



Sveučilište u Zagrebu Građevinski fakultet
Zavod za organizaciju, tehnologiju i menadžment

Tehnologija građenja niskogradnja

12. predavanje

doc.dr.sc. Matej Mihić, mag.ing.aedif.

Sadržaj

- ❑ Asfalterški radovi
- ❑ Valjani asfaltbetoni
- ❑ Asfaltni makadami
- ❑ Obnova i recikliranje asfaltnih zastora

Asfaltni radovi

Asfalterski radovi

Asfalterski radovi obuhvaćaju izvedbu asfaltnih zastora (plošnih građevinskih konstrukcija):

- asfaltni slojevi kolničkih konstrukcija,
- obloge hidrotehničkih kanala, brana i bazena,
- podloge hodnika i pješačkih staza,
- podovi hala, igrališta, ...

od raznih vrsta asfalta:

- valjani asfaltni betoni,
- lijevani asfalti,
- asfaltni makadami,

kod kojih su veziva agregata viskomolekularne organske ugljikovodične (hidro-karbonatne) tvari, sa sljedećim korisnim svojstvima:

- dobra adhezijska prionjivost na kamene materijale,
- hidrofobnost, tj. odbijaju vodu,
- plastična konzistencija,
- otpornost na djelovanje atmosferilija i raznih agresivnih kemikalija.

Asfalti

- ❑ Asfaltbeton je naziv za klasični asfalt, zbog toga što ugljikovodično vezivo veže na agregat, na sličan način kao što se mineralno vezivo (cement) veže na agregat u betonu.
- ❑ Asfaltbeton je mješavina triju sastavnica:
 - ugljikovodično vezivo (5%)
 - kameno brašno
 - mljevena kamena sitnež (prašina) veličine "zrna" do oko 0,25 mm (iznimno 0,71 mm)
 - 60% - 85% granulometrijskog sastava čini punilo (promjer "čestica" manji od 0,063 mm)
 - agregat asfaltne mase – mineralna sastavnica tj. kamena sitnež
 - nesijani ili sijani prirodni šljunak
 - drobljeni nesijani ili sijani minirani kameni materijal

Ugljikovodična veziva

□ katran

- dobiva se suhom destilacijom ugljena

□ bitumen

- dobiva se kao posljednji teški proizvod (ostatak) pri frakcijskoj destilaciji sirove nafte
- prirodni bitumen
 - Dobiva se iz podzemnih nalazišta
 - Ponekad izbija na površinu u obliku „asfaltnih jezera”



Katran

- ❑ kvalitetnije vezivo od bitumena
- ❑ niže viskoznosti
 - viskoznost je mjera unutarnjeg otpora kretanju ili promjeni položaja sastavnih čestica neke tvar;
 - pri povišenoj temperaturi se smanjuje pa se stoga sastavnice asfaltne mješavine zagrijavaju kako bi ukupni tehnološki postupak rezultirao što kvalitetnije izvedenim asfaltnim zastorom
- ❑ visoka prionjivost na agregat
- ❑ veća otpornost na djelovanje vode
- ❑ proizvodno najskuplje ugljikovodično vezivo
- ❑ ne primjenjuje se u masovnim asfaltnim radovima
- ❑ primjena za visokokvalitetne lijevane asfaltne zastore
 - kolnika mostova
 - pločnika gradskih ulica

Bitumen

□ Ima veću viskoznost od katrana.

□ Nepovoljna viskoznost bitumena smanjuje se:

- razrjeđivanjem bitumena podesnim uljima (nakon ugradnje asfaltne mješavine ulja ispare - ovaj se postupak u praksi rjeđe koristi);
- disperzijom bitumena u vodi:
 - polustabilne bitumenske emulzije,
 - mješavine bitumena, vode i emulgatora.

□ Disperzija bitumena:

- smanjuje površinsku napetost između raspršenog bitumena i vode,
- omogućavaju brzo vezanje odnosno „lijepljenje” bitumena po površini agregata,
- nakon isparavanja vode bitumen ostaje kao vezivo u asfaltnoj masi.

Punilo (filler)

□ Punilo (filler):

- element asfaltne mješavine, a sastoji od u velikoj mjeri od izrazito malih frakcija agregata promjera zrna $<0,063$ mm, zvanih kameno brašno;
- učvršćuje strukture ugljikovodičnog veziva;
- smjesa bitumena i punila daje bitumenski mort:
 - povezuje zrna kamenog skeleta,
 - ispunjava prostor između zrna kamenog skeleta.

□ Bitumenski mort sastoji se od:

- dijela slobodnog bitumena:
 - stvara ljepljivi film oko zrna kamenog skeleta koji time postaje koherentan materijal
 - dio ispunjava prostor između zrna kamenog skeleta, a dio pore unutar pojedinih zrna (adsorbirani bitumen)
- samog bitumenskog morta koji sadrži punilo i drugi dio (vezanog) bitumena.

Agregat asfaltbetona

- Agregat čini 92% do 97% mase asfaltne mješavine.
- Sastoji se od slijedećih proizvodnih inačica kamene sitneži traženog granulometrijskog sastava:
 - prirodni (ne)sijani i/ili (ne)drobljeni pijesak i šljunak,
 - drobljena i sijana kamena sitnež dobivena iz (minirane) stijene,
 - mješavina navedenih.

Agregat asfaltbetona

□ Geološko porijeklo agregata:

- sedimentno i/ili metamorfno porijekla karbonatnog sadržaja
 - bolje "obljepljivanje" i "upijanje" bitumena,
 - jeftinija proizvodnja,
 - za sve asfaltne slojeve kolničke konstrukcije i trošive slojeve kod srednjeg, lakog i vrlo lakog prometnog opterećenja.
- eruptivnog i/ili metamorfnog porijekla te silikatnog sadržaja
 - teže "obljepljivanje" i "upijanje" bitumena,
 - skuplja proizvodnja,
 - za završne (trošive, habajuće) asfaltne slojeve kolničke konstrukcije cesta i autocesta kod teškog prometnog opterećenja.

Vrste asfaltnih zastora i slojeva

□ U smislu načina i mjesta dodavanja (miješanja) ugljikovodičnog veziva, zagrijanosti asfaltne mješavine i načina ugradnje (izvedbe) asfaltnog sloja razlikuju se:

- asfaltbetoni:
 - (vrući i hladni) valjani asfaltbetoni,
 - asfaltni tepisi,
 - lijevani asfalti (lijevani asfaltbetoni).
- asfaltni makadami:
 - zasuti asfaltni makadami (površinske obrade),
 - zaliveni (penetrirani) asfaltni makadami,
 - miješani asfaltni makadami,
 - asfaltne stabilizacije.

Kolničke konstrukcije od valjanih asfaltbetona

- Izvode se u načelu od dva ili tri sloja asfaltbetona.
- Dvoslojni asfaltni zastor (odozgora prema dolje):
 - trošivi, habajući sloj,
 - bitumenizirani nosivi sloj (BNS).
- Troslojni asfaltni zastor (odozgora prema dolje):
 - trošivi, habajući sloj,
 - vezni sloj,
 - bitumenizirani nosivi sloj (BNS).

Kolničke konstrukcije od valjanih asfaltbetona

□ Habajući sloj:

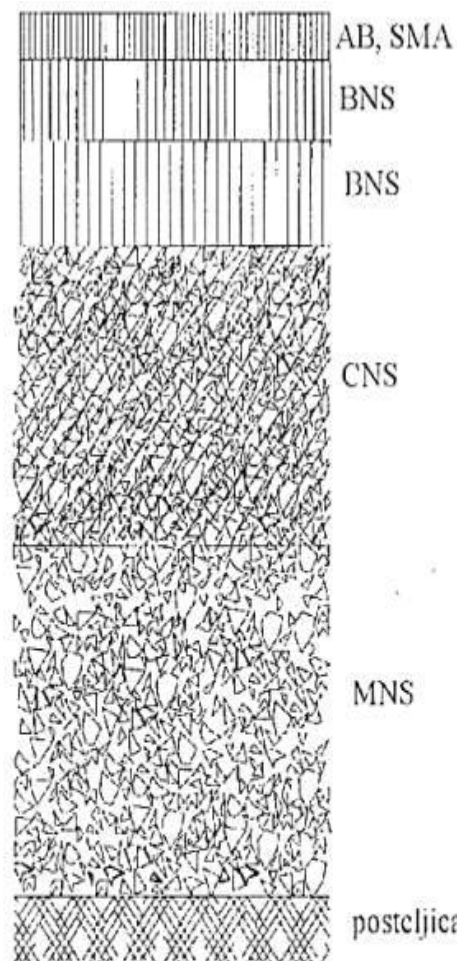
- sloj koji je u doticaju s prometom,
- ovisno o opterećenju izrađuje se ili od sedimentnih ili eruptivnih agregata,
- za izrazito teška opterećenja, izrađuje se u verziji splitmastiks asfalta (SMA).

□ Vezni sloj:

- isključivo na prometnicama s većim prometnim opterećenjem koje moraju imati veću debljinu asfaltnog zastora.

□ Bitumenizirani nosivi sloj:

- sloj koji prenosi opterećenje na donji ustroj prometnice.



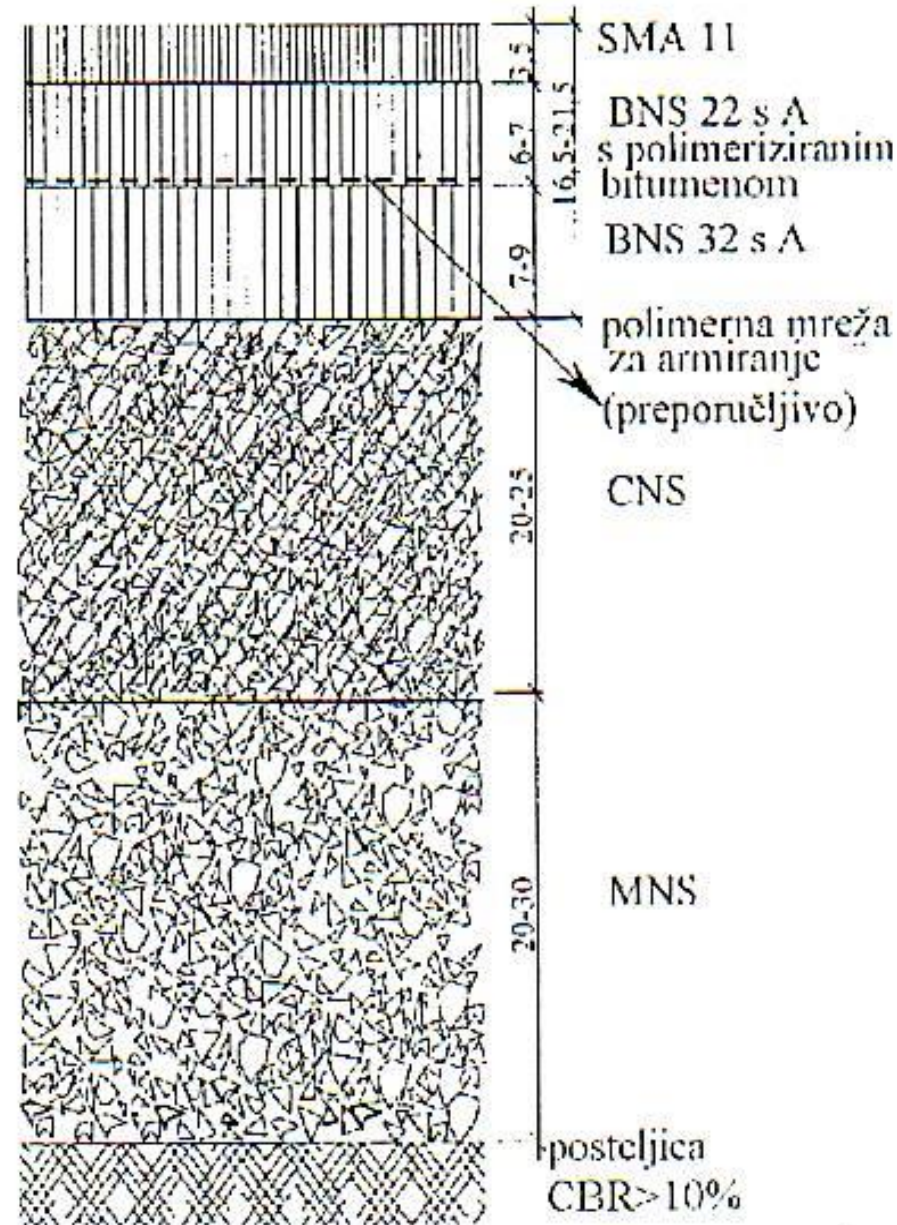
Presjek kolničke konstrukcije voznihi trakova glavne trase se u većini slučajeva sastoji od slojeva prikazanih na slici 1.

Na slici i u tablicama kratice imaju sljedeća značenja:

- AB – asfaltbeton, SMA – splitmastiks asfalt, BNS – bitumenizirani nosivi sloj;
- CNS – nosivi sloj od cementom stabiliziranog zrnatog kamenog materijala.
- MNS – nosivi sloj od mehanički zbijenog nevezanog zrnatog kamenog materijala.

Slika 1. Presjek kolničke konstrukcije voznihi trakova glavne trase

od mehanički zbijenog nevezanog zrnatog kamenog materijala.



Asfaltbetoni

□ Valjani asfaltbetoni u užem smislu:

- miješanje asfaltne mase odvija prije i izvan mjesta same ugradnje u asfaltnim bazama
- ugradnja sa obvezatnim valjanjem izvedenog asfaltnog sloja
- mogu biti proizvedeni i ugrađeni kao:
 - hladne mješavine (rjeđa uporaba, uglavnom za održavanje kolnika krpanjem udarnih rupa),
 - (uglavnom i najčešće) vruće mješavine asfaltbetona.

□ Asfaltni tepisi:

- podvrsta vruće miješanih valjanih asfaltbetona,
- za izvedbu tanjih i kvalitetnijih asfaltnih zastora.

Asfaltbetoni

□ Lijevani asfalt

- miješanje asfaltne mase se prije ugradnje obavlja:
 - ili u asfaltnim postrojenjima ("in plant") dalje od mjesta ugradnje,
 - ili u posebnim miješalicama na kamionskom podvozju na licu mjesta ugradnje ("in situ").
- ugradnja asfaltne mase je lijevanjem na podlogu bez strojnog valjanja izvedenog asfaltnog zastora
 - ručno zaglađivanje površine, ukoliko ugradnja nije posebnim finišerima za izvedbu lijevanih asfalta

Valjani asfaltbetoni

(vrući) valjani asflatbetoni

□ Osnovna tehnološka obilježja su im:

- miješanje asfaltne mase u miješalicama („in-plant” ili „in-situ”);
- vrući postupak proizvodnje (miješanja) i ugradnje (valjanja);
 - preporučene temperature skladištenja bitumena u spremnicima asfaltnog postrojenja $130^{\circ}\text{C} - 160^{\circ}\text{C}$ (najviše do 175°C)
 - preporučene temperature asfaltne mješavine na izlazu iz asfaltne baze od $140^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ do $170^{\circ} \pm 10^{\circ}\text{C}$ (najviše do 180°C)
 - preporučene temperature asfaltne mješavine na mjestu ugradnje od $130^{\circ}\text{C} \pm 10^{\circ}\text{C}$ do $160^{\circ} \pm 10^{\circ}\text{C}$ (najniža 110°C)
- ugrađivanje asfaltne mase zbijanjem tj. valjanjem.

□ Zbog potrebe za zadržavanjem visoke temperature:

- udaljenost mjesta ugradnje najviše do 70 km od asfaltne baze
- vrijeme prijevoza najviše 1,5 sat od trenutka prihvata na asfaltnoj bazi

(vrući) valjani asflatbetoni

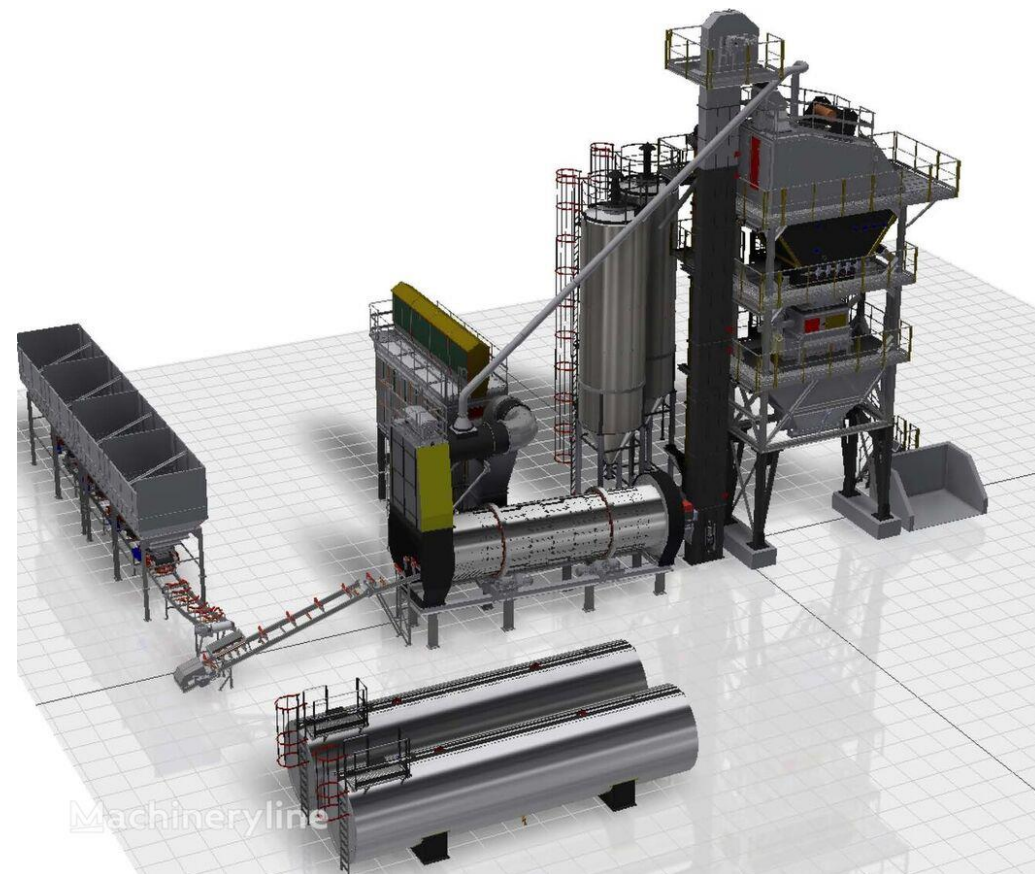
- Izvedba asfaltnih zastora i slojeva kolničkih konstrukcija od vruće miješanih valjanih asfaltnih betona predstavlja u organizacijsko-tehnološkom smislu masovne asfalterske radove koji moraju osigurati kvalitetu izvedenog asfaltnog zastora u smislu njegove:
- ravnosti,
 - kompaktnosti (homogenosti),
 - mehaničke stabilnosti,
 - otpornosti na vodu.

Asfaltne baze

- Proizvodnja asfalta za ugradnju odvija se u postrojenjima koje nazivamo asfaltne baze.
- Asfaltne baze dijele mnogo sličnosti s betonarama, u pogledu:
 - koncepcije prostorne organizacije;
 - smještaja i doziranja agregata;
 - sredstava unutrašnjeg transporta;
 - cikličkog ili kontinuiranog načina miješanja smjese;
 - (ne)pokretnosti postrojenja.



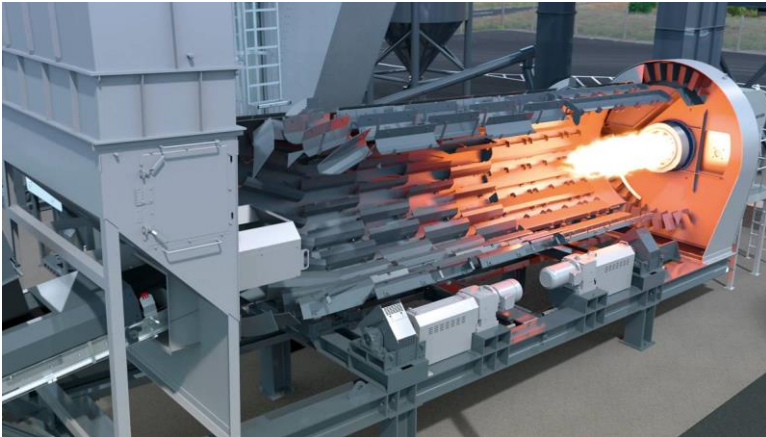
- | | | | | |
|--------------------------------|----------------|--------------------------|-------------------------|---------------------------------|
| ❶ Cold aggregate supply system | ❷ Drum dryer | ❸ Hot aggregate elevator | ❹ Vibrating screen | ❺ Weighing system |
| ❻ Mixing tower | ❼ Dust catcher | ❽ Filler supply system | ❾ Bitumen supply system | ❿ Electronic controlling system |





Asfaltne baze

- ❑ Obzirom da mješavina asfalta mora biti vruća, bitumen se drži zagrijan na visoku temperaturu, a agregat se suši i grije nakon doziranja, a prije samog postupka miješanja.
- ❑ Miješalice su za razliku od betonara isključivo prisilne.
- ❑ Neke asfaltne baze imaju mogućnost korištenja i recikliranog asfalta za proizvodnju novog.



Transport (vrućeg, valjanog) asfaltbetona

- Za vanjski transport vrućeg, valjanog asfalt betona (ali i drugih vrsta također) koriste se:
 - kamioni kiperi,
 - kamioni kiperi s natkrivenim sanducima,
 - kamioni kiperi s potpuno zatvorenim i grijanim sanducima i ugrađenim grijačima asfaltne mješavine.
- Za unutrašnji transport koriste se također kamioni kiperi (zbog malih udaljenosti nisu potrebni natkriveni i zatvoreni sanduci), ali se za manje količine mogu koristiti različita specijalizirana kolica.



Ugradnja (vrućeg, valjanog) asfaltbetona

□ Osnovni strojevi za ugradnju zastora i vezanih nosivih slojeva od asfaltnog betona:

■ Finišer:

- složena tehnološka oprema;
- posebni građevinski stroj na pokretnom postolju;
- obuhvaća slijedeće osnovne uređaje:
 - sanduk za prihvrat asfaltbetona iz kamiona,
 - transportnu traku za dopremu materijala do razdjeljivača,
 - razdjeljivač u obliku beskonačnog vijka «peglu» za ravnanje i početno zbijanje ugrađenog sloja asfaltnog betona.

■ Valjci:

- za sabijanje asfaltne mješavine;
- glatki čelični valjci i valjci gumenjaci.





Asfaltni makadami

Asfaltni makadami

- ❑ Miješanje asfaltne mase se izvodi na licu mjesta ("in situ").
- ❑ Ugradnja obuhvaća miješanje sastojaka i samu ugradnju u užem smislu.
- ❑ Podjela:
 - jednoslojni ili višeslojni zasuti asfaltni makadami
 - prvo se na podlogu nanosi ugljikovodično vezivo, a zatim sloj kamene sitneži koji se nakon toga uvalja valjkom
 - zaliveni (penetrirani) asfaltni makadami
 - prvo se izvodi sloj kamene sitneži a zatim se sloj "zalijeva" ili prska vezivom koje zatim prodire ili "penetrira" u sloj kamene sitneži
 - obvezatno zatvaranje ovako izvedenih makadamskih kolničkih konstrukcija površinskom obradom
 - miješani asfaltni makadami
 - tehnološke kombinacije asfaltbetona i asfaltnih makadama
- ❑ Veliki broj šupljina (10-12% obujma sačinjavaju šupljine) pa se zbog toga tijekom korištenja (prometovanja po njima) naknadno sabijaju

Zasuti asfaltni makadami – površinske obrade

- ❑ Izvedba (dvoslojnog zastora) zasutog asfaltnog makadama obuhvaća slijedeće tehnološke zahvate:
 - priprema podloge
 - ravnanje i zbijanje nosivog nevezanog sloja kamene sitneži ili vezanog sloja penetriranog makadama kao podloge zastora
 - početno zalijevanje (prskanje) ugljikovodičnog veziva
 - primjerice zagrijanog bitumena oko 1,4 kg/m² ili bitumenske emulzije oko 1,8 kg/m²
 - rasipanje kamene sitneži sa razastiranjem (primjerice veličine zrna do 16 mm)
 - među valjanje, primjerice sa dva prelaza valjkom,
 - završno zalijevanje (prskanje) ugljikovodičnog veziva,
 - završno zasipavanje kamene sitneži sa razastiranjem
 - primjerice veličine zrna do 8 mm
 - završno valjanje
 - primjerice sa četiri prelaza valjkom.

Zasuti asfaltni makadami – površinske obrade

- ❑ Osnovnu jednostavnu tehnološku opremu (grupu strojeva) za izvedbu zastora od zasutog asfaltnog makadama čine:
 - spremnici, grijači i prskalice veziva na kamionskom postolju (pokretni distributor veziva),
 - “nesamostalni” razastirač kamene sitneži (razastirač agregata) koje se vješa o stražnje kotače kamiona koji dovoze kamenu sitnež i koji se kreće se zajedno sa kamionom prilikom razastiranja agregata,
 - valjak.

ili

- spremnici veziva na kamionskom postolju,
- posebni finiše
 - samohodni distributor veziva i razastirač kamene sitneži na jedinstvenom postolju s kotačima sa opremom za prihvatanje i doziranje agregata iz kamiona te s valjkom za zbijanje položenog zastora zasutog makadama.

Obnova i recikliranje asfaltnih zastora

Obnova kolnika

- Obnova (repair) asfaltnih zastora kolnika provodi se kao
 - nadogradnja (overlay) oštećenog asfaltnog zastora kolnika novim dodatnim slojem
 - zamjena (remove) oštećenog ili dotrajalog asfaltnog zastora novim (potpuno zamjenskim) slojem u istom prostoru (istom dijelu) kolničke konstrukcije



Nadogradnja oštećenog kolnika novim slojem

- ❑ Nadogradnja (overlay) oštećenog asfaltnog zastora novim dodatnim slojem izvodi se:
 - od valjanog (ili lijevanog) asfaltnog betona,
 - kao asfaltni tepih,
 - kao zasuti makadam (površinska obrada).
- ❑ Nepraktična je iz više razloga:
 - izvedba novih slojeva ne može ići u nedogled,
 - česta je obnova posebice gornjih habajućih tj. trošivih asfaltnih slojeva kolnika,
 - nadogradnja asfaltnih slojeva traži u mnogim slučajevima također rekonstrukciju odvodnje kolničke konstrukcije prometnice, bilo djelomično bilo cjelokupnog sustava odvodnje čitave prometnice.

Zamjena oštećenog kolnika novim slojem

□ Zamjena oštećenog kolnika novim slojem može biti:

■ Djelomična:

- popravak asfaltnog zastora kolnika: (mrežastih ili pojedinačnih uzdužnih) pukotina, “krpanje” ograničenih površina,
- zamjena uzdužnih dijelova (traka manje širine) habajućih slojeva asfaltnog zastora kolnika.

■ Potpuna:

- ugradnja potpuno nove asfaltne mase uobičajenim tehnikama i tehnologijama izvedbe asfaltnih slojeva od valjanih ili lijevanih asfaltbetona.

□ Zamjena se može izvoditi recikliranjem (recycle) asfaltnog zastora i korištenjem tako dobivenog agregata (ili na isti način nekog drugog zastora) za ponovnu izvedbu njemu zamjenskog sloja.

Djelomična zamjena oštećenog kolnika novim slojem

□ Popravak pukotina asfaltnog zastora:

- rezanje, jednoliko proširenje i popunjavanje pukotina posebnim vrstama sitnozrnih asfaltnih i sličnih mješavina
- “krpanje” ograničenih površina asfaltnih zastora
- rezanje oboda površine krpanja, ravnanje i zbijanje površine krpanja, natapanje vezivom površine i oboda krpanja, pa ručno popunjavanje uređenih površina hladnom, toplom ili vrućom mješavinom asfaltnog betona uz valjanje ugrađene asfaltne mase (mali vibracijski valjci ili vibroploče ili vibronabijači)

□ Zamjena uzdužnih dijelova habajućih slojeva asfaltnog zastora kolnika:

- najčešće zamjena kolotraga kao uzdužnih udubljenja koji se javljaju tijekom korištenja prometnice na površini kolnika na isti način kao i potpuna zamjena asfaltnog zastora šireg dijela ili čitave vozne trake kolnika .

Recikliranje asfaltnih zastora

□ Recikliranjem zastora asfaltnih kolnika značajno je u ekološkom i ekonomskom smislu jer se:

- izbjegava štetno odlaganje asfaltnog loma u prirodni prostor,
- koriste postojeći materijalni resursi (ne koriste nepotrebno novi prirodni resursi – bitumen i kameni materijali),
- smanjuje se ili izbjegava po okoliš štetni transport materijala,
- postižu velike uštede odnosno ekonomičnost obnove asfaltnih slojeva kolničkih konstrukcija,
- smanjuje utrošak energije,
- smanjuju transportni troškovi,
- skraćuje vrijeme obnove kolnika prometnice.

Recikliranje asfaltnih zastora

□ Recikliranje asfaltnog zastora izvodi se na dva osnovna načina:

- recikliranje agregata asfaltne mase iz sloja koji se obnavlja proizvodnjom vrućih mješavina asfaltnog betona u prenosivim ili stalnim (središnjim) asfaltnim bazama (recycling in plant) uz prethodno razaranje asfaltnih zastora ili razbijanjem udarnim čekićima ili ripanjem (sa kasnijim drobljenjem pomoću valjčastih ili čeljusnih drobilica) ili struganjem pomoću glodalica ("freza") pri čemu zamjenski reciklirani agregat ne mora biti onaj isti sa mjesta obnove kolničke konstrukcije
- obnova asfaltnog zastora recikliranjem na licu mjesta (in situ remove with recycling = recycling in place = surface recycle = replace) pri čemu se agregatni sadržaj asfaltnog zastora koristi ponovo u potpunosti kao agregat po njemu obnovljenog zamjenskog sloja

Razbijanje asfalta hidrauličnim čekićem



Razbijanje asfalta ripanjem bagerom



Glodalica (freza) za asfalt



Glodalica (freza) za asfalt



Recikliranje asfaltnih zastora na licu mjesta

