječa vozišča. Kot samostojno vezivo jih uporabljamo pri površinskih prevlekah, tankoplastnih prevlekah po hladnem postopku in hladnih asfaltih. Uporabljajo pa se tudi kot zaščita pred izhlapevanjem vode pri cementni stabilizaciji.

**Katran**, ki se pridobiva pri suhi destilaciji lesa ali premoga, se v gradbeništvu ne uporablja več, ker vsebuje rakotvorne snovi. Uporabljali so ga za površine, ki so bile izpostavljene naftnim derivatom.

*Preglednica 1: Razlike v standardih za bitumne (primerjava za BIT 60 in BIT 90).*

Lastnosti	JUS U.M3.010	SIST DIN 1995-1	SIST EN 12591
	BIT 60	B65	50/70
Zmehčišče po PK° C	49-55	49-54	46-54
Penetracija pri 25° C	50-70	50-70	50-70
	BIT 90	B80	70/100
Zmehčišče po PK° C	45-51	44-49	43-51
Penetracija pri 25° C	80-100	70-100	70-100

Na splošno je bitumunozno vezivo za asfaltno zmes odvisno od:

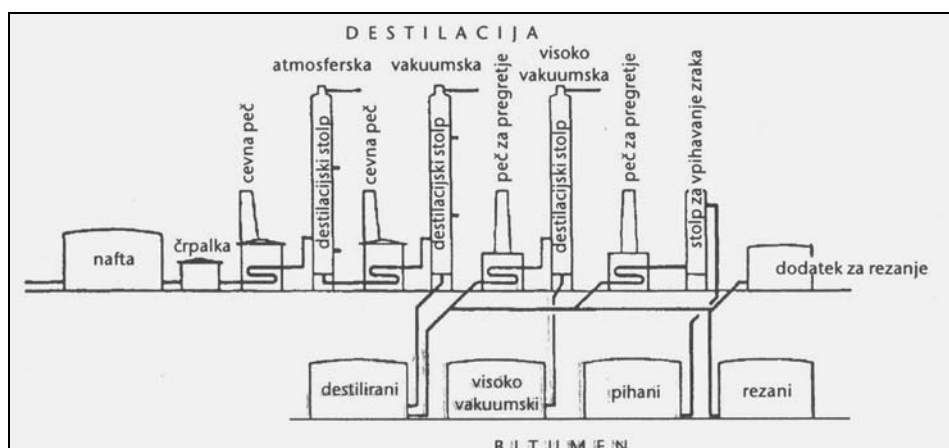
- lastnosti, ki se jih zahteva za vgrajeno asfaltno zmes
- pričakovanih prometnih obremenitev in klimatskih pogojev
- karakterističnih lastnosti ceste (potek trase, širina vozišča)

### 2.2.1 Vrste bitumna glede na način destilacije:

- destilirani bitumni
- vakuumski ali visokovakuumski bitumni
- oksidirani ali pihani bitumni



**Destilirane bitumne** pridobivamo s frakcionirno destilacijo s sistemom cevi. Imenujemo jo tudi cevna destilacija. Po tej metodi pridobivamo predvsem bitumne z nizko točko zmečkaišča. **Vakuumsko ali visoko vakuumske bitumne** pridobivamo z dodatno destilacijo v visoko vakuumskih destilacijskih napravah. S tem postopkom pridobivamo trde bitumne z visoko točko zmečkaišča, ker se v bitumnu zmanjšuje količina oljnih sestavin. Indeks penetracije je pri vakuumskih bitumnih boljši kot pri destiliranih.



*Shema predelave nafte in proizvodnje bitumna (Janez Źmavc, Voziščne konstrukcije, 1997, str. 69.).*

**Oksidirane ali pihane bitumne** pridobivamo tako, da dovajamo skozi raztopljeno bitumensko snov zrak, segret od 200 do 300° C. Na ta naćin dobimo bitumne z visoko toćko zmečkaišča, ki je odvisna od ćasa prehoda zraka skozi bitumen in pri tem tudi od oksidacije ter izparevanja oljnih sestavin. Ti so pri nizkih temperaturah bolj odporni proti lomu in raztezanju kot destilirani bitumni, kljub temu da so po trdnosti enaki.

Za proizvodnjo stabilnih oz. nedeformabilnih asfaltov, ki so obstojnejši pri visokih oz. pri nizkih temperaturah, uporabljamo s polimeri modificirane bitumne (PmB). V praksi se uporablja različne tipe PmB, ki imajo različne lastnosti ter se uporabljajo za različne asfaltne zmesi. Izbira ustreznega tipa PmB je odvisna še od klimatskih pogojev in prometne obremenitve.

V primerjavi s cestogradbenimi bitumni se PmB razlikuje v:

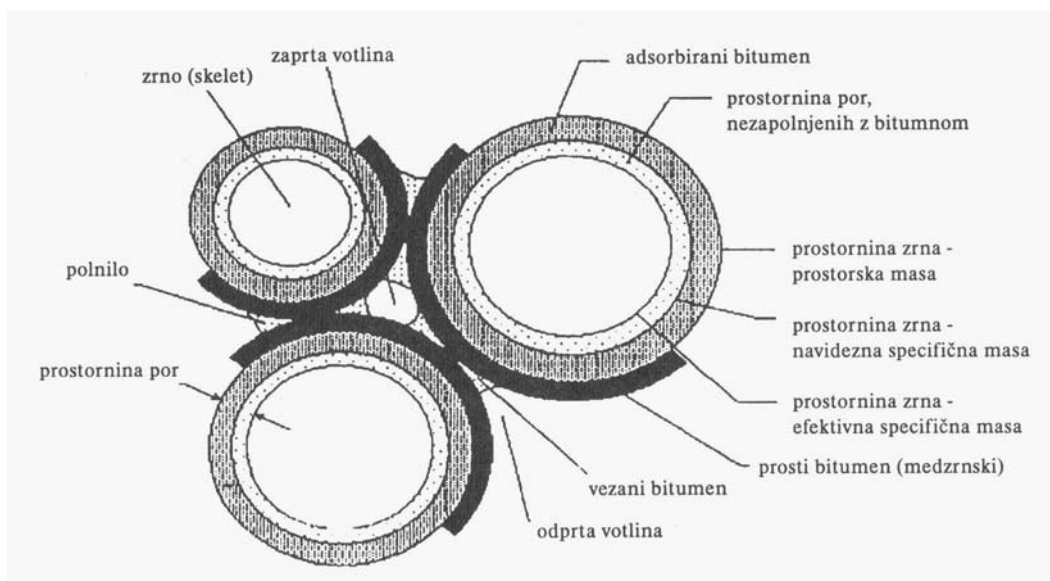
- temperaturi pri skladiščenju, proizvodnji in vgrajevanju
- času mešanja asfaltne zmesi
- zahtevnejšem vgrajevanju in zgoščevanju asfaltne zmesi

Ko vgrajujemo asfaltne zmesi z uporabo PmB, je potrebno tudi predhodni pobrizg izvesti s polimerno bitumensko emulzijo.

### **2.2.2 Viskoznost in reološke lastnosti bitumna**

Reologija ogljikovodikovih veziv je veda, ki proučuje fizikalne lastnosti bitumna, spremembe lastnosti v odvisnosti od časa, deformacije veziv pod vplivom zunanjih sil ter temperaturnih sprememb. Ogljikovodikova veziva so v različnih fizikalnih stanjih, od viskoznih tekočin do trdih teles. Proučevanje je zelo oteženo, ker veziva nimajo enakih lastnosti kot navadne tekočine. Glede reoloških lastnosti se bitumni razlikujejo predvsem po trdnosti, ki je označena z različnimi vrednostmi viskoznosti. Osnovne metode za določanje reoloških lastnosti so: določitev in merjenje viskoznosti, penetracija, zmehčišče, duktilnost in druge.

S segrevanjem prehaja bitumen iz trdega ali poltrdega v tekoče stanje. Ker je bitumen termoplastična snov, je viskoznost odvisna od temperature tako, da raste z nižjo temperaturo in pada z njenim povečanjem. Viskoznost bitumna zmanjšamo s segrevanjem na višjo temperaturo. Prav zaradi termoplastičnih lastnosti je bitumen praktično uporaben. V tekočem stanju ima lastnost ovijanja drugih materialov, z ohlajanjem pa pridobi svojo prvotno konsistenco. Na ta način dobimo čvrsto medsebojno povezavo bitumna in drugih trdnih snovi (kamniti agregat).



*Shematični prikaz komponent v sestavi asfaltne zmesi (Janez Žmavc, Voziščne konstrukcije, 1997, str. 118.).*

Viskoznost lahko zmanjšamo tudi na druge načine, kot na primer z razredčenjem bitumna z organskimi topili, emulgiranjem bitumna v vodi, dodajanjem dodatkov in penjenjem vročega bitumna s pomočjo vode.

Sredstva za raztopitev in emulgiranje bitumna imajo nalogo omogočiti uporabo bitumna brez segrevanja. Po izhlapevanju topila oziroma vode ima bitumen prvotno konsistenco. Viskoznost lahko opazujemo pri določeni temperaturi ali pa določimo temperaturo, pri kateri imajo različni bitumni enake viskoznosti. Kolikor trši je bitumen, toliko večja je njegova izhodna viskoznost. Na viskoznost vpliva tudi vir surovine, iz katere izhaja bitumen in način tehnološkega postopka pridobivanja bitumna.

### **2.3 Polnilo (kamena moka)**

Polnilo je frakcija kamenega agregata, ki ima večji del zrn pod velikostjo 0,09 mm. Zrna kamene moka pa so do velikosti 2 mm.

Asfaltne zmesi morajo biti čim bolj zgoščene, česar ne smemo doseči s povečanjem deleža veziva, saj vezivo ni nosilno. Zaradi molekularne zgradbe bitumnov med delci agregata zadošča že zelo tanek sloj veziva, zato moramo prazne prostore med kamenim agregatom

zapolniti z dodajanjem finega kamenega agregata (polnila), ki ga običajno pridobivamo na separacijah pri odpraševanju drobljenih frakcij ali z drobljenjem kamnine v posebnih mlinih. Najboljša kamena moka je iz apnenčeve kamnine, uporabljamo pa lahko tudi cement. Polnilo dodajamo v ustrezni količini, da skupaj z vezivom in ustrezno zrnavostjo dobimo želene lastnosti asfaltne zmesi.

Kot polnilo poznamo tuje polnilo, ki se vse bolj pogosto uporablja zaradi boljšega poznavanja lastnosti, in lastno polnilo. Lastno polnilo pridobivamo pri sušenju zmesi kamnitih zrn v postopku proizvodnje asfaltne zmesi, medtem ko tuje polnilo pripeljemo v sam obrat s cisternami.

## 2.4 Dodatki

Poznamo različne vrste dodatkov za zagotovitev želenih lastnosti asfaltnih zmesi. Zaradi njihovega različnega stanja (tekoče, granule, pakirano v vrečah) se uporabljajo različni načini shranjevanja in transporta dodatkov v mešalni stolp (tehtanje, časovno vmešavanje z regulirano hitrostjo transportnega polža ali ročno doziranje po vrečah).



*Slika 7: Silos za dodatek (celulozna vlakna).*

Pri vseh vrstah dodatkov je potrebno zagotoviti, da se mokro mešanje asfaltne zmesi ne začne, dokler dodatki niso dozirani v mešalnik oz. so vmešani v bitumen že prej v cisterni z bitumnom (cisterna z vgrajenim mešalom). Potrebne količine dodatka pa lahko doziramo s časovnim sproščanjem v posodo za tehtanje z istočasnim črpanjem bitumna.

#### **2.4.1 Dodatki za boljšo oprijemljivost**

Dodatki ali dopi za boljšo oprijemljivost bitumna na kameni agregat povečujejo in ojačijo vez med bitumnom in površino kamna. Dodatki onemogočajo kasnejše luščenje bitumna s površine kamna.

Leta 1935 so prijavi prvo patentirano iznajdbo dodatkov za boljšo oprijemljivost, mastne amine. Poleg mastnih aminov se skoraj istočasno pojavijo tudi druge spojine, kot so:

- nevtralne mastne kisline,
- derivati zemeljskega olja in naravni amini,
- mila večvalentnih mineralov,
- piridinske in kinokolinske soli,
- rastlinska olja.

Dopiranje lahko izvajamo:

- ob pripravi asfaltne zmesi po vročem postopku,
- pri proizvodnji bitumenskih emulzij in razredčenih bitumnov,
- tako, da neposredno dopiramo mineralni agregat.

Pri pripravi asfaltne zmesi po vročem postopku lahko dodatek dodajamo v cisterno z bitumnom ali v tehtnico za bitumen. Za doziranje v tehtnico potrebujemo posebno napeljavo, ki nam po potrebi omogoči tudi ogrevanje in s tem znižanje viskoznosti dodatka.

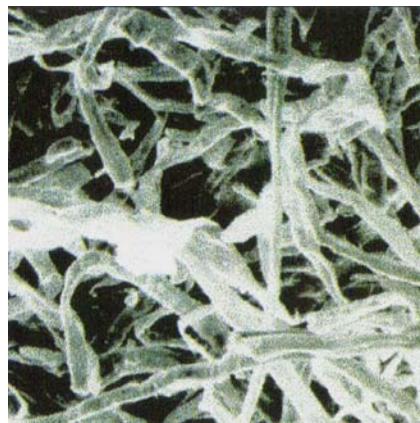
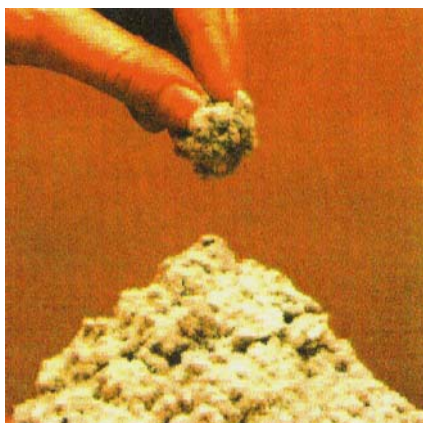
Kot dodatek se uporablja tudi cement in hidrirano apno. Ta dva dodatka uporabimo tako, da ju z vodo mešamo v posebnem pretočnem mešalniku s kamenim agregatom pred vstopom v sušilni boben.

Pred uporabo kamenega agregata moramo določiti oprijemljivost le-tega z bitumnom. Na osnovi teh podatkov se odločimo za vrsto dodatka, s katerim naredimo več vzorcev z različno vsebnostjo izbranega dodatka, nato pa izberemo optimalno količino.

Apnenci in dolomiti izkazujejo boljše oprijemljivosti kot silikatni agregati. Z uporabo polimernih bitumnov se oprijemljivost poveča in pogosto ni potrebno uporabljati dodatkov.

#### 2.4.2 Dodatki za stabilizacijo veziva

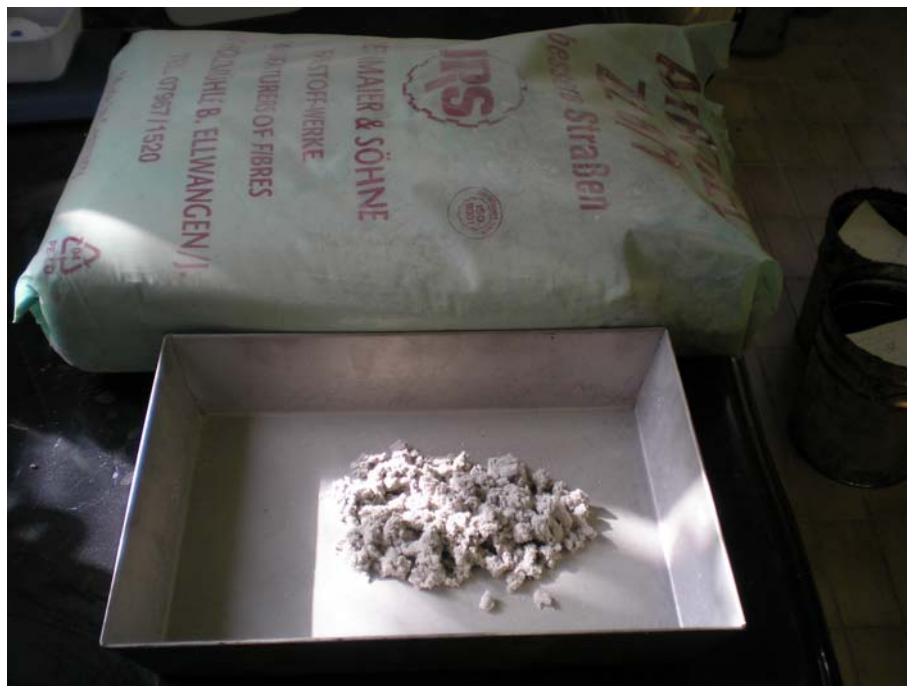
Pri izdelavi nekaterih asfaltov (drenažni, drobir z bitumenskim mastiksom – DBM) dodajamo snovi (dodatke), s katerimi stabiliziramo vezivo na kameni agregat in preprečimo odtekanje bitumna pri proizvodnji, transportu in vgrajevanju. Najprej so uporabljali azbestna in steklena vlakna, sedaj pa najpogosteje uporabljajo celulozna, manj pa naravno in umetno pripravljena kremenico, zmleto gumo ter razne polimere. Zaradi različne sposobnosti stabilizacije bitumna v DBM, količina vlaken variira med 0,3 m.-% in 1,5 m.-%, največkrat pa je manjša kot 1 m.-% na količino asfaltne zmesi.



*Celulozna vlakna in 1000- kratna povečava celuloznih vlaken (Drobir z bitumenskim mastiksom – DBM, Janez Zupan, 1997, str. 16.).*

Izhodišče za proizvodnjo celuloznih vlaken je les (smreka), ki ga do končne oblike vlaken kemično in fizikalno obdelamo. Tako pripravljena celulozna vlakna so povprečne dolžine 1,1 mm in premera 0,045 mm. Vlakna so za kratek čas obstojna celo pri temperaturi 250° C, trajno pa pri temperaturi 200° C.

Zelo pomembno je, da so vreče (Slika 8), v katerih so shranjena celulozna vlakna, ne strgajo zlahka, saj se pod vplivom vlage tvorijo sprimki, ki se tudi po osužitvi ne razpustijo in tako lahko pride do oslabitve v asfaltni zmesi.



*Slika 8: Vreče, v katerih so shranjena celulozna vlakna.*

Preiskave, ki so jih opravili v destilirani vodi in v vodi z veliko koncentracijo bakterij, so pokazale, da celulozna vlakna ne preperevajo in ne gnijejo.

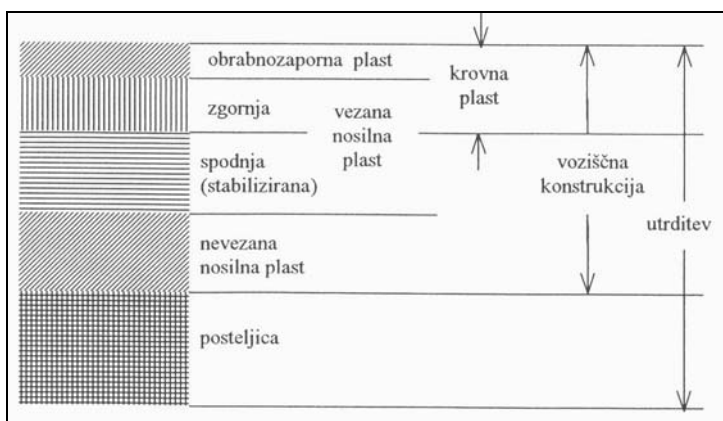
### **2.4.3 Barve**

Za doseganje dekorativnih učinkov lahko uporabimo brezbarven bitumen (medene barve) ali v bitumen dodajamo različne barve.

### 3 VRSTE ASFALJNIH ZMESI

Asfaltne zmesi, ki so vgrajene v voziščne konstrukcije, morajo biti sposobne prevzeti specifične obremenitve in imeti drugačne lastnosti za različne plasti. Ločimo:

- asfaltne zmesi za vezane nosilne in nosilno-obraabne plasti
- asfaltne zmesi za vezane obraabne plasti



*Značilni prerez voziščne konstrukcije (Bituminizirani drobljenec - BD, Janez Žmavc, 1999, str. 35.).*

Ločimo jih tudi po vsebnosti votlin, posledica tega so različna tehnika vgrajevanja in različne mehanske lastnosti:

- valjani asfalt
- liti asfalt

Valjane asfalte uporabljamo za vezane nosilne, vezane nosilno-obraabne in vezane obraabne plasti, medtem ko lite asfalte vgrajujemo samo v vezane obraabne plasti in kot zaščitne plasti pri tesnitvah.



### 3.1 Vrste asfaltnih zmesi za vezane nosilne in nosilno-obraabne plasti

#### 3.1.1 Vezane spodnje nosilne plasti

Vrste asfaltnih zmesi:

- nazivne zrnivosti 16 mm – BSNP 16
- nazivne zrnivosti 22 mm – BSNP 22
- nazivne zrnivosti 32 mm – BSNP 32

Vezane spodnje nosilne plasti vgrajujemo predvsem, ko imamo opravka z voziščnimi konstrukcijami za težke in zelo težke prometne obremenitve, praviloma med nevezano in vezano zgornjo nosilno plastjo.

*Preglednica 2: Področje uporabe asfaltnih zmesi za vezane spodnje nosilne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve.*

Skupina prometne obremenitve	Vrsta asfaltne zmesi		
	BSNP 16	BSNP 22	BSNP 32
- izredno težka (IT)	-	+	+
- zelo težka (ZT)	-	+	+
- težka (T)	-	+	+
- srednja (S)	+	+	+
- lahka (L)	+	+	-
- zelo lahka (ZL)	+	+	-

*Preglednica 3: Mejne projektne debeline plasti posameznih zrnivosti asfaltnih zmesi za BSNP.*

Projektne debeline plasti	Enota mere	Vrsta asfaltne zmesi		
		BSNP 16	BSNP 22	BSNP 32
- najmanj	mm	60	80	100
- največ	mm	90	120	180

### 3.1.2 Vezane zgornje nosilne in nosilno-obraabne plasti

Vrste asfaltnih zmesi za zgornje nosilne plasti:

- nazivne zrnivosti 16 mm – BZNP 16 in BZNP 16S
- nazivne zrnivosti 22 mm – BZNP 22 in BZNP 22S
- nazivne zrnivosti 32 mm – BZNP 32 in BZNP 32S

Vrste asfaltnih zmesi za zgornje nosilno-obraabne plasti:

- nazivne zrnivosti 16 mm – BNOP 16

Vezane zgornje nosilne plasti vgrajujemo za vse skupine prometne obremenitve, praviloma med nevezano ali vezano spodnjo nosilno plastjo in vezano obraabno plastjo.

Asfaltne zmesi z oznako »S« se uporabljajo za ceste s srednjo in težko prometno obremenitvijo ter so omejene z ožjim presejnim področjem zmesi drobljenih zrn v primerjavi z ostalimi asfaltnimi zmesmi.

*Preglednica 4: Področje uporabe asfaltnih zmesi za vezane zgornje nosilne in nosilno-obraabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve.*

Skupina prometne obremenitve	Vrsta asfaltne zmesi						
	BZNP 16	BZNP 16S	BZNP 22	BZNP 22S	BZNP 32	BZNP 32S	BNOP 16
- izredno težka (IT)	-	-	-	+	-	+	-
- zelo težka (ZT)	-	+	-	+	-	+	-
- težka (T)	-	+	-	+	-	+	-
- srednja (S)	+	+	+	+	+	+	-
- lahka (L)	+	-	+	-	-	-	+
- zelo lahka (ZL)	+	-	+	-	-	-	+

Posebno velikim prometnim obremenitvam so izpostavljene voziščne konstrukcije oz. materiali, ki so v njih vgrajeni, na odsekih cest, po katerih:

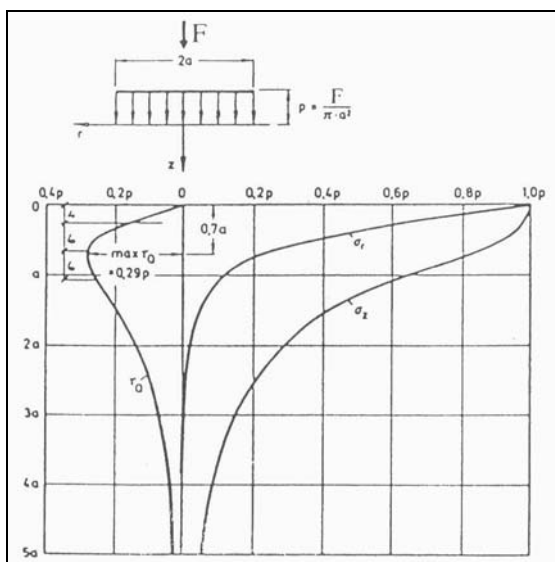
- vozijo počasna težka vozila (vzdolžni nagibi cest),
- je širina voznega pasu taka, da težka vozila vozijo v istih kolesnicah,
- vozila pogosteje zavirajo oz. pospešujejo (križišča),
- težka vozila ustavljajo in stojijo (postajališča, parkirišča).

Poleg omenjenih obremenitev, v poletnih mesecih nastopijo še klimatske obremenitve, kot so:

- posebno visoke temperature dalj časa (vročinski val),
- intenzivno sončenje asfaltne površine na južnih pobočjih.

Prav zaradi vseh omenjenih obremenitev je sestava oz. kakovost vgrajene asfaltne zmesi za zgornje nosilne in nosilno-obraabne plasti toliko bolj pomembna.

Zgornje nosilne plasti morajo prenašati zelo velike strižne napetosti za razliko od obrabnih plasti, ki so obremenjene predvsem s horizontalnimi in vertikalnimi silami, ki ustvarjajo po večini bolj ugodne tlačne napetosti.



*Razporeditev napetosti po Boussinesqu v prerezu voziščne konstrukcije (Bituminizirani drobljenec - BD, Janez Žmavc, 1999, str. 6.).*

*Preglednica 5: Mejne projektne debeline plasti posameznih zrnivosti asfaltnih zmesi za BZNP in BNOP za novogradnje.*

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

Pri prenovi obstoječih cest (preplastitve) so omejitve nekoliko drugačne.

*Preglednica 6: Mejne projektne debeline plasti posameznih zrnivosti asfaltnih zmesi za BZNP in BNOP za dela na obstoječih cestah.*

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

Za asfaltne zmesi za vezane nosilne in nosilno-obrabnne plasti se lahko uporabljajo kamnita zrna različnega načina pridobivanja (naravna, drobljena, mešana), vendar se največ uporabljajo drobljena zrna. Samo "masa" BD (bituminizirani drobljenec) se lahko uporablja za vse vrste prometnih obremenitev (Slika 8), medtem, ko "mase" z dodatkom proda vgrajujemo v voziščno konstrukcijo samo tam, kjer se odvija lahki promet.



*Slika 9: Sestava bituminiziranega drobljenca BD 22, prikazana v prerezanem vzorcu vrtine.*

### **3.2 Vrste asfaltnih zmesi za vezane obrabne in zaporne plasti**

Te zmesi morajo biti sposobne prevzemati horizontalne sile, ki nastanejo med pnevmatikami vozil in površino voziščne konstrukcije. Zaščititi morajo voziščno konstrukcijo pred sesalnimi silami, ki jih ustvarjajo vozila in celotno cestno telo pred vplivi vremena.

Pogoji, katerim morajo zadostiti asfaltne zmesi za obrabne plasti, so odpornost proti:

- preoblikovanju
- zaglajevanju
- prekomernemu staranju (razpoke)
- učinkom mraza in soli

Primerna sestava asfaltne zmesi mora zadostiti še posebnim značilnostim, kot so:

- tesnitev površine voziščne konstrukcije
- dreniranje vozne površine
- absorbiranje hrupa
- svetlost vozne površine

Naštetim značilnostim ustrezajo različne asfaltne zmesi, ki se danes uporabljajo za obrabne plasti. Od vseh vrst se najpogostje uporabljajo bitumenski betoni različnih zrnivosti. Poleg njih pa so v uporabi še naslednje vrste asfaltnih zmesi:

- drobir z bitumenskim mastiksom, katerega uporaba narašča
- diskontinuirani bitumenski beton
- drenažni asfalt
- asfaltne zmesi za tankoplastne prevleke in bitumenski mulj
- liti asfalt

V praksi so v uporabi še površinske prevleke, ki pa jih ne moremo šteti med asfaltne zmesi, vendar so v tolikšni meri uveljavljen postopek za obdelavo površin obrabno-zapornih plasti, da jih je treba podrobno obravnavati.

### **3.2.1 Bitumenski betoni (BB)**

Bitumenski beton po vročem postopku je sestavljen iz zmesi kakovostnih kamnitih zrn (kamene moke, peska in drobirja) in primerne količine kakovostnega bitumenskega veziva po betonskem principu (z majhno vsebnostjo votlin). Praviloma gosta vgrajena plast je odporna proti preoblikovanju in nudi dobro oprijemljivost s pnevmatiko. To dosežemo z dovolj veliko vsebnostjo drobirja, ki povzroča veliko notranje trenje (zrna se zaklinijo).

Pri načrtovanju je zrnivost zmesi prilagojena predvideni mejni dovoljeni hitrosti vožnje, prometni obremenitvi in zahtevanim lastnostim vozne površine. Vse zahteve veljajo tako za velikost kot tudi za kakovost kamnitih zrn in bitumenskega veziva in eventualnih dodatkov. Za najtežje prometne obremenitve (za težko in zelo težko skupino) in za doseganje boljših tornih lastnosti se uporabljajo kamnita zrna silikatnih kamnin (predvsem nad 2 mm), za večjo trajnost in boljšo odpornost proti preoblikovanju pa kot vezivo vedno bolj pogosto uporabljamo s polimeri modificirane bitumne (PmB).

*Preglednica 7: Področje uporabe asfaltnih zmesi bitumenskih betonov za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve.*

Skupina prometne obremenitve	PLDO (NOO 82 kN)	Vrsta asfaltne zmesi							
		BB 4k	BB 4s BB 4ks	BB8k	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, kol. steze, parkirišča in odstavni pasovi na AC	/	+	-	+	-	-	+	-	-

*Preglednica 8: Področje uporabe asfaltnih zmesi bitumenskih betonov za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od gostote prometa.*

Skupina gostote prometa	PLDP	Vrsta asfaltne zmesi								
		BB 4			BB 8			BB 11		
		k	ks	s	k	ks	s	k	ks	s
- izredno velika	nad 20000	-	-	-	-	-	+	-	-	+
- zelo velika	10000 do 20000	-	-	-	-	-	+	-	-	+
- velika	5000 do 10000	-	-	-	-	-	+	-	-	+
- srednje velika	2000 do 5000	-	+	+	-	+	+	-	+	+
- najhna	1000 do 2000	-	+	+	-	+	+	-	+	-
- zelo majhna	do 1000	+	+	-	+	+	-	+	+	-

k... karbonatne kamnine sedimentnega porekla

s... silikatne kamnine eruptivnega porekla

Asfaltne zmesi z oznako "ks" in "s" imajo ožje presejno področje kot tiste z oznako "k".

*Preglednica 9: Mejne projektne debeline plasti asfaltnih zmesi za novogradnje in za dela na obstoječih cestah.*

Projektne debeline plasti	Enota mere	Vrsta asfaltne zmesi		
		BB4	BB8	BB11
- najmanj	mm	20 (20)	30 (25)	35(30)
- največ	mm	30 (30)	45 (45)	50(50)

V () so napisane vrednosti za dela na obstoječih cestah.

### 3.2.2 Drobir z bitumenskim mastiksom (DBM)

Drobir z bitumenskim mastiksom je bil zasnovan sredi 60. let prejšnjega stoletja kot obrabno-zaporna asfaltna plast, odporna proti obrabi zaradi uporabe avtomobilskih pnevmatik z žebli (spikes) v zimskem času.

DBM združuje prednosti litega asfalta in bitumenskega betona. Glede trajnosti in stabilnosti ima podobne lastnosti kot liti asfalt; proizvajamo, prevažamo in vgrajujemo pa ga z enako opremo kot bitumenski beton.

Za sestavo DBM je značilno, da ima visoko vsebnost drobirja, polnila in bitumna. Praviloma vsebuje tudi dodatek za stabiliziranje veziva na kameni agregat, s katerim preprečimo odtekanje bitumna (Slika 10).





*Slika 10: Sestava DBM 8s, prikazana v prerezanem vzorcu vrtine.*

Lastnosti pravilno načrtovanega, proizvedenega in vgrajenega DBM so naslednje:

- visoka odpornost proti deformacijam
- visoka odpornost proti obrabi
- odpornost proti nastanku razpok zaradi mraza in mehanskih obremenitev
- zrnata površinska tekstura
- dobra makrohrapavost
- trajnost

Za izboljšanje tornih lastnosti sveže vgrajene asfaltne zmesi je potrebno površino plasti med zgoščevanjem posuti z zrnji grobega peska ali finega drobirja frakcije od 0,71 do 2 mm ali od 2 mm do 4 mm. Količina posipa naj bo od 1 do 2 kg/m<sup>2</sup>.

*Preglednica 10: Uporaba vrste asfaltne zmesi DBM v odvisnosti od prometne obremenitve.*

Skupina prometne obremenitve	Vrsta asfaltne zmesi			
	DBM 11s	DBM 8s	DBM 8	DBM 4
- izredno težka (IT), zelo težka (ZT), AC	+	+	-	-
- težka (T)	+	+	-	-
- srednja (S)	-	+	+	-
- lahka (L)	-	+	+	+
- zelo lahka (ZL)	-	-	+	+

*Preglednica 11: Mejne projektne debeline plasti asfaltnih zmesi DBM za novogradnje in za dela na obstoječih cestah.*

Projektne debeline plasti	Enota mere	Vrsta asfaltne zmesi			
		DBM 11s	DBM 8s	DBM 8	DBM 4
- najmanj	mm	25	20	20	15
- največ	mm	50	40	35	25

### 3.2.2.1 Hrup

Asfaltne zmesi DBM (predvsem manjše zrnivosti asfaltnih zmesi 0–4 in 0–8 mm) do določene mere zmanjšujejo hrup, ki ga povzročajo vozila. Na zmanjšanje hrupa ima vpliv makrohrapavost vozne površine – tekstura, ki je pri DBM bolj izrazita od strukture bitumenskega betona enake nazivne zrnivosti. Zmanjša se predvsem učinek stisnjenja zraka v profilu pnevmatik, ki povzroča sikanje ali šumenje.

### 3.2.2.2 Načrtovanje sestave DBM

Medtem, ko pri bitumenskih betonih iščemo optimalno sestavo s spreminjanjem vsebnosti bitumna, želimo pri načrtovanju DBM optimalno sestavo na vsebnost votlin v zmesi. Za

dosego tega učinka najprej vplivamo s spremembo vsebnosti drobirja in posameznih frakcij; nadaljujemo z vsebnostjo polnila in nazadnje z vsebnostjo bitumna.

### 3.2.3 Diskontinuirani bitumenski beton (DBB)

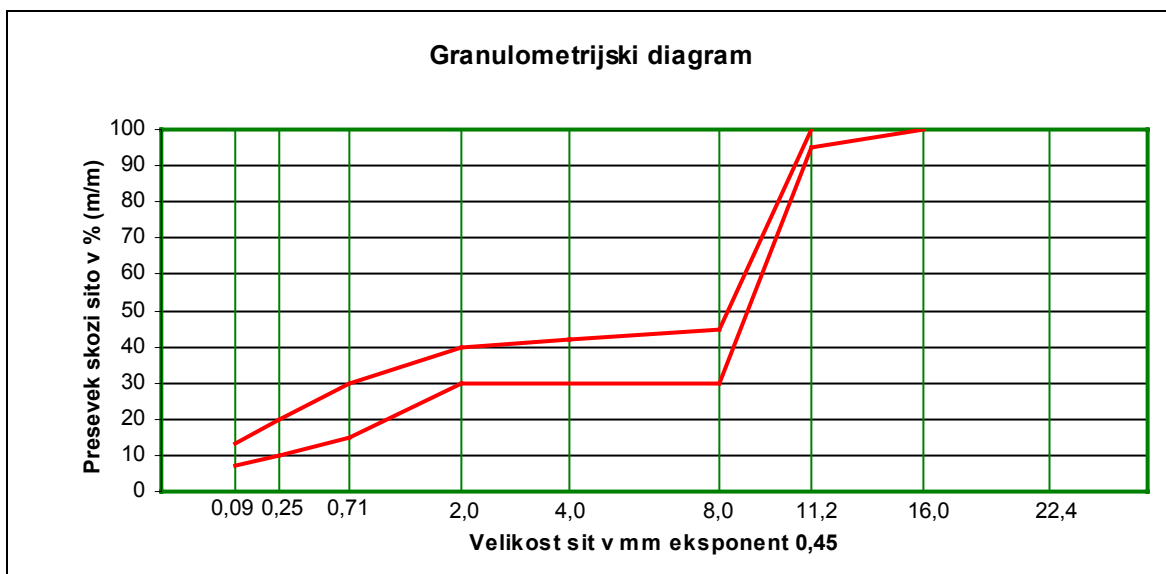
Asfaltna zmes DBB je podobno kot drobir z bitumenskim mastiksom (DBM) namenjena predvsem za zagotovitev čim večje odpornosti proti preoblikovanju.



*Slika 11: Tekstura DBB 11 na odseku ceste Ponikve–Štanjel, julij 1994 (posnetek 2005).*

Asfaltna zmes DBB se razlikuje od običajne po sestavi kamene zmesi. Osnovna značilnost je ta, da ne vsebuje ene do treh frakcij v svoji sestavi. Graf sestave kamnite zmesi ni zvezen, ampak ima stopnico (Diagram 1). Vsebnost peska in bitumna je podobna kot pri bitumenskih betonih, le količina polnila je nekoliko višja. Zaradi svoje sestave nam omogoča, da lahko DBB vgrajujemo v manjših debelinah, zaradi česar je voziščna konstrukcija cenejša, saj izdelamo nekoliko debelejši, a cenejši nosilni sloj in tanjši obrabno-zaporni sloj (~2,5-kratni premer največjega zrna). DBB lahko vgrajujemo na novih, obstoječih voziščnih konstrukcijah ali na betonskih površinah.

*Diagram 1: Območje zrnivosti DBB 11 brez frakcije 2/4 in 4/8.*



Drobir za DBB se uporablja do velikosti zrna 16 mm in je lahko karbonatnega ali silikatnega izvora, odvisno od prometne obremenitve.

*Preglednica 12: Uporaba nekaterih vrst asfaltne zmesi DBB v odvisnosti od prometne obremenitve.*

Skupina prometne obremenitve	Vrsta asfaltne zmesi				
	DBB 8s	DBB 11-1	DBB 11s-2	DBB 11s-3	DBB 16
	Brez 2/4	Brez 2/4, 4/8	Brez 2/4	Brez 4/8	Brez 4/8
- izredno težka (IT)	+	-	+	+	-
- zelo težka (ZT)	+	-	+	+	-
- težka (T)	+	-	+	+	-
- srednja (S)	+	+	+	+	+
- lahka (L)	-	+	-	-	+
- zelo lahka (ZL)	-	+	-	-	+

Opomba: Proizvajajo se tudi druge kombinacije DBB.

Na Gradbenem inštitutu v Zagrebu so s preizkusi določili najmanjše mogoče debeline vgrajevanja in potrebne lastnosti DBB, katerega so prvi razvijali Francozi že v sedemdesetih letih. Na osnovi teh rezultatov je nastal standard JUS U.E4.015. Prvi poskusi vgrajevanja so bili izvedeni v letu 1989.

*Preglednica 13: Mejne projektne debeline nekaterih plasti asfaltnih zmesi DBB za novogradnje in za dela na obstoječih cestah.*

Projektne debeline plasti	Enota mere	Vrsta asfaltne zmesi				
		DBB 8s	DBB 11-1	DBB 11s-2	DBB 11s-3	DBB 16s
		Brez 2/4	Brez 2/4, 4/8	Brez 2/4	Brez 4/8	Brez 4/8
- najmanj	mm	20	30	25	25	30
- največ	mm	40	50	40	40	50

V Sloveniji se je DBB v največjih količinah vgrajeval v letih od 1994 do 1998, po tem letu pa se praktično ne proizvaja več, saj ga je izpodrinil DBM tudi po zaslugi nekaterih napak pri proizvodnji in vgrajevanju DBB-ja.

### 3.2.4 Drenažni asfalti (DA)

Drenažni asfalti (DA) so namenjeni za hitro odvajanje vode z vozišča, saj imajo zaradi svoje sestave veliko sposobnost dreniranja skozi plast. Drenažni asfalti imajo veliko količino povezanih zračnih por, skozi katere odteka voda z vozišča.

Podlaga mora imeti nepropustno membrano, ki onemogoči prodor vode v nosilne plasti in po kateri voda odteče z voziščne konstrukcije.

Za stabiliziranje bitumna na kameni agregat moramo uporabiti celulozna vlakna. Veliko pozornost moramo posvetiti mogoči oksidaciji bitumna med proizvodnjo in vgrajevanjem drenažnega asfalta. Lahko po kot dodatek uporabljamo t.i. dope za izboljšanje obvitosti zrn z bitumnom.

Drenažni asfalt uporabljamo na cestah z velikimi hitrostmi in tam, kjer so prečni oz. vzdolžni nagibi zelo majhni, zaradi česar voda počasneje odteka z vozišča. V obeh primerih je nevarnost za akvaplaning.

DA se danes pri nas uporabljajo še pri vijachenju vozišča, na katerem so prečni nagibi majhni oziroma jih v določenih točkah ni, pa tudi na odprtih športnih igriščih, kjer služi kot podlaga za nalepljeno porozno umetno snov.

*Preglednica 14: Uporaba vrste asfaltne zmesi DA v odvisnosti od prometne obremenitve.*

Skupina prometne obremenitve	Vrsta asfaltne zmesi				
	DA 8ks	DA 8s	DA 11ks	DA 11s	DA 16
- izredno težka (IT)	-	-	-	+	-
- zelo težka (ZT)	-	-	-	+	-
- težka (T)	-	+	-	+	-
- srednja (S)	-	+	-	+	-
- lahka (L)	+	-	+	-	-
- zelo lahka (ZL)	+	-	+	-	+*

\* podlage na športnih igriščih

*Preglednica 15: Področje uporabe asfaltnih zmesi DA v odvisnosti od gostote prometa.*

Skupina gostote prometa	PLDP	Vrsta asfaltne zmesi				
		DA 8ks	DA 8s	DA 11ks	DA 11s	DA 16
- izredno velika	nad 20000	-	-	-	+	-
- zelo velika	10000 do 20000	-	-	-	+	-
- velika	5000 do 10000	-	+	-	+	-
- srednje velika	2000 do 5000	+	+	+	+	-
- najhna	1000 do 2000	+	+	+	+	-
- zelo majhna	do 1000	+	-	+	-	+*

\* podlage na športnih igriščih

k... karbonatne kamnine sedimentnega porekla

s... silikatne kamnine eruptivnega porekla

*Preglednica 16: Mejne projektne debeline plasti asfaltnih zmesi DA za novogradnje.*

Projektne debeline plasti	Enota mere	Vrsta asfaltne zmesi				
		DA 8ks	DA 8s	DA 11ks	DA 11s	DA 16
- najmanj	mm	30	30	30	35	45
- največ	mm	45	45	45	50	60

Plast iz drenažnega asfalta se naknadno pod prometom še nekoliko zgosti pa tudi votline se s časom zapolnijo z odpadnimi snovmi (prah, olje, delci gum) tako, da se drenažni učinek zmanjšuje. Prav tako se zmanjšuje sposobnost za "ubijanje" hrupa motornih vozil. Ohrani pa se zelo dobra torna sposobnost teh obrabnih plasti, kar je še ena pomembna lastnost vgrajenega drenažnega asfalta.

### 3.2.5 Asfaltne zmesi za tankoplastne prevleke in bitumenski mulj

#### 3.2.5.1 Tankoplastne prevleke (TP)

Tankoplastne prevleke, za razliko od ostalih asfaltnih zmesi za obrabne plasti, vgrajujemo po vročem (toplem – podobne značilnosti) in hladnem postopku.

*Preglednica 17: Razvrstitev tankoplastnih prevlek.*

Označitev postopka	
hladen	vroč
Vrsta tankoplastne prevleke	
TP h 2k	-
TP h 4k	TP v 4k
TP h 4s	TP v 4s
TP h 6s	-
TP h 8k	TP v 8k
TP h 8s	TP v 8s
-	TP v 11k
-	TP v 11s

Tankoplastne prevleke so primerne za obrabne in zaporne plasti na vozni površinih novih in obstoječih cest ter za vse skupine prometnih obremenitev.

*Preglednica 18: Področje uporabe TP za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve.*

Skupina prometne obremenitve	Vrsta asfaltne zmesi						
	Hladna (TP h)				Vroča (TP v)		
	2k	4k, 8k	4s, 6s	8s	4k, 8k, 11k	4s	8s, 11s
- izredno težka (IT)	-	-	-	-	-	-	+
- zelo težka (ZT)	-	-	-	-	-	-	+
- težka (T)	-	-	+	+	-	+	+
- srednja (S)	-	-	+	+	-	+	+
- lahka (L)	-	+	+	+	+	-	-
- zelo lahka (ZL)	+	+	+	-	+	-	-
- hodniki za pešce, kol. steze, parkirišča in odstavni pasovi na AC	+	+	+	-	+	-	-

*Preglednica 19: Področje uporabe TP za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve.*

Skupina gostote prometa	Vrsta asfaltne zmesi							
	Hladna (TP h)					Vroča (TP v)		
	2k	4k, 8k	4s	6s	8s	4k, 8k, 11k	4s	8s, 11s
- izredno velika	-	-	-	-	+	-	-	+
- zelo velika	-	-	-	+	+	-	+	+
- velika	-	-	+	+	+	-	+	+
- srednje velika	-	-	+	+	+	-	+	+
- najhna	-	+	-	-	-	+	-	-
- zelo majhna	+	+	-	-	-	+	-	-



Glavne značilnosti tankoplastnih prevlek so:

- zatesnitev površine voziščne konstrukcije
- izboljšava ravnosti vozne površine
- izboljšava torne sposobnosti vozišča
- zmanjšanje hrupnosti vozne površine

Ker so količine osnovnih materialov pri izdelavi TP razmeroma majhne, so te obrabno-zaporne plasti predvsem gospodarne. Moramo pa uporabiti le najbolj kakovostne materiale.

Takrat, ko je za izravnavo potrebna večja debelina plasti, moramo asfaltno zmes TP vgraditi v več plasteh.

*Preglednica 20: Mejne projektne debeline plasti asfaltnih zmesi TP za novogradnje in dela na obstoječih cestah.*

Projektne debeline plasti	Enota mere	Vrsta asfaltne zmesi				
		TP 2 <sup>1)</sup>	TP 4 <sup>2)</sup>	TP 6 <sup>1)</sup>	TP 8 <sup>2)</sup>	TP 11 <sup>2)</sup>
Hladni postopek:						
- najmanj	mm	2	4	6	8	12(10) <sup>3)</sup>
- največ	mm	4	8	12	16	20(20) <sup>3)</sup>
Vroči postopek:						
- najmanj	mm	-	12(10)	-	16(12)	20(15)
- največ	mm	-	16(20)	-	20(24)	25(30)

Legenda:

- 1) vgradnja eno ali dvoslojno
- 2) vgradnja dvoslojno
- 3) primerno samo v izjemnih primerih za izravnavo

V ( ) so napisane vrednosti za dela na obstoječih cestah.

### 3.2.5.2 Bitumenski mulj

Bitumenski mulj je asfaltna zmes, ki jo vgrajujemo izključno po hladnem postopku. Z njim zaščitimo voziščno konstrukcijo pred pronicajočo vodo. Zmes kamnitih zrn za proizvodnjo bitumenskega mulja je sestavljena predvsem iz zrn peska frakcije 0/2 mm, do 20 % pa je frakcije 2/4 mm. Kot dodatek se v zmes pri proizvodnji vmeša cement.

Bitumenski mulj je tekoča zmes, ki zahteva za transport in vgrajevanje posebna prevozna sredstva (prikolica s silosi, naprava za odmerjanje, mešalnik s polžem za razgrinjanje).

### 3.2.6 Liti asfalt (LA)

Osnovna značilnost litega asfalta je, da je brez por in vodotesen ter da ga ni treba valjati. To je zelo pomembno na pločnikih z omejeno nosilnostjo.

Liti asfalt uporabljamo za:

- zaščitne in obrabne plasti na premostitvenih objektih, krajših od 30 m
- tlak v industrijskih halah
- zaščito ravnih streh
- obrabno – zaporno plast pločnikov v mestih



*Slika 12: Stabilni kotel za pripravo litega asfalta.*

Osnovna priprava litega asfalta se vrši v stabilnih kotlih z zmogljivostjo cca 20 ton asfaltne zmesi (Slika 12). Priprava se vrši tako, da se v kotel dozira zahtevana količina bitumna, doda zahtevana količina agregatov določenih frakcij 0/2, 2/4, 4/8 ter zahtevana količina mineralnega polnila. V določenih primerih so potrebni tudi dodatki (npr. vlakna). Ta zmes se meša 6 do 8 ur pri temperaturi od 220 do 230° C, odvisno od vrste bitumna. Mogoče je tudi, da liti asfalt pripravimo neposredno v transportnem kotlu na enak način kot v stabilnem (Slika 13).



*Slika 13: Transportna kotla za prevoz litega asfalta.*

Transport litega asfalta poteka v kotlih, ki so pripravljene prav za ta namen. Kotli imajo vertikalna ali horizontalna mešala, da pri transportu ne pride do segregacije oz. usedanja agregata, opremljeni so z avtomatsko nastavlјivim ogrevanjem ter senzorjem o pravilnem delovanju. Na mesto vgradnje pa se gradbiščni transport vrši s prekucniki z ogrevanim kotlom in z mešalom ali s samokolnicami. S kotli za transport pripeljemo na teren cca 21 ton zmesi, kar zadostuje za približno 250 m<sup>2</sup> (Slika 13, 14).



*Slika 14: Prikaz mešanja in izpusta litega asfalta iz kotla v prekucnik.*

Liti asfalt se vgrajuje strojno in ročno, a kljub temu lahko dosežemo primerno ravnost vgrajene plasti. Pred vgrajevanjem se podlage ne sme pobrizgati z bitumensko emulzijo. Pri ročnem vgrajevanju delavec iz samokolnice strese vročo litoasfaltno zmes na pripravljeno površino. Polagalci nato ročno razgrnejo in poravnajo vročo zmes na ustrezno debelino. Pri strojnem vgrajevanju pa zmes litega asfalta iz samokolnice oz. prekucnika stresemo neposredno pred finišer. Razprostirna plošča na finišerju vročo zmes raztegne po želeni širini in na ustrezno debelino (Slika 15). Delavec pa za tem ročno obdela robove.



*Slika 15: Prekucnik za transport in finišer za vgradnjo litega asfalta.*

Prednosti strojnega vgrajevanja so:

- večja zmogljivost
- večja ravnost
- manjši napor
- manjši stik delavcev z bitumensko paro in aerosoli

Strojno vgrajevanje ima tudi naslednje slabosti:

- površina je bolj hrapava
- finišer zahteva večje površine in daljše linije
- ob robnikih stenah in stebrih je potrebna kombinacija z ročnih vgrajevanjem

Liti asfalt je neugodno drseč, zato ga po razgrinjanju zaradi boljše hrapavosti posujemo z enozrnatim kamnitim agregatom, najbolje silikatnim (diabazom, keratofirjem) frakcije 4/8 (2/4 ali 8/11) mm. Posip mora biti izveden v vročo zmes in vtisnjen z lahkim valjarjem. Zaželeno je, da je posipani agregat pred tem oblit (glaziran) z bitumenskim filmom. Promet lahko steče, ko se plast popolnoma ohladi.

*Preglednica 21: Področje uporabe litih asfaltov za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve.*

Skupina prometne obremenitve	Vrsta asfaltne zmesi				
	LA 4	LA 8	LA 8S	LA 11	LA11S
- izredno težka (IT)	-	-	-	-	+
- zelo težka (ZT)	-	-	+	-	+
- težka (T)	-	-	+	-	+
- srednja (S)	-	-	+	-	+
- lahka (L)	-	+	-	+	-
- zelo lahka (ZL)	-	+	-	+	-
- hodniki za pešce, kol. steze, parkirišča in odstavní pasovi na AC	+	+	-	+	-

*Preglednica 22: Področje uporabe litih asfaltov v odvisnosti od gostote prometa.*

Skupina gostote prometa	PLDP	Vrsta asfaltne zmesi				
		LA 4	LA 8	LA 8S	LA 11	LA 11S
- izredno velika	nad 20000	-	-	+	-	+
- zelo velika	10000 do 20000	-	-	+	-	+
- velika	5000 do 10000	-	-	+	-	+
- srednje velika	2000 do 5000	-	-	+	-	+
- najhna	1000 do 2000	-	+	-	+	-
- zelo majhna	do 1000	+	+	-	+	-

Lite asfalte z večjim deležem drobirja je za zelo obremenjene prometne površine (LA 11S, LA 8S) potrebno povaljati, da se zrna primerno zaklinijo.

*Preglednica 23: Mejne projektne debeline plasti litih asfaltov.*

Projektne debeline plasti	Enota mere	Vrsta asfaltne zmesi		
		LA 4	LA 8, LA 8S	LA 11, LA 11S
- najmanj	mm	15	20	30
- največ	mm	30	35	40

Asfaltne zmesi z oznako »S« se uporabljajo za ceste s srednjo in težko prometno obremenitvijo ter so omejene z ožjim presejnim področjem zmesi drobljenih zrn.

### 3.2.7 Površinske prevleke

Površinske prevleke uporabljamo na še zdravih asfaltnih voziščih za njihovo osvežitev, zaporo mikrorazpok in boljše trenje. Izdelava je hitra, saj je debelina tanjša od 1 cm. Prednost površinskih prevlek je majhna debelina preplastitve, saj lahko preplastimo npr. samo vozišče brez odstavnega pasu (centimetrski višinski razlika ne moti), enostavna in hitra izdelava ter nizka cena. Prevleka je lahko enojna ali dvojna.

Razlikujemo:

- enojno površinsko prevleko:

a)



- enojni pobrizg
- enojni posip

b)



- enojni pobrizg
- dvojni posip

- dvojno površinsko prevleko:

a)



- pobrizg
- posip
- pobrizg
- posip

b)



- pobrizg
- posip
- pobrizg
- dvojni posip

Običajno delamo po vročem postopku: površino obrizgamo z raztopljenim cestogradbenim bitumnom, raztopljenim polimer modificiranim bitumnom ali emulzijo, nato enakomerno posipamo z enoznatim silikatnim materialom. Ko je prevleka izdelana po vročem postopku, mora biti vreme suho, temperatura pa vsaj 20° C. Pri uporabi ustrezne emulzije lahko izvajamo površinske prevleke tudi na vlažno podlago. Postopek lahko izvajamo s posebnimi stroji, ki brizgajo vezivo in takoj posipajo silikatni material. Prevleko lahko izvajamo tudi s cisterno, ki ima ustrezno rampo za brizganje vročega bitumna ali emulzije, posip pa z navadnim tovornjakom, ki ima pritrjeno posebno košaro za posip ob vzratni vožnji. Posip valjamo z valjarjem gumi. Zrna drobirja je priporočljivo predhodno obviti oz. glazirati z ustreznim bitumnom tako, da zagotovimo boljši oprijem na pobrizgano podlago. Uporabiti moramo ustrezno količino primerne vrste veziva, saj le tako lahko preprečimo prekomerno luščenje ali, ko imamo preveč bitumna, gladko površino, nevarno v mokrem stanju.

Posip, ki ni vezan z bitumnom, nekaj časa promet potiska proti robu vozišča, zato ga moramo odstranjevati s strojnim pometanjem. V času luščenja nevezanih zrn moramo omejiti hitrost prometa na vozišču na 40 km/h.



*Pravilna količina ustreznega veziva (Janez Žmavc, Voziščne konstrukcije, 1997, str. 174.).*



#### **4 PRIPRAVA USTREZNIH RECEPTUR (PSAZ)**

Na osnovi projektnih zahtev, nameravanih sprememb vhodnih materialov ali potreb po asfaltnih zmesih s posebnimi karakteristikami je potrebno pristopiti k izdelavi recepture oziroma določiti predhodno sestavo asfaltne zmesi. Predhodno sestavo določimo v sodobno opremljenem laboratoriju, ki je lociran v upravni stavbi na AB in v katerem lahko vsakodnevno spremljamo kakovost proizvedene asfaltne zmesi.

Predhodna sestava asfaltne zmesi (PSAZ) je nujno potreben dokument, katerega mora izvajalec del, potrjenega s strani pooblaščenih institucij, predložiti nadzornemu organu pred pričetkom del. S PSAZ izvajalec del dokazuje, da je s predvideno sestavo materialov (kamnita zrna, bitumen, ostali dodatki) zmožen doseči zahtevano kakovost asfaltne zmesi, ki je predpisana v tehničnih specifikacijah za javne ceste (TSC). Poleg PSAZ mora izvajalec del, v primeru CPK, d. d., pa tudi proizvajalec asfaltne zmesi, predložiti tudi vse potrebne dokumente oz. dokazila o kakovosti vseh uporabljenih materialov v predhodni sestavi.

Za uspešno pripravo predhodne sestave asfaltne zmesi (PSAZ) moramo zagotoviti uporabo primerne laboratorijske opreme, osebje pa mora biti ustrezno usposobljeno. Veljavnost PSAZ je eno leto z možnostjo podaljšanja, če ni sprememb v uporabljenih materialih. Za podaljšanje je potrebno predložiti statistični prikaz kontrole kakovosti in skladnost proizvodnje asfaltne zmesi v obdobju veljavnosti PSAZ.

S preizkušanci se preverja primernost materialov za uporabo v asfaltni zmesi, predvsem kako se obnašajo kot celota. Ko v laboratoriju zagotovimo ustrezne lastnosti asfaltne zmesi, prenesemo dobljene rezultate na samo asfaltno bazo, kjer pripravimo zmes za potrebo testnega polja. Pregledan vzorec s testnega polja nam poda končno oceno o sicer primerni laboratorijsko obdelani predhodni sestavi asfaltne zmesi.

Predhodna sestava asfaltne zmesi (PSAZ) mora vsebovati:

- vrsto in lastnosti posameznih nazivnih frakcij zmesi kamnitih zrn ( m.-%)
- vrsto in količino veziva (m.- %)
- vrsto in količino dodatkov
- mehanske in prostorske lastnosti asfaltne zmesi
- ustrezna dokazila, ki zagotavljajo kakovost vseh uporabljenih materialov

Po navadi so asfaltne zmesi, ki naj bi se vgrajevale v voziščne plasti določene kategorije ceste, že vnaprej določene. Na avtocestnem programu v Sloveniji se zadnja leta za VOZP vgrajuje DBM 8s oz. DBM 11s. Glede na to, da se zmesi za različne tipe cest razlikujejo, ima sodoben asfaltni obrat pripravljene recepture za vse tipe asfaltnih mešanic oz. za tiste, ki se najpogosteje vgrajujejo v voziščna telesa in jih asfaltna baza (AB) glede na tehnologijo dela lahko proizvaja.

#### **4.1 Načrtovanje predhodne sestave asfaltne zmesi**

Pri vsaki pripravi predhodne sestave asfaltne zmesi moramo upoštevati neke, že z vnaprejšnjimi zahtevami, določene meje oz. lastnosti.

##### **4.1.1 Izhodiščni podatki (informacije)**

Postavimo si pogoje, ki zagotavljajo optimalno sestavo asfaltne zmesi. Ti pogoji so:

- primerna vsebnost veziva v asfaltni zmesi, s katerim dosežemo obstojnost in trajnost vozišča
- primerna stabilnost oz. nosilnost vgrajene asfaltne zmesi za predvideno prometno obremenitev
- primeren odstotek potrebnih votlin v zgoščeni asfaltni zmesi, ki dopuščajo samo manjšo dodatno zgostitev pod obremenitvijo, ne povzročajo izločanja zrn ali obogatitve površine z bitumnom, hkrati pa ne dopuščajo vdora prekomernega zraka in vlage v samo asfaltno plast
- zagotoviti moramo primerno razgrinjanje asfaltne zmesi

- za voznika kot uporabnika pa je najbolj pomembno, da ga cesta "drži", torej moramo zagotoviti dobre torne lastnosti asfaltne plasti

#### 4.1.2 Smernice

Preden začnemo s predhodno sestavo asfaltne zmesi, moramo preiskati vse materiale, ki jih bomo uporabili, in obenem zbrati vsa potrebna dokazila o kakovosti teh materialov. Pridobiti moramo podatke o prometni obremenitvi, gostoti prometa, posledično tudi o ustrezni debelini nosilnih in obrabno-zapornih asfaltnih plasti. Na osnovi predhodnih podatkov določimo količine posameznih materialov, ki jih bomo vmešali v vzorec določene asfaltne zmesi.

#### 4.2 Določitev optimalnega deleža zmesi kamnitih zrn v asfaltni zmesi

Za določitev optimalne sestave kamnitih zrn v asfaltni zmesi moramo smiselno, z upoštevanjem tehničnih specifikacij za javne ceste (TSC), kombinirati različne frakcije med seboj in izračunati skupno sestavo.

Primer:

*Preglednica 24: Zrnavost kamnitega materiala.*

Frakcija	Velikost odprtine na situ (mm)										
	0,09	0,25	0,71	2	4	8	11,2	16	22,4	31,5	45
	Presejki (m. - %)										
A	A1	A2	A3	A4	A5	A6	A7	A8	A9	A10	A11
B	B1	B2	B3	B4	B5	B6	B7	B8	B9	B10	B11
C	C1	C2	C3	C4	C5	C6	C7	C8	C9	C10	C11
D	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	D11
E	E1	E2	E3	E4	E5	E6	E7	E8	E9	E10	E11
F	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F7	F8	F9	F10	F11
G	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G10	G11
H	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7	H8	H9	H10	H11

*Preglednica 25: Sestava zmesi zrn kamnitega materiala.*

Frakcija	Sestava zmesi zrn	Velikost odprtine na situ (mm)										
		0,09	0,25	0,71	2	4	8	11,2	16	22,4	31,5	45
		Presejki (m. - %)										
A	%A	A1x%A	A2x%A	A3x%A	A4x%A	A5x%A	A6x%A	A7x%A	A8x%A	A9x%A	A10x%A	A11x%A
B	%B	B1x%B	B2x%B	B3x%B	B4x%B	B5x%B	B6x%B	B7x%B	B8x%B	B9x%B	B10x%B	B11x%B
C	%C	C1x%C	C2x%C	C3x%C	C4x%C	C5x%C	C6x%C	C7x%C	C8x%C	C9x%C	C10x%C	C11x%C
D	%D	D1x%D	D2x%D	D3x%D	D4x%D	D5x%D	D6x%D	D7x%D	D8x%D	D9x%D	D10x%D	D11x%D
E	%E	E1x%E	E2x%E	E3x%E	E4x%E	E5x%E	E6x%E	E7x%E	E8x%E	E9x%E	E10x%E	E11x%E
F	%F	F1x%F	F2x%F	F3x%F	F4x%F	F5x%F	F6x%F	F7x%F	F8x%F	F9x%F	F10x%F	F11x%F
G	%G	G1x%G	G2x%G	G3x%G	G4x%G	G5x%G	G6x%G	G7x%G	G8x%G	G9x%G	G10x%G	G11x%G
H	%H	H1x%H	H2x%H	H3x%H	H4x%H	H5x%H	H6x%H	H7x%H	H8x%H	H9x%H	H10x%H	H11x%H
Σ	100 %	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11

*Preglednica 26: Sestava zmesi zrn kamnitega materiala za PSAZ .*

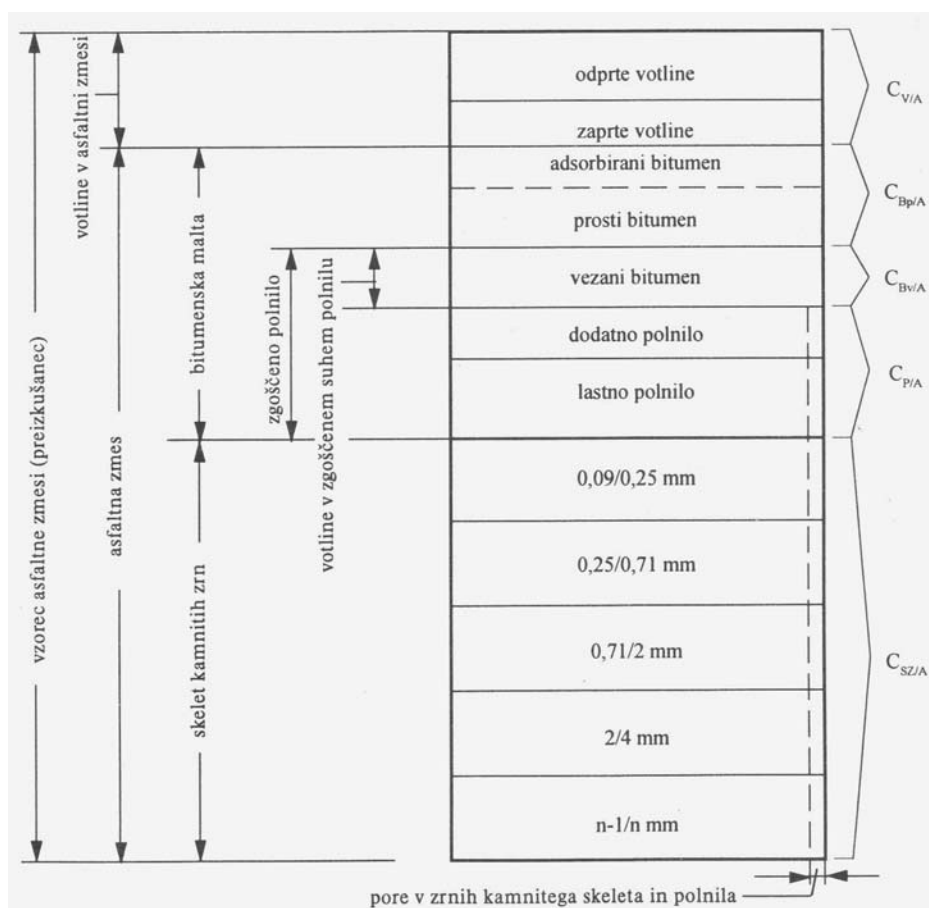
Velikost odprtine na situ	Presejki
0,09	P1
0,25	P2
0,71	P3
2	P4
4	P5
8	P6
11,2	P7
16	P8
22,4	P9
31,5	P10
45	P11

### 4.3 Določitev optimalnega deleža bitumna v asfaltni zmesi

Za določitev optimalnega deleža bitumna v praksi uporabljamo več metod, ki temeljijo na:

- teoriji površine
- teoriji malte
- teoriji votlin
- modelu prostora
- optimalnih mehanskih lastnostih

V praksi se najpogostje uporablja teorija votlin, s katero se PSAZ pripravlja tudi v podjetju CPK, d. d., iz Kopra in je natančneje opisana v nadaljevanju. V veliki meri pa se uporablja tudi model prostora, ki je opisan v TSC 06.730 : 2001.



*Osnove modela prostora za določitev sestave asfaltne zmesi (Janez Žmavc, Voziščne konstrukcije, 1997, str. 117.).*

## **Teorija votlin**

Teorija votlin temelji na tem, da so v asfaltni zmesi po končanem vgrajevanju proste votline pomembne zaradi:

- odpornosti proti preoblikovanju
- raztezanja pri močnem segrevanju
- dodatne zgostitve pod obremenitvijo prometa
- nihanja pri doziranju veziva

### **4.3.1 Odpornost proti preoblikovanju**

Odpornost proti preoblikovanju je odvisna od notranjega trenja skeleta kamnitih zrn ter kohezije in viskoznosti veziva. Z naraščanjem veziva upada notranje trenje med zrn in s tem se zmanjšuje odpornost proti preoblikovanju. 2 do 3 % preostalih votlin, v asfaltni zmesi, ki niso zapolnjene z vezivom, preprečijo, da kamnita zrna povsem ne "zaplavajo".

### **4.3.2 Raztezanje pri močnem segrevanju**

Pri močnem segrevanju se vezivo za cca. 20-krat bolj raztegne kot sama zmes kamnitih zrn, zato moramo s prostimi votlinami zagotoviti nek prostor, kamor se lahko vezivo umakne. Če tega prostora ni, se pojavi nevarnost, da vezivo izstopi na površino. Izniči se tudi notranje trenje kamnitih zrn.

### **4.3.3 Dodatna zgostitev pod obremenitvijo prometa**

Zaradi obremenitve prometa se zmanjšajo preostale votline v asfaltni zmesi, ki se zgosti do take mere, da lahko povzroči presežke veziva, zato je na cestah s težko obremenitvijo predpisan večji delež votlin v asfaltni zmesi.

#### **4.3.4 Nihanja pri doziranju veziva**

Nihanja v doziranju veziva v postopku proizvodnje asfaltne zmesi, tudi z najbolj skrbnim delom, ni mogoče preprečiti. Tudi zaradi tega lahko pride do presežka veziva v zmesi. Nihanja so po navadi do  $\pm 0,3$  m.-%.

Takšen presežek veziva lahko preprečimo na dva načina:

- z vibriranjem zgostimo zmes kamnitih zrn do največje mogoče gostote in eksperimentalno ugotovimo delež votlin v njej
- lažja in v praksi pogosteje uporabljena pa je zgostitev asfaltne zmesi do največje gostote (Marshallov empirični postopek)

#### **4.4 Potek priprave in izdelave PSAZ v laboratoriju**

Najprej si pripravimo vse potrebne materiale, ki jih bomo vmešali v vzorce asfaltne zmesi. Količino posameznega materiala smo predhodno preračunali glede na zahteve v tehničnih specifikacijah TSC. Za vsako predhodno sestavo asfaltne zmesi je potrebno pripraviti 5 vzorcev, ki imajo enako sestavo kamnitih zrn, vendar jim dodamo različno količino bitumna. Razlika med deleži bitumna znaša od 0,3 do 0,5 m.-%. Ob uporabi dodatkov se ti običajno ne upoštevajo pri izračunu asfaltne zmesi, saj se dodajajo v majhnih količinah, zato upoštevamo količino dodatka, ki jo predlaga proizvajalec, ali pa jo dodamo na osnovi izkušenj.

##### **4.4.1 Priprava sestavin in celotne asfaltne zmesi**

Med pripravo štejemo tudi sušenje kamnitih zrn, segrevanje sestavin do predpisane temperature in tehtanje vseh sestavin ter tehtanje že pripravljene zmesi po končanem mešanju (Slika 16).

Temperatura priprave sestavin je v odvisnosti od uporabljenega bitumna različna in se giblje za:

- zmes kamnitih zrn od 160 do 190° C
- bitumen od 140 do 150° C
- asfaltne zmesi z bitumnom od 130 do 177° C  $\pm$  3° C (odvisno od vrste bitumna)

Temperatura priprave zmesi kamnitih zrn za liti asfalt je lahko do 250° C.

Mešanje sestavin za predhodno sestavo asfaltne zmesi moramo praviloma izvesti strojno, lahko pa se zmes pripravi tudi z ročnim mešanjem. Čas mešanja poteka tako dolgo, dokler niso vsa zrna kamnitega materiala enakomerno obvita z bitumnom. Pri pripravi sestave asfaltne zmesi litega asfalta se čas podaljša za tako dolgo, da dobimo dovolj tekočo asfaltno zmes, primerno za pripravo preizkušanca. Priporočljiva je uporaba mešala s horizontalno in vertikalno rotacijo.

Ko pripravljamo sestavo asfaltne zmesi DBM (drobir z bitumenskim mastiksom), moramo posebno pozornost nameniti prav mešanju, saj je potrebno glede na vrsto dodatka mešanje izvesti v pravilnem vrstnem redu. V primeru, ko dodamo stabilizacijska vlakna, je zelo pomembno suho mešanje, da se vlakna razporedijo po celotni zmesi. Če so dodatki že vsebovani v osnovnih materialih, je postopek enak kot pri običajnih asfaltnih zmesih.



*Slika 16: Tehtanje asfaltne zmesi po končanem mešanju.*



#### 4.4.2 Priprava preizkušancev

Preizkušanci asfaltnih zmesi se pripravljajo skladno s tehničnimi predpisi. Uporablja pa se postopek po Marshallu (Slika 17).



*Slika 17: Nabijalo za pripravo preizkušancev po Marshallu.*

Za predhodno sestavo asfaltne zmesi (PSAZ) potrebujemo praviloma pet različnih sestav, za vsako posamezno sestavo pa tri preizkušance (Slika 18).



*Slika 18: Preizkušanci za posamezno sestavo asfaltne zmesi.*

Čas priprave preizkušanca je omejen na največ tri minute. V tem času moramo napolniti kalup in zgostiti asfaltno zmes s po 50 udarci na vsaki strani oz. s po 75 udarci za nosilne plasti za težko prometno obremenitev. Zgoščevanje mora biti izvršeno pri natančno določeni temperaturi za posamezno asfaltno zmes v odvisnosti od uporabljenega bitumna.

#### **4.4.3 Preiskave asfaltne zmesi in preizkušancev**

Laboratorijsko pripravljene asfaltne zmesi za PSAZ preiskujemo po standardnih postopkih, predpisanih v tehničnih predpisih.

Obvezne preiskave asfaltnih zmesi obsegajo:

- iz vrednotenje navidezne specifične gostote zmesi kamnitih zrn in asfaltne zmesi
- iz vrednotenje prostorske gostote
- izračun votlin v zgoščeni asfaltni zmesi in zapolnjenost votlin z bitumnom
- določitev napetostno-deformacijskih lastnosti asfaltne zmesi v preizkušancu (stabilnost, tečenje, togost)
- določitev globine vtisa in porast globine vtisa (pri litem asfaltu)
- preverimo tudi sestavo zmesi kamnitih zrn in vsebnost bitumna v PSAZ

#### **4.4.4 Obdelava podatkov**

Z zgoraj navedenimi preiskavami preizkušancev in asfaltne zmesi dobimo njene karakteristike in osnovo za določitev optimalne sestave asfaltne zmesi. Optimalna sestava pomeni, da ugodimo vsem predpisanim lastnostim asfaltne zmesi glede na namen uporabe. Pridobljene lastnosti prikažemo tako v grafični kot tudi v tabelarični obliki. Razvidne morajo biti vse predpisane in zahtevane lastnosti, kot so:

- stabilnost, tečenje, togost, prostorska gostota preizkušanca po Marshallu
- navidezna gostota asfaltne zmesi, bitumna pri 25° C in zmesi zrn kamnitega materiala
- vsebnost votlin v zgoščeni asfaltni zmesi
- stopnja zapolnjenosti votlin v zmesi zrn z bitumnom

#### **4.5 Dodatne preiskave**

Dodatne preiskave asfaltne zmesi je priporočljivo izvesti v primeru, ko bomo asfaltno zmes vgradili na pomembnejšem objektu in kadar so predvideni posebno neugodni pogoji. Preiskati je potrebno:

- odpornost asfaltne zmesi proti deformacijam
- zgostljivost asfaltne zmesi
- obnašanje asfaltne zmesi pri nizkih temperaturah

Postopki preiskav so določeni s tehničnimi predpisi.

#### **4.6 Poročilo o PSAZ in potrditev**

Ko pridobimo vse potrebne rezultate, moramo pripraviti poročilo, v katerem zajamemo vse pomembne podatke. Poročilo mora biti sestavljeno v skladu s tehnično specifikacijo (TSC) in mora vsebovati:

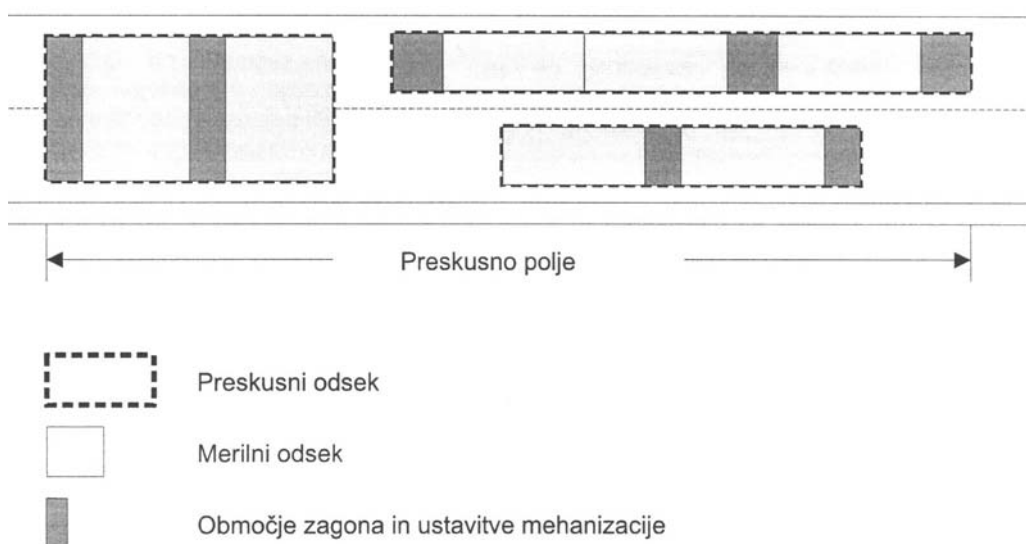
- splošne podatke
- osnovne podatke o sestavi asfaltne zmesi
- rezultate preiskav, ki so bile narejene
- predlog za optimalno sestavo asfaltne zmesi

Ustrezno pripravljeno poročilo posredujemo v pregled in potrditev pooblašteni instituciji, ki predhodno sestavo (PSAZ) pregleda in potrdi oz. zavrne v popravilo. S potrjeno PSAZ lahko dokazujemo ustreznost in kakovost uporabljenih materialov. Potrjena PSAZ velja eno leto, lahko pa jo podaljšamo, če nismo spremenili vhodnih materialov. Predložiti pa moramo statistiko rezultatov preiskanih asfaltnih zmesi za obdobje veljavnosti.

#### **4.7 Izvedba preskusnega polja**

Na osnovi potrjene predhodne sestave asfaltne zmesi (PSAZ) moramo pred pričetkom vgrajevanja asfaltne zmesi, ki jo obravnava PSAZ, izvesti preskusno polje, s katerim dokazujemo ustrezno proizvodnjo in vgrajevanje. Pri izdelavi preskusnega polja moramo uporabiti mehanizacijo, s katero bomo določeno asfaltno zmes tudi v nadaljnje vgrajevali. Že med gradnjo moramo odvzeti vzorce zmesi (Slika 19), po končanem vgrajevanju pa na preskusnem polju izvedemo meritve z izotopsko sondo in na istih mestih izvrtamo ustrezne

vzorke (vrtine). Z meritvami in vzorci dokazujemo ustreznost proizvedene in vgrajene asfaltne zmesi. Za preskusno polje moramo proizvajati asfaltno zmes najmanj pol ure oz. moramo proizvesti vsaj 50 ton zmesi. Poleg izvajalske oz. notranje kontrole je na gradbišču prisotna tudi zunanja kontrola, ki je potrdila ustreznost PSAZ.



*Razdelitev preskusnega polja (TSC 06.740:2003, DRSC, 2003, str. 4.).*

Rezultati preiskanih vzorcev s strani pooblašene institucije lahko odstopajo, vendar so ta odstopanja omejena.



*Slika 19: Vzorca asfaltne zmesi za preiskavo v laboratoriju.*

Količina bitumna v preiskani asfaltni zmesi lahko odstopa za  $\pm 0,3$  m.-%, v primerjavi s predhodno sestavo asfaltne zmesi (PSAZ).

*Preglednica 27: Dovoljeno odstopanje preseka zmesi kamnitih zrn v posameznih vzorcih v primerjavi s predhodno sestavo.*

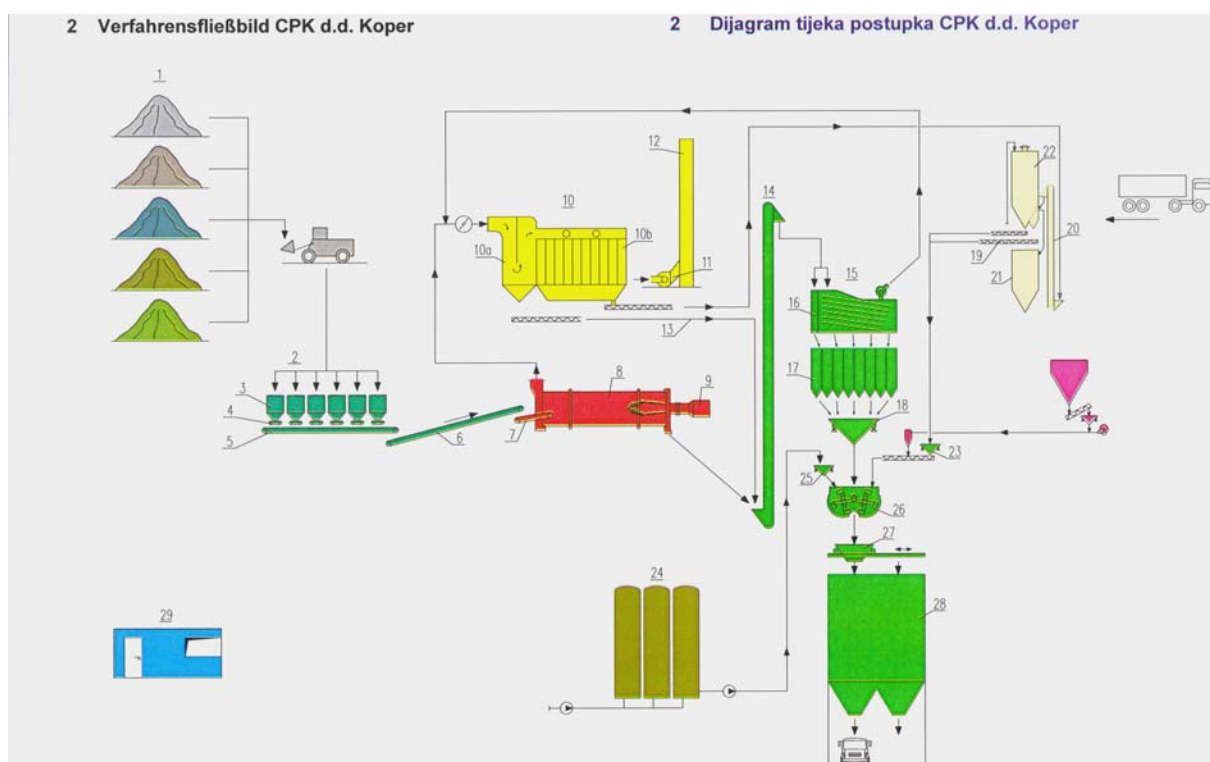
Dolžina stranice kvadratne odprtine sita (mm)	Mejno odstopanje presejka (m.- %)	
	Spodnja in zgornja vezana nosilna plast	Obrabna plast
0,063	1,5	1,5
0,09	2	2
0,25	4	2,5
0,71	5	3
2	6	4
4	7	2
8	8	2
11,2	8	2
16	8	-
22,4	8	-

## 5 PROIZVODNJA ASFALJNIH ZMESI PO VROČEM POSTOPKU NA AB SENOŽEČE

V začetku leta 2006 je bila AB Senožeče tehnološko in tudi ekološko prenovljena. Zmogljivost nove asfaltne baze znamke Benninghoven je 160 ton asfaltnih zmesi na uro. Tehnološki proces je avtomatiziran in zagotavlja proizvodnjo kakovostne asfaltne zmesi za nosilne in zaporne sloje. Mešanje asfaltnih zmesi je klasično (šaržni način) s silosi za shranjevanje vroče asfaltne zmesi.

Asfaltni obrat v Senožečah je deljen na dva dela, ki sta:

- deponija za shranjevanje kamnitih materialov karbonatnega in silikatnega porekla
- strojna oprema za proizvodnjo asfaltnih zmesi po vročem postopku



*Slika 20: Diagram poteka mešanja asfaltnih zmesi po vročem postopku na AB Senožeče, podjetja CPK, d. d., iz Kopra.*

Strojno opremo za proizvodnjo asfaltnih zmesi delimo na naslednje sklope:

- komandna kabina
- oprema za predhodno odmerjanje posameznih frakcij kamnitih zrn
- sušilni boben
- oprema za ločevanje delcev prahu od odsesanih dimnih plinov
- elevator
- stolp za proizvodnjo asfaltnih zmesi
- silosi za dodatno in lastno polnilo
- cisterne za bitumensko vezivo
- silosi za dodatke
- silosi za proizvedeno asfaltno zmes

### 5.1 Deponiranje kamnitih materialov

Pri deponiranju kamnitih materialov moramo biti pozorni, da jih razvrstimo po dobaviteljih. Karbonatne kamnine sproti vozimo iz lastnega kamnoloma, ki je oddaljen dva kilometra, silikatne kamnine pa se uvažajo iz Avstrije. Zelo pomembno je, da ne pride do mešanja materiala po frakcijah, zato jih ločimo v boksih, ki so po večini tudi pokriti, tako lahko pripravimo 100 % asfaltno zmes.



*Slika 21: Deponija kamnitih materialov.*

## 5.2 Komandna kabina

Komandna kabina je prostor, v katerem preko računalniškega programa vnesemo recepturo in vodimo proizvodnjo asfaltnih zmesi. Kabina je postavljena na takem mestu, da imamo pregled nad celotno strojno opremo asfaltne baze, ki jo opravlja ustrezno usposobljena oseba.



*Slika 22: Komandna kabina.*



*Slika 23: Komandno orodje.*

Oseba, ki opravlja AB iz komandne kabine, ima tudi povezavo do vseh sodelavcev, ki so neposredno povezani in skrbijo za nemoteno proizvodnjo asfaltnih zmesi.

## 5.3 Oprema za predhodno odmerjanje posameznih frakcij kamnitih zrn

Iz deponije kamnite materiale ločeno po frakcijah s pomočjo nakladača (Slika 24) prenesemo v preddozirnike, ki so postavljeni v vrsti eden poleg drugega. Zmogljivost posameznega preddozatorja je cca. 9 m<sup>3</sup>. S preddozirnikov z naravnanjem velikosti odprtine na dnu preddozatorja odmerjamo količino posamezne frakcije, ki jo preko zbirnega tekočega traku prenesemo v sušilni boben (Slika 26). Preddozatorja za fine frakcije (0/2, 2/4) sta pokrita, da ob slabem vremenu kamniti agregat ne vpije preveč vode, vendar je potrebno pri odmerjanju upoštevati masni delež vode, ki ga morebiti vsebuje posamezna frakcija. Predhodno odmerjanje je pogojeno tudi s postopkom proizvodnje asfaltnih zmesi. V primeru asfaltne baze Senožeče odmerjamo le toliko materiala, da je mogoča tekoča proizvodnja, ter ga



posušenega hranimo v prekatih za vmesno skladiščenje. Ko zamenjamo recepturo, je pred tem potrebno celotno linijo izprazniti.



*Slika 24: Nakladač.*



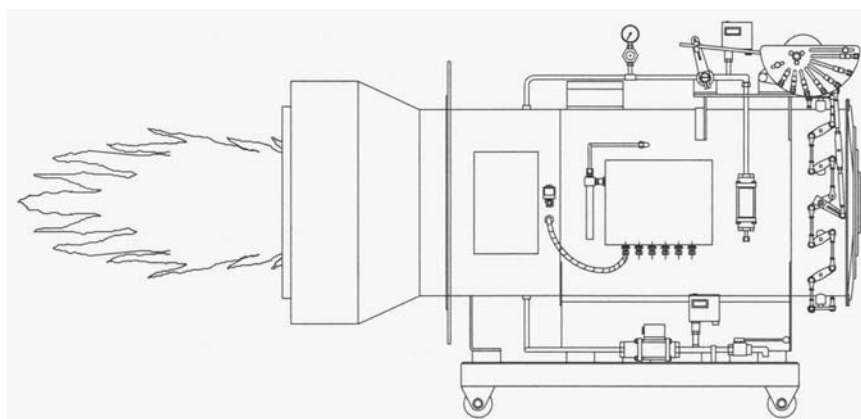
*Slika 25: Predozatorji in zbirni tekoči trak.*

#### **5.4 Sušilni boben**

Sušilni boben zmes kamnitega agregata osuši in segreje do potrebne temperature za mešanje glede na vrsto recepture oz. bitumna, ki ga primešamo. Kamniti material potuje od hladnejšega dela bobna proti gorilcu. Za segrevanje uporabljamo kurilno olje ali zemeljski plin. Temperatura v sušilnem bobnu za proizvodnjo asfaltnih zmesi znaša približno do 190° C (odvisno od veziva).



*Slika 26: Sušilni boben.*



*Slika 27: Gorilnik.*

Odvečna vlaga v kamniti zmesi se upline, večina delcev, manjših od 0,25 mm, pa se odpraši. Te delce in pline s pomočjo močnih ventilatorjev na nasprotni strani gorilca odsesamo v filter, kjer pridobimo lastno moko, v ozračje pa skozi odvodni kanal (dimnik) izpustimo le prečiščene pline. Preostala zmes kamnitih zrn pa izstopi v vroči elevator, ki jo dvigne na vrh mešalnega stolpa.

### **5.5 Oprema za ločevanje delcev prahu od odsesanih dimnih plinov**

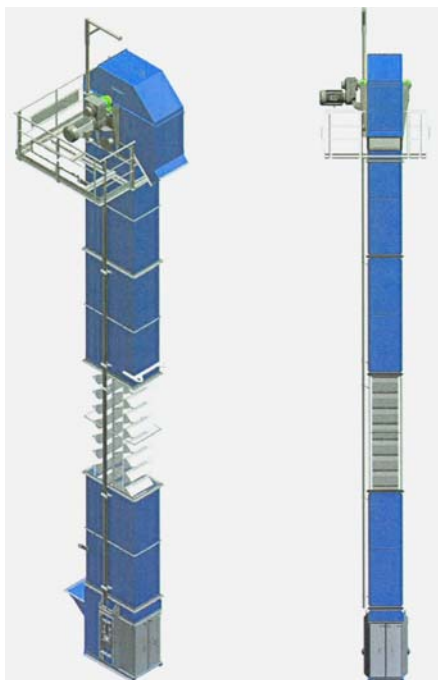
Odpraševalna naprava je z odvodno cevjo povezana s sušilnim bobnom in služi kot orodje za izločanje kamnitega prahu. V prvem ločilniku se izločijo zrna do velikosti 0,25 mm, kasneje pa se na tkanih filtrih izločijo še preostala fina zrna. Ob tem se očistijo tudi plini, ki so nastali pri izogrevanju. Grobi delci se prek zbirnega polža transportirajo nazaj v vroči elevator. Fini delci oz. lastna moka pa potuje preko drugega elevatorja v poseben silos. Kasneje jo dodamo kot lastno polnilo za lažje obremenitve asfaltni zmesi. Dimni plini pa se odvajajo skozi dušilno loputo preko dimnika v ozračje. Dušilna loputa služi tudi za regulacijo podtlaka v sušilnem bobnu, ki je pogoj za dobro izogrevanje.



*Slika 28: Odpraševalna naprava.*

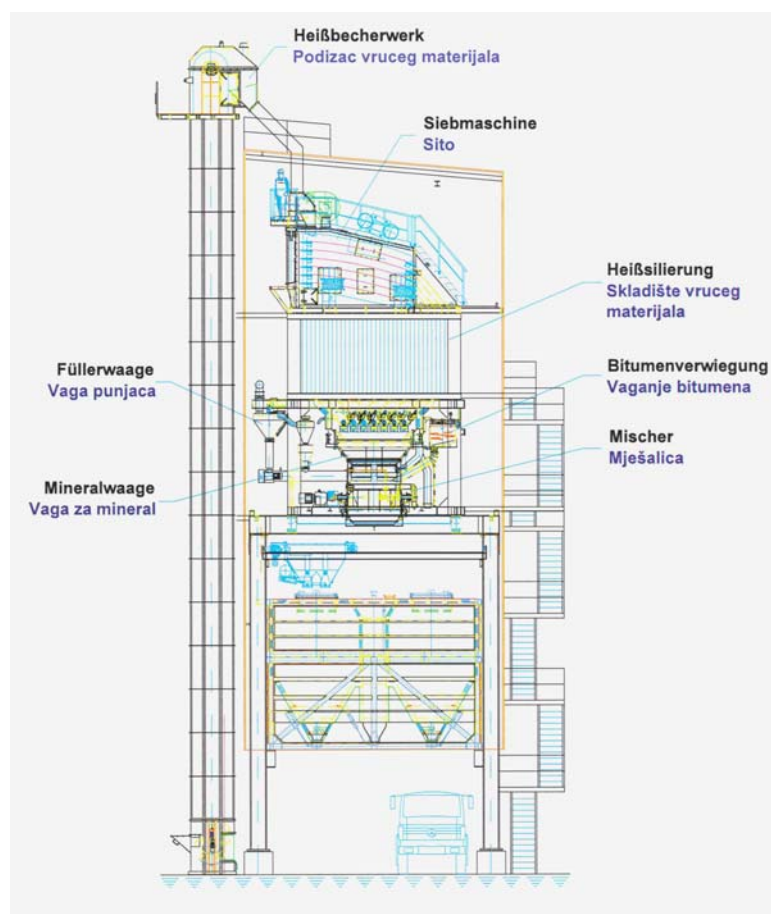
## 5.6 Elevator

Elevator nam služi kot naprava, preko katere transportiramo kamnito zmes na vrh mešalnega stolpa in jo spustimo na sita, kjer se ponovno preseje.



*Slika 29: Vroči elevator.*

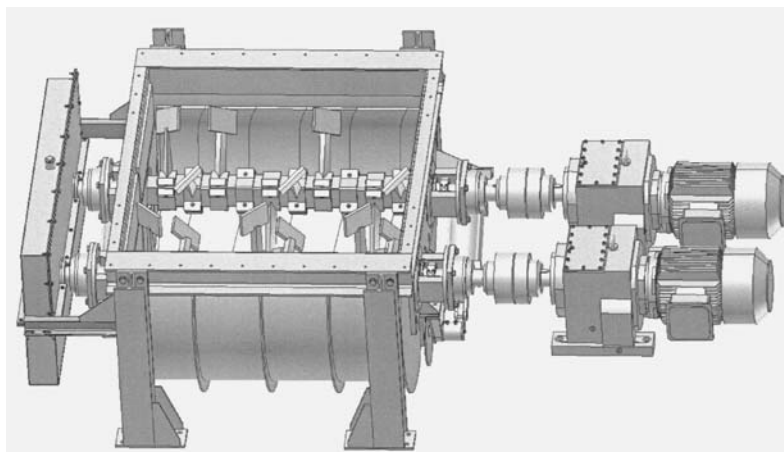
## 5.7 Stolp za proizvodnjo asfaltnih zmesi



*Slika 30: Stolp za pripravo asfaltne zmesi.*

Zmes kamnitega agregata se ponovno preseje preko sit in ločeno po frakcijah shrani v vmesnih silosih zmogljivosti 60 ton. Agregat preko tehtnice, kjer ponovno preverimo odmerjeno zmes, spustimo v mešalnik. V mešalnik preko tehtnice doziramo tudi ustrezno količino polnila in dodatke, ki jih moramo dodati pred doziranjem bitumna, če so potrebni. Najprej poteka suho mešanje, kasneje pa se prav tako s predhodnim tehtanjem vbrizgava ustrezna količina bitumna.

Mešanje zmesi zrn, polnila, veziva in dodatkov, če so potrebni, poteka s praznjenjem mešalnika približno eno minuto, če dodatkov ni, pa 45 sekund. V tem času moramo zagotoviti popolno obvitje vseh zrn z vezivom in enakomerno razporeditev vseh sestavin v asfaltni zmesi.



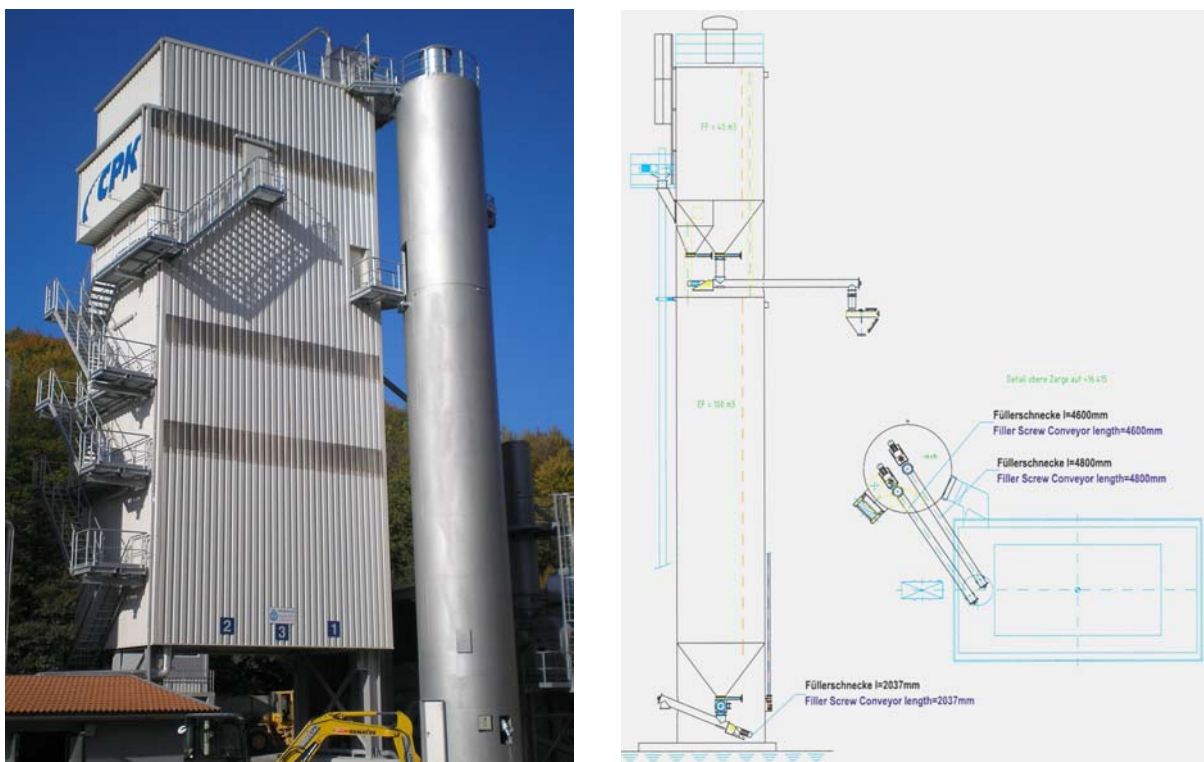
*Slika 31: Mešalnik asfaltne zmesi s hitro vrtečimi se lopaticami.*

Postopek mešanja mora potekati v območju delovanja vrtečih se lopatic, zato moramo paziti na količino asfaltne zmesi v mešalniku. Zmogljivost mešalnika je dve toni. Za dobro umešanje je potrebna primerna viskoznost veziva, ki jo zagotovimo z določeno minimalno temperaturo v odvisnosti od uporabljenega bitumna. Temperatura pa je omejena tudi navzgor, da ne bi prišlo do oksidacije, staranja ali prižiga bitumna. Iz mešalnika lahko asfaltno zmes natovorimo neposredno na tovornjak ali jo shranimo v silosih za vročo asfaltno zmes.

### **5.8 Silosi za dodatno in lastno polnilo**

Skladiščenje dodatnega in lastnega polnila je ločeno v silosih, ki sta eden nad drugim. V zgornji silos shranjujemo lastno polnilo, pridobljeno s sušenjem in segrevanjem kamnitega materiala, v spodnji silos pa deponiramo tuje oz. dodatno polnilo, ki ga pripeljemo z avtocisternami. Polnilo mora biti ločeno zaradi različne kakovosti, ki je pomembna pri proizvodnji asfaltnih zmesi za težje prometne obremenitve. Zrna tujega polnila so bolj obstojna. Tuje polnilo pridobivamo z odpraševanjem proizvodnje zmesi zrn iz kamnin v kamnolomih.

Zmogljivost silosa za lastno polnilo je 20 ton, za tuje polnilo pa 40 ton.



*Slika 32, 33: Silosa za lastno in dodatno polnilo.*

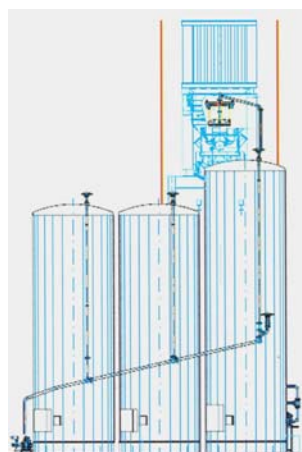
## 5.9 Cisterne za bitumensko vezivo

Skladiščenje veziva je ločeno po vrsti bitumna. Trenutno so v uporabi tri cisterne, dve po 50 ton in ena, ki je ločena in ima zmogljivost dvakrat po 25 ton. Po potrebi pa je mogoče preklopiti v obratovanje še dve cisterni, ki sta še iz prejšnjega postrojenja in imata zmogljivost vsaka po 40 ton.

Za skladiščenje bituminoznih veziv morajo biti izpolnjeni naslednji pogoji:

- za vsako vrsto veziva mora biti dovolj zmogljivosti za skladiščenje, tako omogočimo neprekinjeno proizvodnjo
- vse cisterne morajo biti ogrevane v času skladiščenja bitumna in morajo zagotoviti primerno temperaturo glede na bitumen v njej
- vse cisterne morajo biti opremljene s termometri
- vse dovodne in razvodne cevi za bitumen morajo biti ustrezno ogrevane





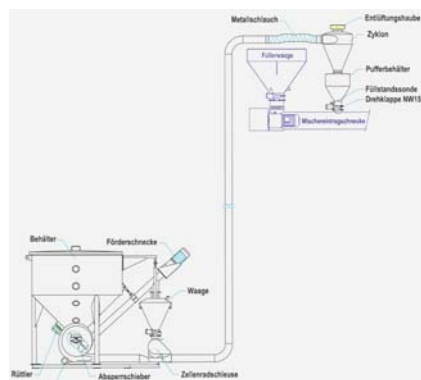
*Slika 34, 35: Cisterne za vezivo.*

### 5.10 Silosi za dodatke

Na AB Senožeče je postavljen en silos za dodatke. V njem shranjujemo celulozna vlakna za potrebe proizvodnje asfaltne zmesi, drobir z bitumenskim mastiksom (DBM), ki ga vgrajujemo na avtoceste in ceste s težko prometno obremenitvijo. Iz silosa preko transportnega polža doziramo vlakna v t.i. ciklon, kjer je tehtnica, preko katere doziramo s pomočjo puhalnika ustrezno količino vlaken v mešalni stolp. Vlakna shranimo v ciklonu v mešalnem stolpu, potem pa jih istočasno s polnilom preko polža doziramo v mešalnik pred vbrizgavanjem bitumna. Suho mešanje poteka 5 sekund. Zelo pomembno je, da suho mešanje traja dovolj dolgo, kajti vlakna se morajo enakomerno razporediti po vsej zmesi kamnitih zrn in polnila.



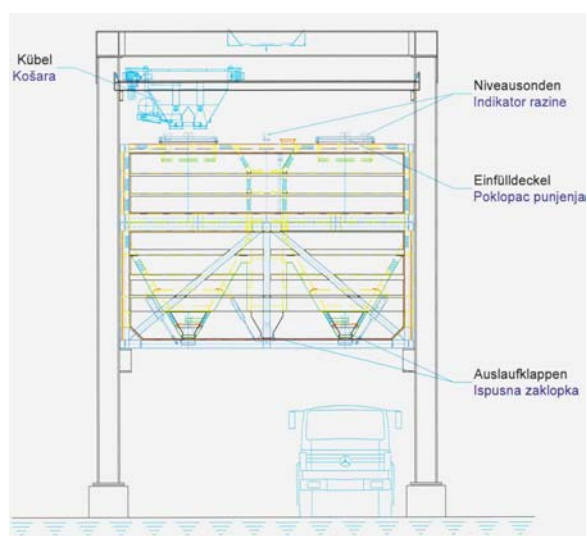
*Slika 36: Silos za celulozna vlakna.*



*Slika 37: Prikaz doziranja celuloznih vlaken.*

### 5.11 Silosi za proizvedeno asfaltno zmes

Proizvedeno asfaltno zmes lahko iz mešalnika izpraznimo preko vmesnega silosa z zmogljivostjo cca. 15 ton neposredno na tovornjak, v primeru, da nimamo na voljo vozila, jo shranimo v silos za začasno uskladiščenje. Na voljo sta dva silosa z zmogljivostjo po 60 ton. Silosa sta dobro izolirana, tako da toplotnih izgub skorajda ni. Izpusti iz silosov so ogrevani in pnevmatično krmiljeni.



*Slika 38: Silosa za proizvedeno asfaltno zmes.*



## 6 PREVOZ IN VGRAJEVANJE ASFALTNIH ZMESI

### 6.1 Prevoz asfaltnih zmesi

Prevoz asfaltnih zmesi izvajamo s tovornjaki prekucniki z zvrčanjem nazaj (Slika 39). Zelo pomembno je, da prevoz asfaltnih zmesi na gradbišče poteka enakomerno. Najbolje je, da se razdelilnik (finišer) med vgrajevanjem ne ustavi oz. da stoji čim manj časa. Čakanje tovornjakov na zvrčanje v finišer pa mora biti čim krajše. Vodja vgrajevanja asfalta mora, glede na zmogljivost finišerja, predčasno zagotoviti zadostno število vozil z ustrezno nosilnostjo. Pri načrtovanju prevoza moramo paziti tudi na morebitne prometne zastoje in zastoje zaradi slabih vremenskih razmer.



*Slika 39: Tovornjak za prevoz asfaltne zmesi.*

Preden vozilo natovorimo, je potrebno notranjost kesona (stranice in dno) pobrizgati s sredstvom proti zlepljanju zmesi na keson. V primeru zlepljenja moramo povezano asfaltno zmes takoj odstraniti, saj bi v nasprotnem primeru lahko poškodovali finišer. Asfaltno zmes moramo po natovarjanju pokriti s cerado, da jo zaščitimo pred morebitnim prahom ali pred padavinami, ohranjamo pa tudi temperaturo zmesi. Prav zaradi ohranjanja temperature se uveljavljajo prekucniki "termos", ki imajo izolirane kesone. Z njimi lahko asfaltno zmes

prevažamo na bistveno daljših razdaljah (nekaj ur), z navadnimi tovornjaki pa cca. do razdalje 60 km.



*Slika 40, 41: Natovarjanje in pokrivanje asfaltne zmesi.*

Pomembno je tudi, da vozilo pri zvrčanju ne trči v finiŝer in kasneje med vgrajevanjem ne zavira oz. obremenjuje finiŝerja.

## **6.2 Vgrajevanje asfaltne zmesi**

Vgrajevanje asfaltne zmesi delimo na dva dela:

- razgrinjanje in predzgostitev
- zgoŝčevanje

### **6.2.1 Razgrinjanje in predzgostitev**

Pred začetkom razgrinjanja asfaltne zmesi mora biti podlaga primerno pripravljena. Zagotovljena mora biti primerna nosilnost in odpravljene vse neravnine. Ko vgrajujemo na staro očiŝčeno ali na novo asfaltno plast, moramo pred vgraditvijo nove plasti zagotoviti primeren oprijem s podlago. Predhodno moramo izvesti pobrizg s primernim lepilnim sredstvom za oprijem in zlepljenje. Paziti moramo, da ne nastane predebel film veziva.



*Slika 42, 43: Mazanje stika z bitumensko pasto in pobrizg površine z bitumensko emulzijo.*

Sredstvo za pobrizg mora biti tekoče, da ga lahko brizgamo, in dovolj učinkovito, da obviye preostanek prahu.

Primerna sredstva so:

- lepilna sredstva, kot so rezani bitumni
- bitumenske emulzije (predvsem kationske – običajne, modificirane)

Količina pobrizga je odvisna od več faktorjev, kot so:

- hrapavost in votlavost površine podlage
- količine in kakovosti veziva na površini podlage
- vsebnosti veziva in votlin v asfaltni zmesi, predvideni za vgrajevanje

Če je mogoče, moramo preprečiti promet po pobrizgani podlagi zaradi nevarnosti nesreč in zmanjšanja učinka pobrizga. Pred vgrajevanjem mora biti pobrizgana površina primerno suha.

Razgrinjanje asfaltni zmesi mora biti strojno, če to ni mogoče, pa lahko asfaltno zmes razgrinjamo ročno.

Pri zvrčanju v finišer je priporočljivo preveriti temperaturo pripeljane asfaltni zmesi in pa sam izgled. Ustrezna asfaltna zmes se črno blešči ter se pri zvrčanju v finišer modrikasto kadi.



*Slika 44: Strojno vgrajevanje asfaltne zmesi na regionalni cesti Sežana–Divača.*

Debelino načrtovane asfaltne plasti predhodno nastavimo, v primeru, da so istočasno potrebne tudi izravnave, lahko finišer vodimo višinsko s pomočjo senzorjev na njem.

Finišer mora zadostiti trem pogojem:

- asfaltno zmes mora enakomerno raztegniti po površini, ne da bi zmes razmešal (slabost pri ročnem vgrajevanju)
- izvrši določeno predzgostitev razprostrte asfaltne zmesi
- ustvari ravno površino vgrajene plasti z vnaprej določeno debelino



*Slika 45: Finišer na podvozju z gosenicami.*

Pri vgrajevanju asfaltnih zmesi s finišerji je potrebno upoštevati tehnične predpise, ki predpisujejo:

- vgrajevanje asfaltne zmesi v vsej širini vozišča ali voznega pasu, če pogoji dela to omogočajo
- vsako prekinitev dela je treba izvršiti v vsej širini vozišča ali voznega pasu, pravokotno na os ceste in navpično glede na plast
- pri vgrajevanju v več plasteh morajo biti vzdolžni in prečni stiki zamaknjeni (vzdolžni najmanj 15 cm, prečni pa najmanj 50 cm)
- pred nadaljevanjem vgrajevanja moramo oblikovati rob na prekinitvi in stik premazati z ustreznim bituminoznim vezivom, območje stika pa segreti

Pri vgrajevanju moramo poleg temperature paziti še na :

- debelino in projektno višino vgrajene asfaltne zmesi
- ravnost vgrajenega sloja
- robove (zgoščevanje, posedanje, segregacija)
- enakomeren videz površine
- kakovost vzdolžnih in prečnih stikov



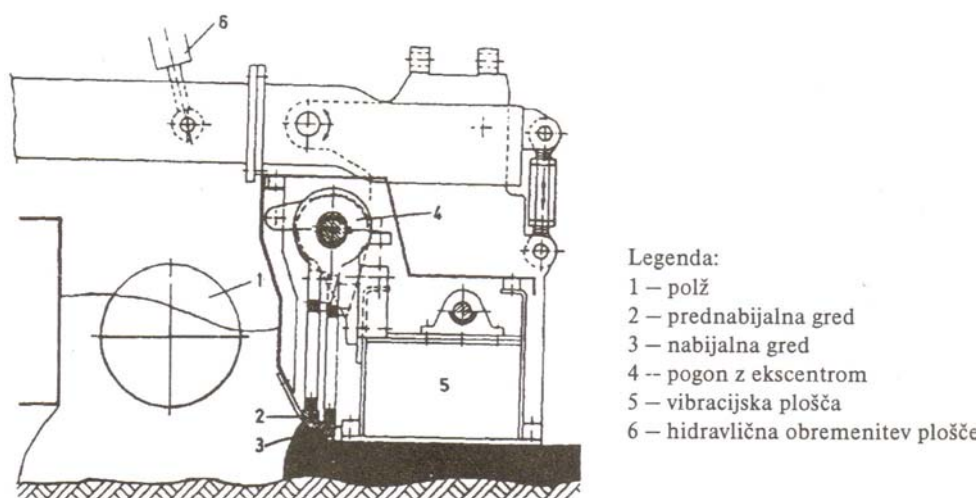
*Slika 46: Kontrola debeline razprostrte asfaltne zmesi.*



Asfaltne zmesi ne smemo vgrajevati pri temperaturah, nižjih od 0° C za nosilne plasti in 5° C za obrabne plasti, saj se asfaltna zmes tako hitro ohlaja, da je ni mogoče zadostno zgostiti. Le s soglasjem nadzornika lahko v suhem vremenu brez vetra asfalt za obrabne plasti vgrajujemo pri nižji temperaturi. Pri izjemno vročem vremenu pa moramo biti pozorni na temperaturo asfaltne zmesi, ki naj ne bo pri zgornji meji, valjanje mora biti še bolj pazljivo in temperatura se mora spustiti pod 30° C preden spustimo promet. Tako preprečimo dvigovanje bitumna na površino.

Čim višji učinek predzgostitve asfaltne zmesi je priporočljiv že z finišeji, saj je enakomeren v vsej širini. Finišer lahko do določene mere izravna neravnine, ki se pojavijo na površini in v primeru višje predzgostitve s finišejem je tudi končna stopnja zgostitve višja.

Predzgostitev pri finišejih omogočajo nabijalne gredi in vibracijske plošče. Velikost predzgostitve znaša do 85 % referenčne gostote laboratorijskega preizkušanca, pri zmogljivejših finišejih s podvojenimi gredmi in vibracijskimi ploščami pa do 95 %.



*Oprema za predzgostitev na finišeju (Janez Žmavc, Voziščne konstrukcije, 1997, str. 133.).*

## 6.2.2 Zgoščevanje

Zgoščevanje ali valjanje je potrebno, da dodatno zgostimo asfaltno zmes do zahtevane stopnje (98 %). Valjanje mora biti izvedeno zelo pazljivo in z občutkom, saj lahko ob nepravilnem valjanju pride do raznih napak.

Število in izbira valjarjev in je odvisna od:

- vrste in temperature asfaltne zmesi
- projektirane debeline asfaltne plasti
- vrste in teže valjarjev, ki so na voljo
- širine vgrajevanja
- planirane zmogljivosti vgrajevanja po površini (m<sup>2</sup>)
- vremenskih razmer
- 



*Slika 47: Dvokolesni vibracijski valjar s posipalnikom za valjanje DBM.*

Za zgostitev plasti lahko uporabljamo različne valjarje različnih mas, kot so:

- statični
- vibracijski (navpične vibracije)
- oscilacijski (vodoravne vibracije)
- valjarji z gumijastimi kolesi
- kombinirani (pogonsko kolo je jekleno, drugo pa gladke gume)
- ročni valjarji in vibracijske plošče

Valjarji morajo imeti vgrajen sistem za močenje koles, da preprečimo zlepljanje asfaltne zmesi na kolesa. Po navadi se za močenje koles uporablja voda.

Razvrščanje valjarjev za finišerjem naj bo tako:

- takoj za finišerjem mora biti uporabljen čim težji valjar, glede na debelino plasti (pomembno predvsem pri debelejših plasteh), vendar brez vibriranja
- za zgostitev plasti debeline nad 8 cm so potrebni valjarji z gladkimi pnevmatikami (gume), ki z gnetenjem ustvarijo enakomerno nosilen skelet
- za osnovno zgostitev plasti debeline pod 8 cm je primerno uporabiti predvsem težke statične valjarje ali lažje vibracijske valjarje
- za zaključno obdelavo asfaltne plasti so primerni statični valjarji, za zatesnitev površine obrabne plasti pa uporabimo valjar z gumijastimi kolesi
- za nedostopna mesta uporabimo ročne valjarje in vibracijske plošče

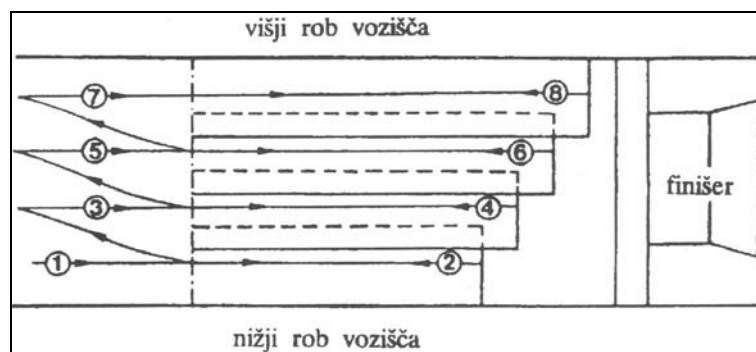
#### **6.2.2.1 Pravila zgoščevanja z valjarji**

Na gradbišču moramo vedno imeti na voljo več kot en valjar, da v primeru okvare enega lahko z drugim še naprej vgrajujemo asfaltno zmes. Pravila, ki so se uveljavila v praksi, so naslednja:

- razgrnjeno asfaltno zmes moramo pričeti valjati od zunanega prozi notranjemu robu oz. od nižjega roba proti višjemu, tako nam prvi zgoščeni pas nudi oporo pri naslednjih
- z valjanjem se moramo čim bolj približati finišerju
- pogonsko kolo pri vožnji mora biti, razen pri vzponu, vedno proti finišerju (pri vzponu je nevarnost narivanja asfaltne zmesi)
- valjar se mora vračati vedno po predhodno zgoščenem delu
- valjarja ne smemo prestavljati na še vroči asfaltni plasti, temveč na že zgoščenem delu za valjanje naslednjega pasu
- posamezni prehodi valjarjev se morajo vedno prekrivati
- valjati moramo enakomerno, brez pospeševanja in hitrega zaviranja
- pred ustavitvijo vibracijskega valjarja moramo izključiti vibracijo



- valjar ne sme v nobenem primeru stati na še vroči asfaltni plasti (ob zadostnem številu prehodov ustavimo na bolj ohlajenem delu)
- kolesa valjarjev močimo enakomerno s čim manj vode (prehitra ohladitev)
- valjarje z gumijastimi kolesi je dovoljeno uporabljati, ko so le-ta dovolj segreta
- pri valjanju DBM ne smemo uporabljati valjarjev z gumijastimi kolesi



*Razvrstitev prehodov valjarja (Janez Žmavc, Voziščne konstrukcije 1997, str. 137.).*

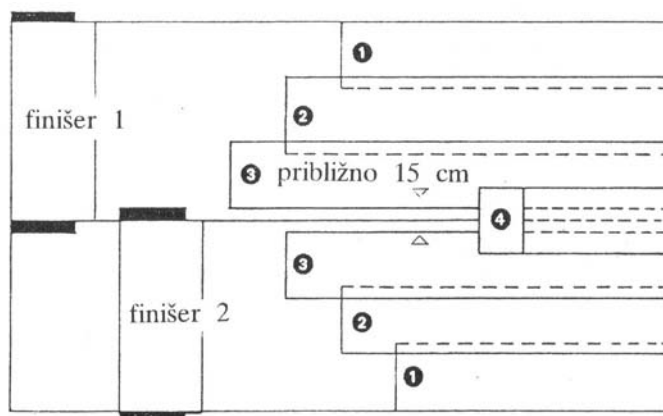
### 6.3 Osnovno o stikih

Stik je dotikanje dveh vzporedno ležečih vgrajenih pasov asfaltne zmesi. Povezavo dosežemo z zaklinjanjem in lepljenjem. Za dobre stike je najbolje, da se asfaltna zmes vgrajuje z dvema ali več finišerji s tehniko "vroče na vroče".

Zaradi prekinitev dela pa poznamo delovni ali prečni stik.

#### 6.3.1 Vzdolžni stik

V primeru, da lahko cesto popolnoma zapremo ali pri novogradnji, dosežemo z navezavo dveh ali več finišerjev najboljšo mogočo povezavo med pasovi (stik "vroče na vroče"). V tem primeru si morata finišerja slediti čim bližje drug za drugim in pri zgoščevanju (strešni nagib) moramo imeti dva enakovredna valjarja. Z obema valjarjema začnemo valjati na zunanjih robovih proti sredini, kjer ostane pas cca 15 cm, katerega takoj za tem povaljamo.

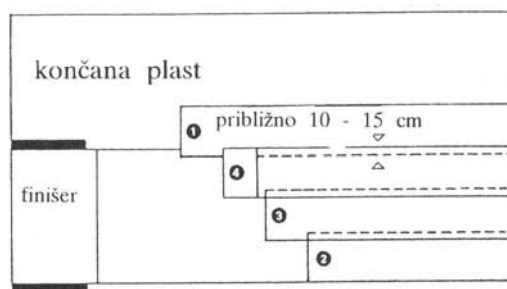


*Prikaz valjanja pri tehniki vzdolžni stik "vroče na vroče" (Feliks Podgoršek, Priročnik za asfalterje, 1996, str. 46.).*

Tudi pri gradnji vroče na hladno moramo doseči podobne lastnosti stika, tako da:

- imamo grobe kontaktne površine
- ustvarimo zadosti debel film veziva na stiku
- stik premažemo z ustrezno bitumensko emulzijo ali bitumensko pasto
- uporabimo bitumenski tesnilni trak

Pri vzdolžnem stiku "vroče na hladno" moramo biti previdni pri nagibu stika, ki ne sme biti navpičen pa tudi ne preveč položen. Najboljši nagib je nekje med  $70^\circ$  in  $80^\circ$  glede na horizontalno ravnino. Pred začetkom zgoščevanja moramo odstraniti odvečno asfaltno zmes na že ohlajeni plasti.



*Prikaz valjanja pri tehniki vzdolžni stik "vroče na hladno" (Feliks Podgoršek, Priročnik za asfalterje, 1996, str. 49.).*

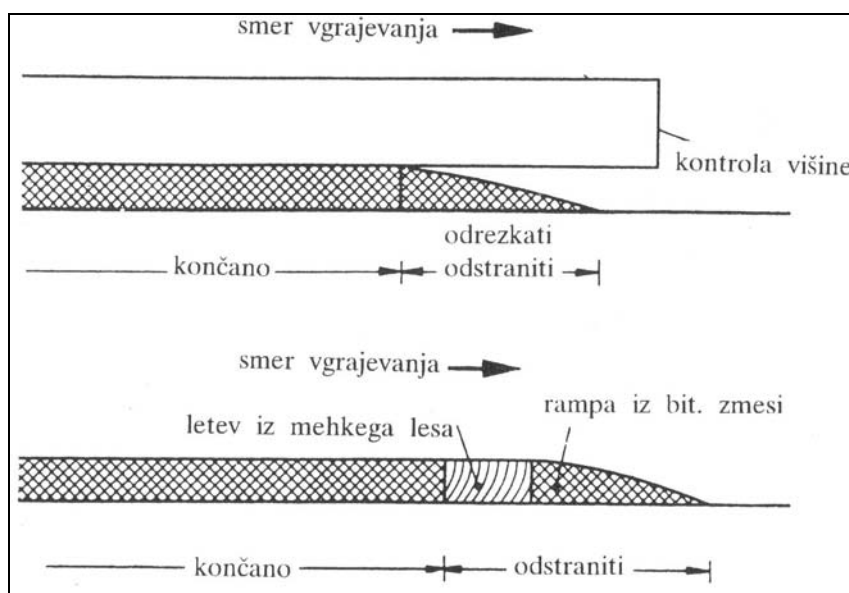
### 6.3.2 Prečni stik

Prečni stik nastane ob koncu delovnega dne in ga moramo začasno narediti, ali pa pri preplastitvi pri rekonstrukciji vozišča, kjer izvedemo prečni stik med staro in novo plastjo.

Začasni prečni stik ob koncu dne naredimo na naslednji način:

- s finišerjem povlečemo do konca in asfaltno zmes ob nezadostni debelini ročno odstranimo
- vložimo letev ustrezne debeline
- območje rampe tanko posujemo s peskom, ki preprečuje zlepljanje in rampo ročno obdelamo s preostalo asfaltno zmesjo
- celotno površino vključno z rampo povaljamo
- pred ponovnim začetkom odstranimo rampo, pesek in letev, očistimo celotno območje in premažemo z ustreznim vezivom

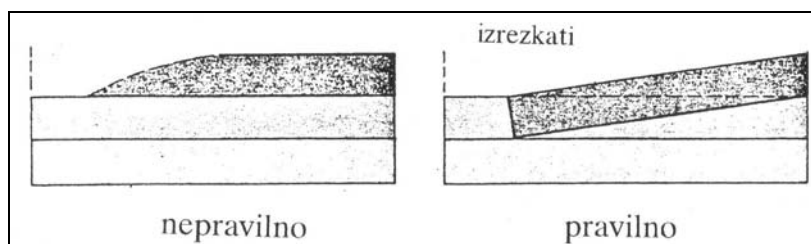
Lahko pa zaključimo brez letve in plast od dela neustrezne debeline pred nadaljevanjem vgrajevanja odstranimo z rezkalnikom.



*Obdelava prečnega stika ob daljši prekinitvi (Feliks Podgoršek, Priročnik za asfalterje, 1996, str. 52.).*

Prečni stik na priključku na obstoječo cesto, med staro in novo asfaltno plastjo, izvedemo na naslednji način:

- v debelini nove plasti moramo v stari plasti izrezkati klin
- kontaktne površine kot tudi podlago premažemo z ustreznim vezivom



*Obdelava prečnega stika na začetku in koncu preplastitve pri rekonstrukciji vozišča (Feliks Podgoršek, Priročnik za asfalterje, 1996, str. 53.).*

#### 6.4 Vloga laboranta pri vgrajevanju

Laborant na terenu preveri izgled in temperaturo pripeljane asfaltne zmesi ter ukrepa, če je to potrebno. Na asfaltni obrat lahko hitro javi napake v asfaltni zmesi, ki so lahko naslednje:

- neustrezna temperatura asfaltne zmesi
- neustrezna sestava kamnitih zrn
- soljenje bitumenske malte na površino ob vgrajevanju
- neprimerna obvitost kamnitih zrn z bitumnom
- premajhna količina bitumna v asfaltni zmesi

Med vgrajevanjem laborant izpod finišerja odvzame vzorec asfaltne zmesi. Asfaltno zmes je potrebno zajeti s primerno lopato, ki ima zaobljene robove. Po končanem vgrajevanju, ko se plast dovolj ohladi, pa je potrebno na mestih, kjer smo odvzeli vzorec, narediti še izmere z radioaktivno sondo ter odvzeti vzorec (jedro) vrtine (Sliki 48, 49) za analizo v laboratoriju. Ob odvzemu vzorcev laborant izpolni tudi ustrezne obrazce, iz katerih so razvidni vsi podatki, potrebni za analize v laboratoriju in v končnem poročilu.



*Slika 48, 49: Naprava za vrtanje in vzorec oz. jedro vrtine.*

Na dovolj zgoščeno asfaltno plast je dovoljeno spustiti promet, ko se ta ohladi pod 30° C v sredini plasti.

## 7 ZAKLJUČEK

Kljub spoznanju, da vozišča utrjujejo že okrog 4500 let, ter dejstvu, da se ves ta čas uporablja tudi asfalt v različnih oblikah in različnega izvora (naravni, umetni), se razvoj asfaltnih zmesi še ni ustavil.

Zaradi vedno večjega števila vozil na cestah in tudi zahtev, ki se v zadnjih letih zaostrejejo z raznimi novimi tehničnimi specifikacijami za javne ceste, so podjetja priseljena v tehnološki in materialni razvoj. Na trg prihajajo razni dodatki, ki izboljšujejo predvsem vezivo, pa tudi dodatki, ki se dodajajo na samem asfaltnem obratu (razna vlakna, itd.). Vse to se uveljavlja na račun izboljšanja lastnosti v asfaltnih zmesih.

Temu napredku so sledili tudi v vodstvu podjetja CPK, d. d., iz Kopra in v letošnjem letu zagnali povsem nov tehnološko in ekološko sodobno opremljen asfaltni obrat, ki zagotavlja večji prodor na konkurenčnem trgu. Proizvodnja je postala zmogljivejša in, kar je najbolj pomembno, lahko zagotovimo kakovostno asfaltno zmes brez nihanja. Odstopanj od predhodne sestave asfaltnih zmesi (PSAZ) na novi programsko vodeni asfaltni bazi (AB) praktično ni več v primerjavi s prejšnjo, pri kateri so bile potrebne vsakodnevne korekcije pri doziranju vhodnih materialov v procesu mešanja.

Poleg sodobnega obrata, ki zagotavlja enakomerno proizvodnjo asfaltnih zmesi in sodobne vgrajevalne opreme, so za kakovost le-te pomembni številni dejavniki v delovnem procesu. Najprej laborant v sodobno opremljenem laboratoriju pripravi ustrezno recepturo oz. predhodno sestavo asfaltnih zmesi (PSAZ), katero preko računalniškega programa prenesemo v proizvodni obrat. Kljub vsej računalniški podpori pa je človek zaenkrat nepogrešljiv člen proizvodnje. Zelo pomembna je tudi kakovost prevoza, predvsem pa kakovost dela pri vgrajevanju asfaltnih zmesi.

Tako ugotovimo, da asfaltna zmes potuje preko številnih "rok", preden nanjo zapelje uporabnik, zato mora vodstvo podjetja s spremljanjem dela in tudi nagrajevanjem vpletenih v

procesu dela zagotoviti primerno delovno vzdušje. Rezultat tega dejstva bo tudi bolj kakovosten in za uporabnika varnejši izdelek.

## VIRI

- Žmavc, Janez. 1997. Gradnja cest. Voziščne Konstrukcije. Ljubljana, DRC, FGG: 360 str.
- Podgoršek, Feliks. 1996. Priročnik za asfalterje. Ljubljana, DA: 60 str.
- Zupan, Janez. 1997. Drobir z bitumenskim mastiksom – DBM. Ljubljana, ZAS: 37 str.
- Žmavc, Janez. 1999. Bituminizirani drobljenec – BD. Ljubljana, ZAS, DRC: 37 str
- TSC 06.730. Predhodna sestava asfaltne zmesi. 2001. Ljubljana, DRSC: 16 str.
- TSC 06.330. Vezane spodnje nosilne plasti z bit. vezivi. 2003. Ljubljana, DRSC: 23 str.
- TSC 06. 310. Vezane zgornje nosilne in nosilnoobrabne plasti z bit. vezivi. 2001. Ljubljana, DRSC: 27 str.
- TSC 06. 411. Vezane asfaltne obrabne in zaporne plasti. Bitumenski betoni. 2003. Ljubljana, DRSC: 30 str.
- TSC 06. 412. Vezane asfaltne obrabne in zaporne plasti. DBM. 2001. Ljubljana , DRSC: 17 str.
- TSC 06. 413. Vezane asfaltne obrabne plasti. Drenažni asfalti. 2003. Ljubljana, DRSC: 24 str.
- TSC 06. 414. Vezane asfaltne obrabne in zaščitne plasti. Liti asfalti. 2005. Ljubljana, DRSC: 22 str.
- TSC 06. 416. Vezane asfaltne obrabne in zaporne plasti. Tankoplastne prevleke. 2003. Ljubljana, DRSC: 23 str.
- TSC 06. 417. Vezane obrabne in zaporne plasti. Površinske prevleke. 2001. Ljubljana, DRSC: 16 str.
- TSC 06. 740. Gradnja preskusnih polj. 2003. Ljubljana, DRSC: 13 str.
- Popis del in posebni tehnični pogoji za voziščne konstrukcije. Knjiga 4. 1989. Ljubljana, SCS: 141 str.
- Smernice in tehnični pogoji za graditev asfaltnih krovnih plasti (osnutek)
- SCT, d.d., Tehnični informator št. 64: str. 31 - 36
- CPK, d. d., AB Senožeče, arhiv



## **PRILOGE**

## KAZALO VSEBINE

<b>1 UVOD .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1 Splošno o asfaltu .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2 Splošno o bitumnu .....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Uporaba asfalta skozi zgodovino.....</b>	<b>2</b>
<b>2 OSNOVNI MATERIALI.....</b>	<b>8</b>
<b>2.1 Kameni agregat.....</b>	<b>9</b>
<b>2.2 Vezivo.....</b>	<b>11</b>
2.2.1 Vrste bitumna glede na način destilacije: .....	12
2.2.2 Viskoznost in reološke lastnosti bitumna .....	14
<b>2.3 Polnilo (kamena moka) .....</b>	<b>15</b>
<b>2.4 Dodatki .....</b>	<b>16</b>
2.4.1 Dodatki za boljšo oprijemljivost .....	17
2.4.2 Dodatki za stabilizacijo veziva .....	18
2.4.3 Barve.....	19
<b>3 VRSTE ASFALTNIH ZMESI.....</b>	<b>20</b>
<b>3.1 Vrste asfaltnih zmesi za vezane nosilne in nosilno-obrabne plasti.....</b>	<b>21</b>
3.1.1 Vezane spodnje nosilne plasti .....	21
3.1.2 Vezane zgornje nosilne in nosilno-obrabne plasti .....	22
3.2 Vrste asfaltnih zmesi za vezane obrabne in zaporne plasti .....	25
3.2.1 Bitumenski betoni (BB).....	26
3.2.2 Drobir z bitumenskim mastiksom (DBM).....	28
3.2.2.1 Hrup .....	30
3.2.2.2 Načrtovanje sestave DBM .....	30
3.2.3 Diskontinuirani bitumenski beton (DBB) .....	31

---

3.2.4 Drenažni asfalti (DA) .....	33
3.2.5 Asfaltne zmesi za tankoplastne prevleke in bitumenski mulj .....	35
3.2.5.1 Tankoplastne prevleke (TP) .....	35
3.2.5.2 Bitumenski mulj .....	38
3.2.6 Liti asfalt (LA).....	38
3.2.7 Površinske prevleke.....	42
<b>4 PRIPRAVA USTREZNIH RECEPTUR (PSAZ).....</b>	<b>45</b>
<b>4.1 Načrtovanje predhodne sestave asfaltne zmesi.....</b>	<b>46</b>
4.1.1 Izhodiščni podatki (informacije) .....	46
4.1.2 Smernice .....	47
<b>4.2 Določitev optimalnega deleža zmesi kamnitih zrn v asfaltni zmesi .....</b>	<b>47</b>
<b>4.3 Določitev optimalnega deleža bitumna v asfaltni zmesi.....</b>	<b>49</b>
Teorija votlin .....	50
4.3.1 Odpornost proti preoblikovanju .....	50
4.3.2 Raztezanje pri močnem segrevanju .....	50
4.3.3 Dodatna zgostitev pod obremenitvijo prometa.....	50
4.3.4 Nihanja pri doziranju veziva.....	51
<b>4.4 Potek priprave in izdelave PSAZ v laboratoriju .....</b>	<b>51</b>
4.4.1 Priprava sestavin in celotne asfaltne zmesi .....	51
4.4.2 Priprava preizkušancev .....	53
4.4.3 Preiskave asfaltne zmesi in preizkušancev .....	54
4.4.4 Obdelava podatkov .....	54
<b>4.5 Dodatne preiskave .....</b>	<b>54</b>
<b>4.6 Poročilo o PSAZ in potrditev.....</b>	<b>55</b>
<b>4.7 Izvedba preskusnega polja.....</b>	<b>55</b>
<b>5 PROIZVODNJA ASFALTNIH ZMESI PO VROČEM POSTOPKU NA AB .....</b>	<b>58</b>
<b>5.1 Deponiranje kamnitih materialov .....</b>	<b>59</b>
<b>5.2 Komandna kabina .....</b>	<b>60</b>

<b>5.3 Oprema za predhodno odmerjanje posameznih frakcij kamnitih zrn.....</b>	<b>60</b>
<b>5.4 Sušilni boben .....</b>	<b>61</b>
<b>5.5 Oprema za ločevanje delcev prahu od odsesanih dimnih plinov .....</b>	<b>62</b>
<b>5.6 Elevator .....</b>	<b>63</b>
<b>5.7 Stolp za proizvodnjo asfaltnih zmesi .....</b>	<b>64</b>
<b>5.8 Silosi za dodatno in lastno polnilo .....</b>	<b>65</b>
<b>5.9 Cisterne za bitumensko vezivo .....</b>	<b>66</b>
<b>5.10 Silosi za dodatke .....</b>	<b>67</b>
<b>5.11 Silosi za proizvedeno asfaltno zmes .....</b>	<b>68</b>
<b>6 PREVOZ IN VGRAJEVANJE ASFALTNIH ZMESI .....</b>	<b>69</b>
<b>6.1 Prevoz asfaltnih zmesi .....</b>	<b>69</b>
<b>6.2 Vgrajevanje asfaltne zmesi .....</b>	<b>70</b>
6.2.1 Razgrinjanje in predzgostitev .....	70
6.2.2 Zgoščevanje .....	75
6.2.2.1 Pravila zgoščevanja z valjarji .....	76
<b>6.3 Osnovno o stikih .....</b>	<b>77</b>
6.3.1 Vzдолžni stik .....	77
6.3.2 Prečni stik .....	79
<b>6.4 Vloga laboranta pri vgrajevanju.....</b>	<b>80</b>
<b>7 ZAKLJUČEK .....</b>	<b>82</b>
<b>VIRI .....</b>	<b>84</b>
<b>PRILOGE.....</b>	<b>85</b>

---

## KAZALO PREGLEDNIC

<i>Preglednica 1: Razlike v standardih za bitumne (primerjava za BIT 60 in BIT 90).....</i>	<i>12</i>
<i>Preglednica 2: Področje uporabe asfaltnih zmesi za vezane spodnje nosilne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve. ....</i>	<i>21</i>
<i>Preglednica 3: Mejne projektne debeline plasti posameznih zrnivosti asfaltnih zmesi za BSNP.....</i>	<i>21</i>
<i>Preglednica 4: Področje uporabe asfaltnih zmesi za vezane zgornje nosilne in nosilno- -obrabne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve.....</i>	<i>22</i>
<i>Preglednica 5: Mejne projektne debeline plasti posameznih zrnivosti asfaltnih zmesi za BZNP in BNOP za novogradnje. ....</i>	<i>24</i>
<i>Preglednica 6: Mejne projektne debeline plasti posameznih zrnivosti asfaltnih zmesi za BZNP in BNOP za dela na obstoječih cestah.....</i>	<i>24</i>
<i>Preglednica 7: Področje uporabe asfaltnih zmesi bitumenskih betonov za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve. ....</i>	<i>27</i>
<i>Preglednica 8: Področje uporabe asfaltnih zmesi bitumenskih betonov za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od gostote prometa. ....</i>	<i>27</i>
<i>Preglednica 9: Mejne projektne debeline plasti asfaltnih zmesi za novogradnje in za dela na obstoječih cestah. ....</i>	<i>28</i>
<i>Preglednica 10: Uporaba vrste asfaltne zmesi DBM v odvisnosti od prometne obremenitve.</i>	<i>30</i>
<i>Preglednica 11: Mejne projektne debeline plasti asfaltnih zmesi DBM za novogradnje in za dela na obstoječih cestah.....</i>	<i>30</i>
<i>Preglednica 12: Uporaba nekaterih vrst asfaltne zmesi DBB v odvisnosti od prometne obremenitve. ....</i>	<i>32</i>
<i>Preglednica 13: Mejne projektne debeline nekaterih plasti asfaltnih zmesi DBB za novogradnje in za dela na obstoječih cestah.....</i>	<i>33</i>
<i>Preglednica 14: Uporaba vrste asfaltne zmesi DA v odvisnosti od prometne obremenitve. ...</i>	<i>34</i>
<i>Preglednica 15: Področje uporabe asfaltnih zmesi DA v odvisnosti od gostote prometa. ....</i>	<i>34</i>
<i>Preglednica 16: Mejne projektne debeline plasti asfaltnih zmesi DA za novogradnje.....</i>	<i>35</i>
<i>Preglednica 17: Razvrstitev tankoplastnih prevlek.....</i>	<i>35</i>

<i>Preglednica 18: Področje uporabe TP za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve. ....</i>	<i>36</i>
<i>Preglednica 19: Področje uporabe TP za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve. ....</i>	<i>36</i>
<i>Preglednica 20: Mejne projektne debeline plasti asfaltnih zmesi TP za novogradnje in dela na obstoječih cestah. ....</i>	<i>37</i>
<i>Preglednica 21: Področje uporabe litih asfaltov za vezane obrabne in zaporne plasti v odvisnosti od prometne obremenitve. ....</i>	<i>41</i>
<i>Preglednica 22: Področje uporabe litih asfaltov v odvisnosti od gostote prometa. ....</i>	<i>41</i>
<i>Preglednica 23: Mejne projektne debeline plasti litih asfaltov.....</i>	<i>42</i>
<i>Preglednica 24: Zrnavost kamnitega materiala.....</i>	<i>47</i>
<i>Preglednica 25: Sestava zmesi zrn kamnitega materiala.....</i>	<i>48</i>
<i>Preglednica 26: Sestava zmesi zrn kamnitega materiala za PSAZ . ....</i>	<i>48</i>
<i>Preglednica 27: Dovoljeno odstopanje preseka zmesi kamnitih zrn v posameznih vzorcih v primerjavi s predhodno sestavo.....</i>	<i>57</i>

## KAZALO SLIK

<i>Slika 1: Asfaltna baza (obrat) Cestnega podjetja Koper v letu 1966.</i>	1
<i>Slika 2: Asfaltno jezero na Trinidadu.</i>	3
<i>Slika 3: Sušilni boben asfaltne baze iz leta 1925.</i>	5
<i>Slika 4: Sušilni boben na AB Cestnega podjetja Koper (l. 1966).</i>	6
<i>Slika 5: Skladiščenje frakcij kamnitih agregatov na AB Senožče, podjetja CPK, d. d.</i>	9
<i>Slika 6: Vrtina za preiskavo v laboratoriju, nosilna plast (BD 22S) in obrabna plast (DBM 11s).</i>	11
<i>Slika 7: Silos za dodatek (celulozna vlakna).</i>	16
<i>Slika 8: Vreče, v katerih so shranjena celulozna vlakna.</i>	19
<i>Slika 9: Sestava bituminiziranega drobljenca BD 22, prikazana v prerezanem vzorcu vrtine.</i>	25
<i>Slika 10: Sestava DBM 8s, prikazana v prerezanem vzorcu vrtine.</i>	29
<i>Slika 11: Tekstura DBB 11 na odseku ceste Ponikve–Štanjel, julij 1994 (posnetek 2005).</i>	31
<i>Slika 12: Stabilni kotel za pripravo litega asfalta.</i>	38
<i>Slika 13: Transportna kotla za prevoz litega asfalta.</i>	39
<i>Slika 14: Prikaz mešanja in izpusta litega asfalta iz kotla v prekucnik.</i>	39
<i>Slika 15: Prekucnik za transport in finišer za vgradnjo litega asfalta.</i>	40
<i>Slika 16: Tehtanje asfaltne zmesi po končanem mešanju.</i>	52
<i>Slika 17: Nabijalo za pripravo preizkušancev po Marshallu.</i>	53
<i>Slika 18: Preizkušanci za posamezno sestavo asfaltne zmesi.</i>	53
<i>Slika 19: Vzorca asfaltne zmesi za preiskavo v laboratoriju.</i>	56
<i>Slika 20: Diagram poteka mešanja asfaltnih zmesi po vročem postopku na AB Senožče, podjetja CPK, d. d., iz Kopra.</i>	58
<i>Slika 21: Deponija kamnitih materialov.</i>	59
<i>Slika 22: Komandna kabina.</i>	
<i>Slika 23: Komandno orodje.</i>	60
<i>Slika 24: Nakladač., Slika 25: Predozatorji in zbirni tekoči trak.</i>	61
<i>Slika 26: Sušilni boben.</i>	61
<i>Slika 27: Gorilnik.</i>	62
<i>Slika 28: Odpraševalna naprava.</i>	63

---

<i>Slika 29: Vroči elevator.....</i>	<i>63</i>
<i>Slika 30: Stolp za pripravo asfaltne zmesi. ....</i>	<i>64</i>
<i>Slika 31: Mešalnik asfaltne zmesi s hitro vrtečimi se lopaticami.....</i>	<i>65</i>
<i>Slika 32, 33: Silosa za lastno in dodatno polnilo. ....</i>	<i>66</i>
<i>Slika 34, 35: Cisterne za vezivo.....</i>	<i>67</i>
<i>Slika 36: Silos za celulozna vlakna., Slika 37: Prikaz doziranja celuloznih vlaken.....</i>	<i>67</i>
<i>Slika 38: Silosa za proizvedeno asfaltno zmes. ....</i>	<i>68</i>
<i>Slika 39: Tovornjak za prevoz asfaltne zmesi.....</i>	<i>69</i>
<i>Slika 40, 41: Natovarjanje in pokrivanje asfaltne zmesi. ....</i>	<i>70</i>
<i>Slika 42, 43: Mazanje stika z bitumensko pasto in pobrizg površine z bitumensko emulzijo....</i>	<i>71</i>
<i>Slika 44: Strojno vgrajevanje asfaltne zmesi na regionalni cesti Sežana–Divača. ....</i>	<i>72</i>
<i>Slika 45: Finišer na podvozju z gosonicami. ....</i>	<i>72</i>
<i>Slika 46: Kontrola debeline razprostrte asfaltne zmesi.....</i>	<i>73</i>
<i>Slika 47: Dvokolesni vibracijski valjar s posipalnikom za valjanje DBM. ....</i>	<i>75</i>
<i>Slika 48, 49: Naprava za vrtanje in vzorec oz. jedro vrtine. ....</i>	<i>81</i>

## **KAZALO DIAGRAMOV**

<i>Diagram 1: Območje zrnivosti DBB 11 brez frakcije 2/4 in 4/8. ....</i>	<i>32</i>
---	-----------



## **PRILOGA A: IZJAVA O SKLADNOSTI ZA NEKATERE VHODNE MATERIALE**

DROBIR 4/8

BITUMEN 50/70

BITUMEN 70/100

POLIMERNI BITUMEN POLYPLAST BATEC B1

BITUMENSKA EMULZIJA HB 40 KPM

## **PRILOGA B: PREDHODNA DELOVNA SESTAVA ASFALTNE ZMESI (PSAZ)**

DROBIR Z BITUMENSKIM MASTIKSOM DBM 11s

## **PRILOGA C: IZJAVA O SKLADNOSTI**

DROBIR Z BITUMENSKIM MASTIKSOM DBM 11s

## **PRILOGA D: ZAPISNIKI**

1. SONDNE MERITVE
2. ZAPISNIK O ODVZEMU VZORCA ASFALTNE ZMESI
3. ZAPISNIK O ODVZEMU VZORCA ASFALTNE ZMESI – VRTINE

## **PRILOGA E: STATISTIKA ANALIZ ASFALTNE ZMESI PROIZVEDENE NA AB SENOŽEČE**

1. DROBIR Z BITUMENSKIM MASTIKSOM DBM 8s
2. DROBIR Z BITUMENSKIM MASTIKSOM DBM 11s

Tominc, A. 2006. Asfalti v cestogradnji.  
Dipl. nal. – VSŠ. Ljubljana, UL, FGG, Odd. za gradbeništvo, Operativna smer.

---

## **PRILOGA F: PROJEKT ASFALTNE BAZE SENOŽEČE**

**PRILOGA G: PREGLED PROIZVODNJE ASFALTNIH ZMESI PO MESECIH V  
LETU 2006**