



Hrvatsko asfaltno društvo

Croatian asphalt association

Otpornost asfalta na djelovanje vode – identifikacija problema i rješenja

Water resistance of asphalt – Identification of problems and solutions

Goran Grubješić

Institut IGH d.d.

Međunarodni seminar ASFALJNI KOLNICI 2018

International seminar ASPHALT PAVEMENTS 2018

Opatija, 12.–13. 04. 2018.

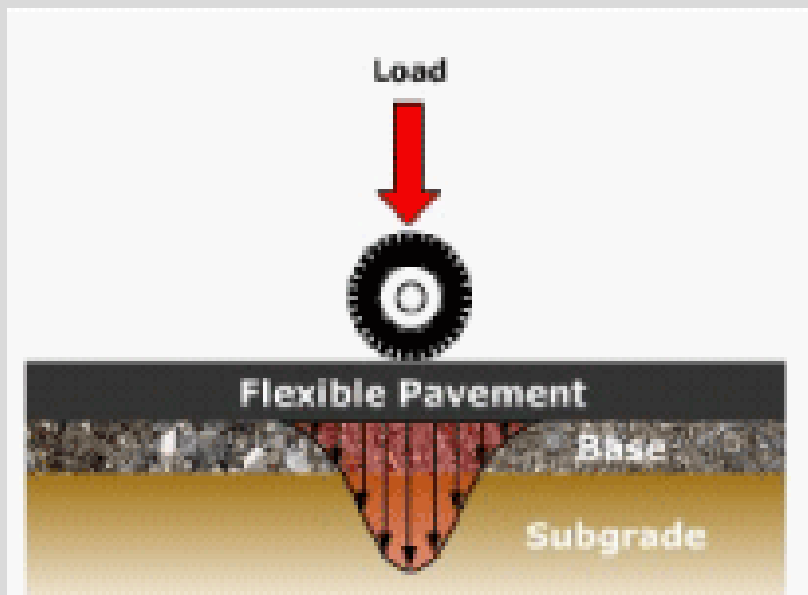
SADRŽAJ:

1. UVOD
2. IDENTIFIKACIJA PROBLEMA
3. MEHANIZMI GUBITKA VEZA
4. RAZVOJ METODA ISPITIVANJA
5. MJERE SMANJENJA OSJETLJIVOSTI NA VODU

1. UVOD

Na svojstva asfaltnog kolnika djeluju:

- prometno opterećenje i
- uvjeti okoliša
(temperatura, sunčevo zračenje i voda)



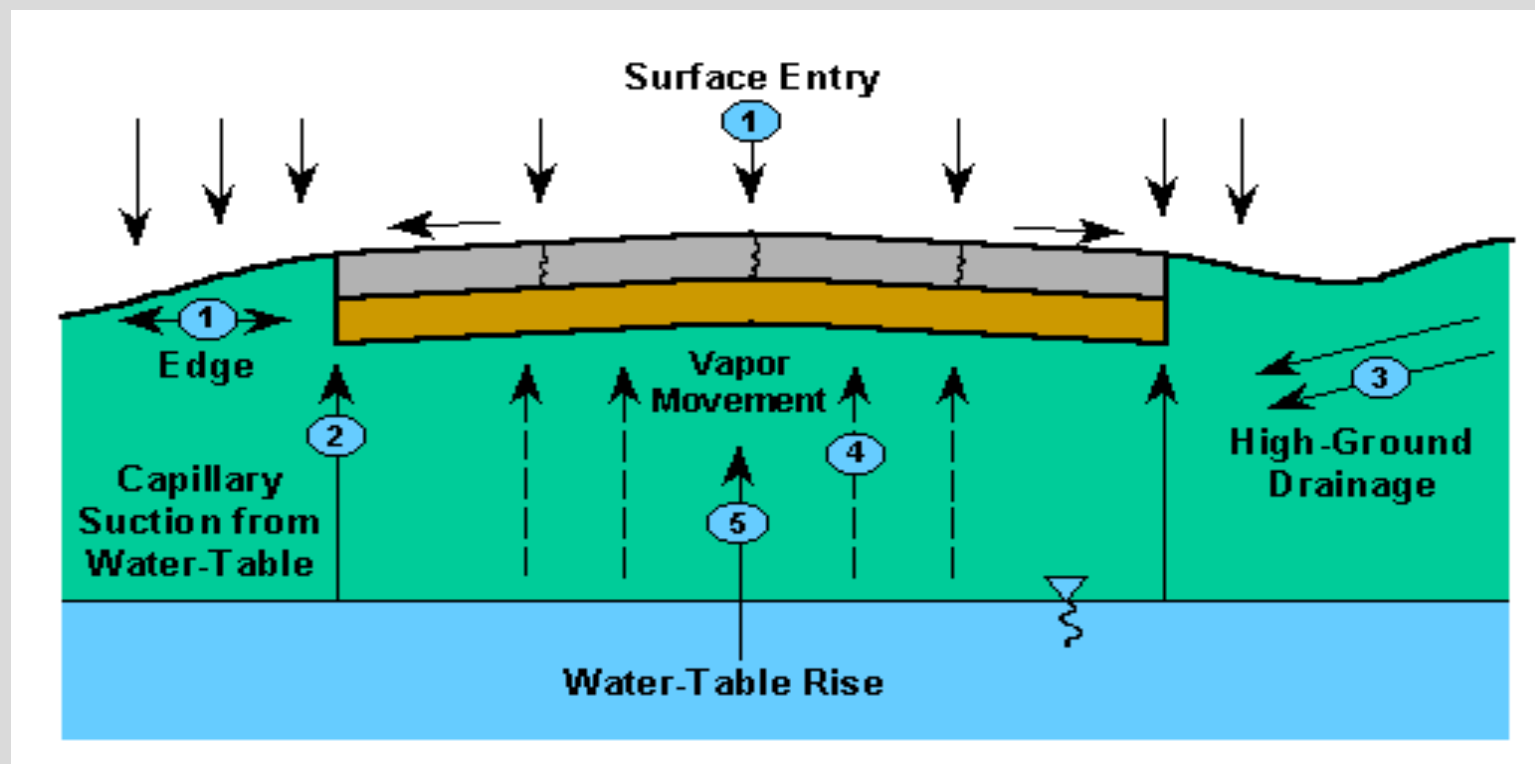
Voda - ključan element u nastanku oštećenja asfaltnih slojeva kolnika.

Osjetljivost na vodu - 1940. Hveem.

Ulaz vode u asfaltni kolnik direktno je povezan sa:

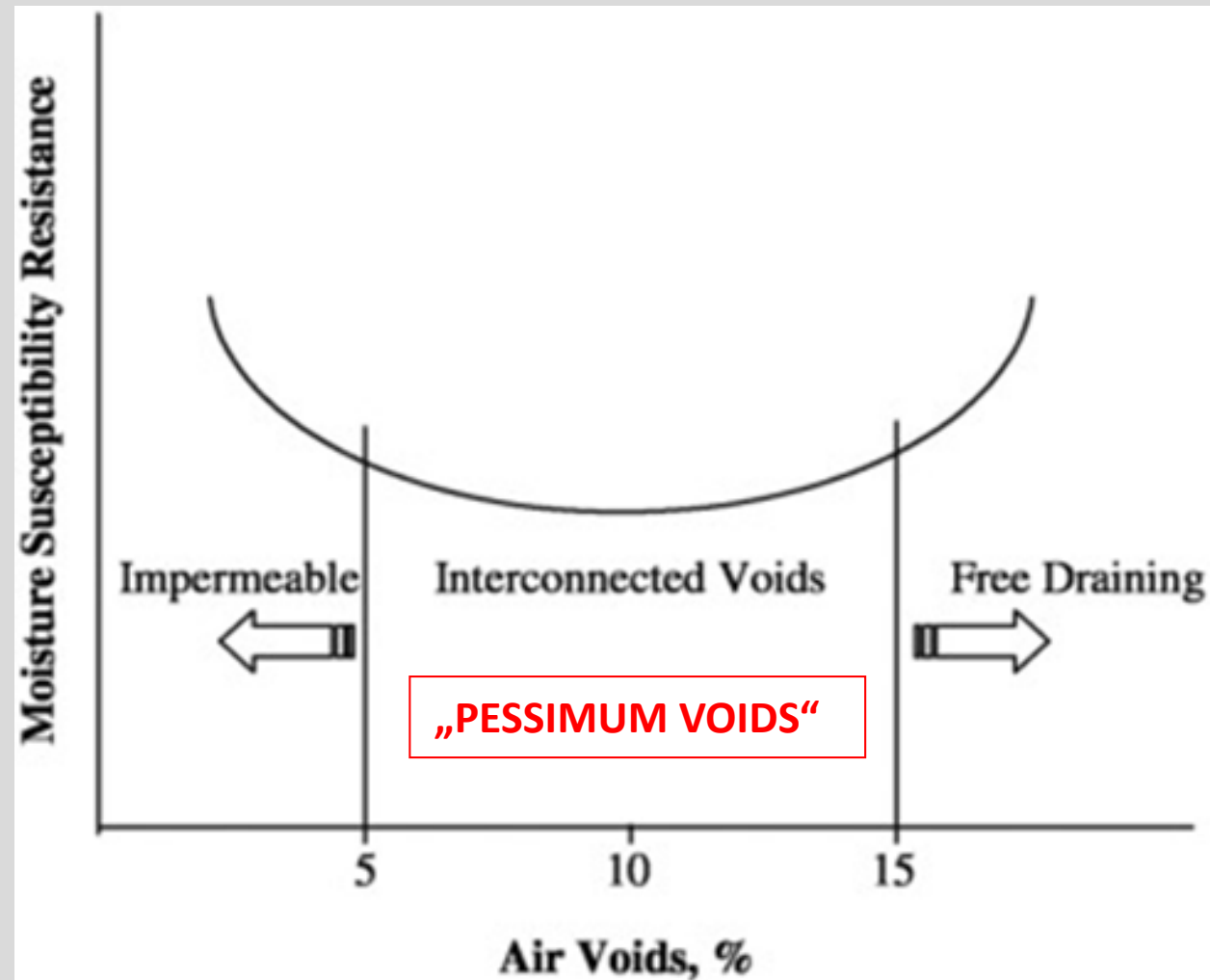
- degradacijom njegovih svojstava
- pojavom neočekivanih oštećenja
- skraćenim vijekom trajanja

Načini ulaza vode u asfaltni kolnik:



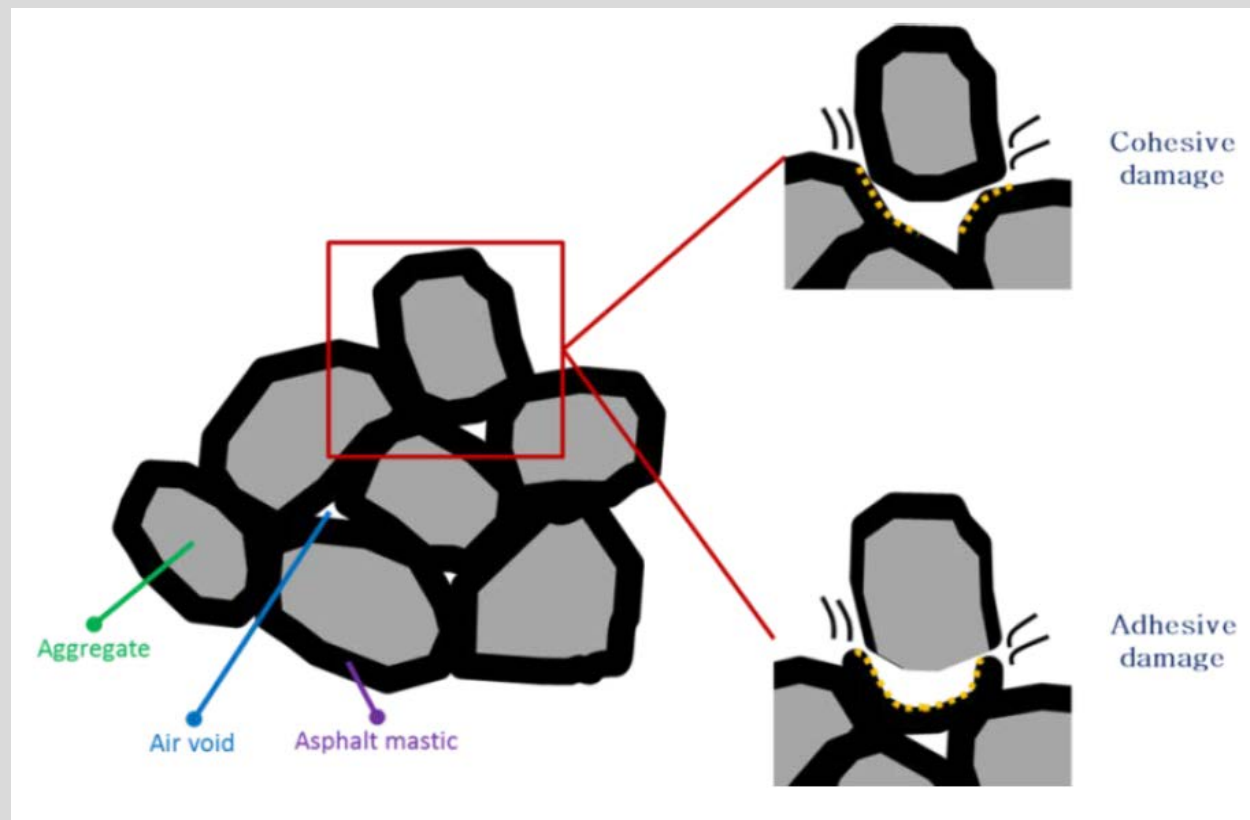
2. IDENTIFIKACIJA PROBLEMA

Šupljine u asfaltnom sloju - glavni uzrok nastanka oštećenja uzrokovanih vodom



2 glavna mehanizma degradacije cjelovitosti asfaltnog sloja vodom:

1. **Gubitak kohezije** - čvrstoće i krutosti u asfaltnom filmu
2. **Otkazivanje adhezije** – čvrstoće veze između zrna agregata i bitumena
3. (Treći mehanizam - degradacija zrna agregata)



Asfaltni sloj se smatra osjetljivim na djelovanje vode ako kohezija i/ili adhezija slabi pri prisutnosti vode!

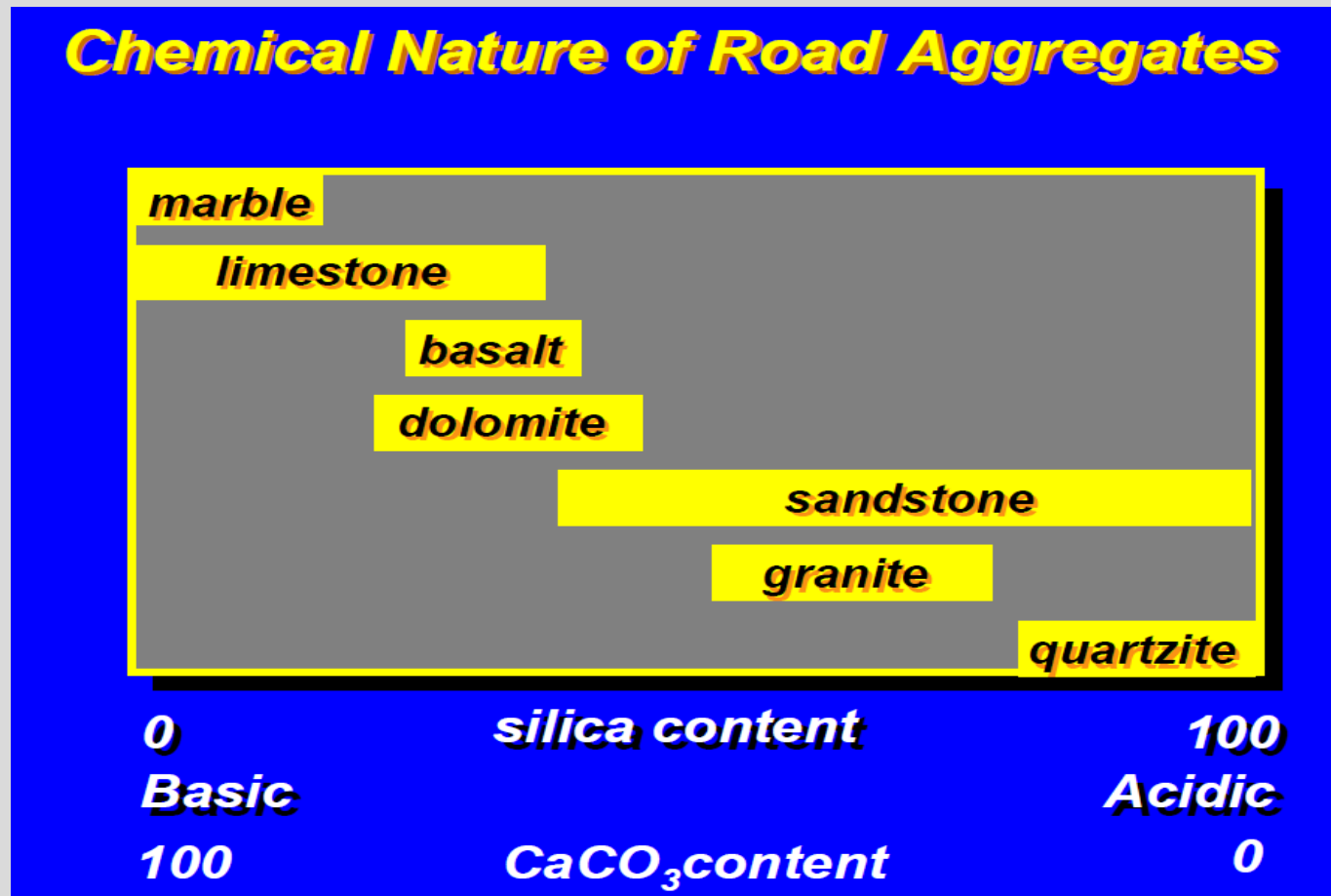
Glavni čimbenici koji utječu na vezu bitumen / agregat:

<i>Svojstva agregata</i>	<i>Svojstva bitumena</i>	<i>Svojstva asfalta</i>	<i>Vanjski čimbenici</i>
Mineraloški sastav	Reološka svojstva	Udio šupljina	Oborine
Tekstura	Polaritet	Poroznost	Vlažnost
Poroznost	Sastav	Udio bitumena	pH vode
Prašina		Debljina bit. filma	Prisutnost soli
Trajnost		Vrsta punila	Temperatura
Specifična površina		Gr. sastav	Promet
Apsorpcija		Tip mješavine	Odvodnja
Vlažnost			Geometrija kolnika
Oblik			Uvjeti gradnje

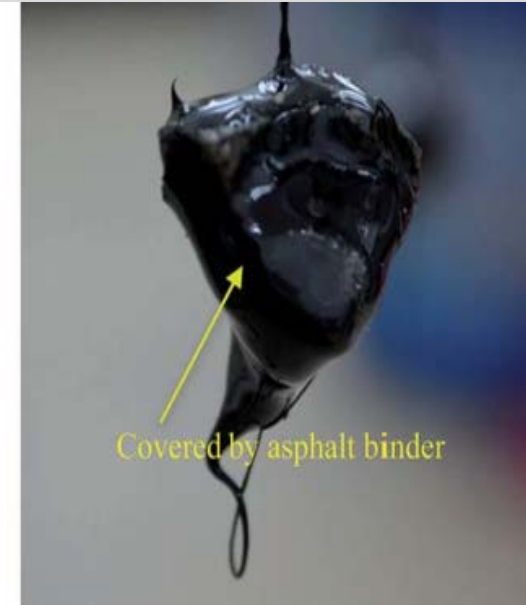
Na 80 % navedenih čimbenika imamo utjecaj pri proizvodnji i ugradnji asfalta!

Otkazivanje veze između agregata i bitumena naziva se odvajanje (ljuštenje) „stripping“.

Vrste agregata – sa aspekta različitih afiniteta prema bitumenu:



- velika većina agregata klasificirana je kao hidrofilna (privlači vodu)
- agregati sa visokim udjelom silicijevog oksida (npr. kvarc ili granit – „*kiseli agregati*“) se puno teže obavijaju bitumenom od bazičnih agregata (npr. vapnenaca)



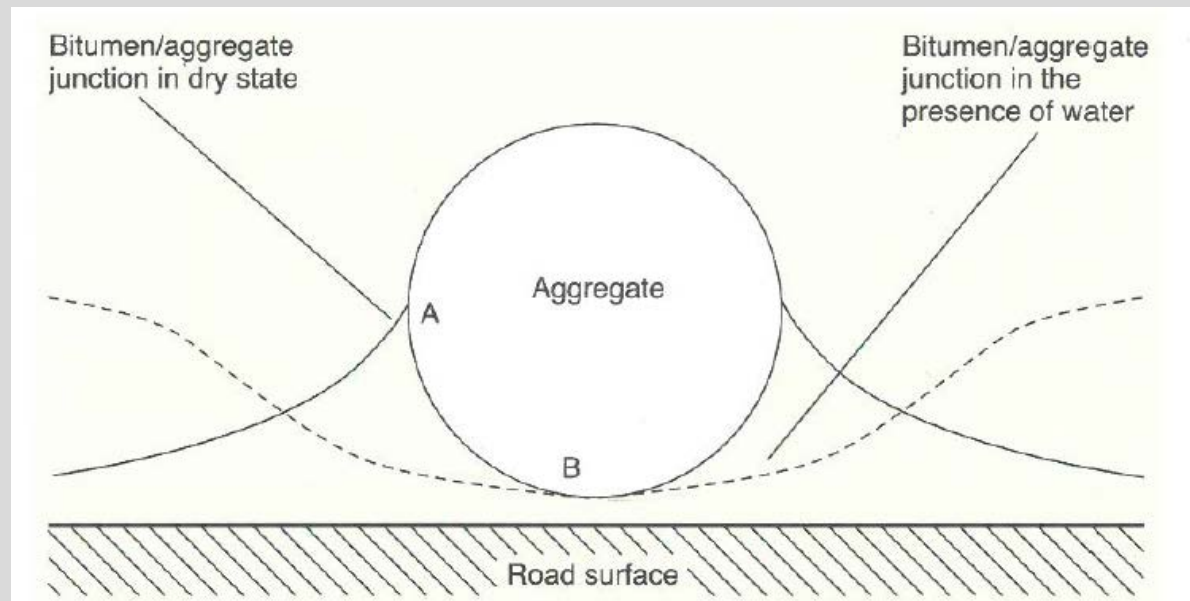
- agregati sa neuravnoteženim površinskim nabojima sadrže površinsku energiju
- ako je površina agregata obavijena sredstvom suprotnog polariteta - zahtjevi površinske energije su zadovoljeni što rezultira dobrom adhezijom!
- u slučaju prisutnosti dva tekuća medija (npr. voda i bitumen), medij koji bolje zadovolji zahtjev površinske energije bolje će se vezati na čestice agregata

3. MEHANIZMI GUBITKA VEZA

A) Mehanizmi gubitka adhezije:

A.1. Mehanizam pomaka:

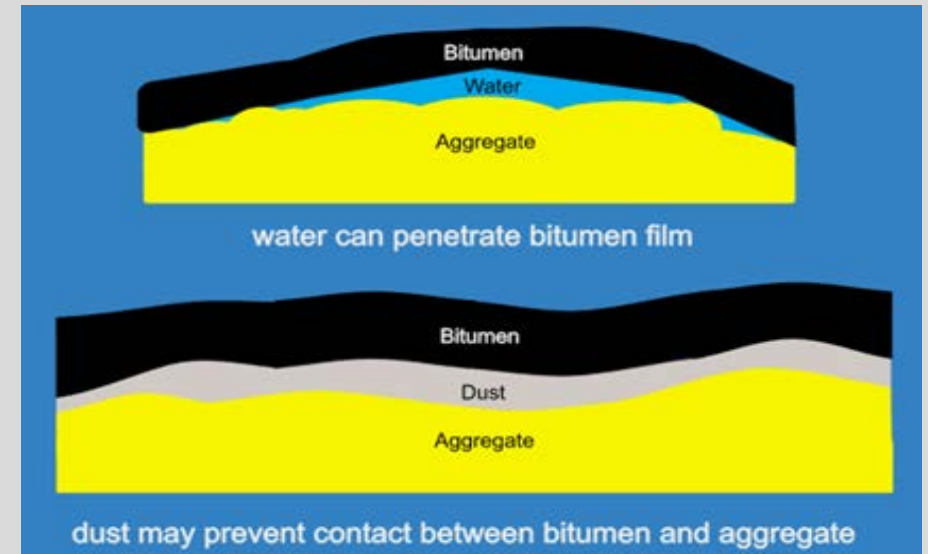
- termodinamička ravnoteža trofaznog sistema (bitumen – agregat – voda)
- ako na kontakt bitumena i agregata dođe voda - doći će do reakcije bitumena na površini agregata



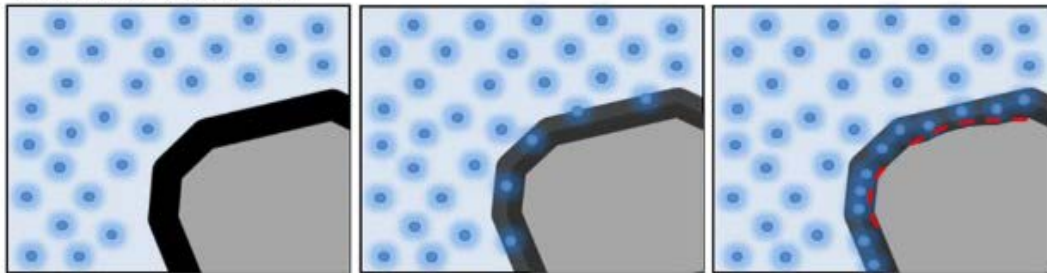
- Točka A - faza uravnoteženog kontakta pri suhom sistemu
- Točka B - **pomak** uravnotežene točke kontakta uslijed prisustva vode
(*kontaktni kut u točki B ovisi o tipu i viskoznosti bitumena*)

A.2. Mehanizam odvajanja:

- kada tanki film vode (ili prašine) odvoji bitumen od površine agregata
- ne dolazi do vidljivog loma na površini bitumenskog filma
- bitumenski film i dalje oblaže čestice agregata ali više nema adhezijske veze i bitumen se lako oguli s površine agregata



Moisture diffusion

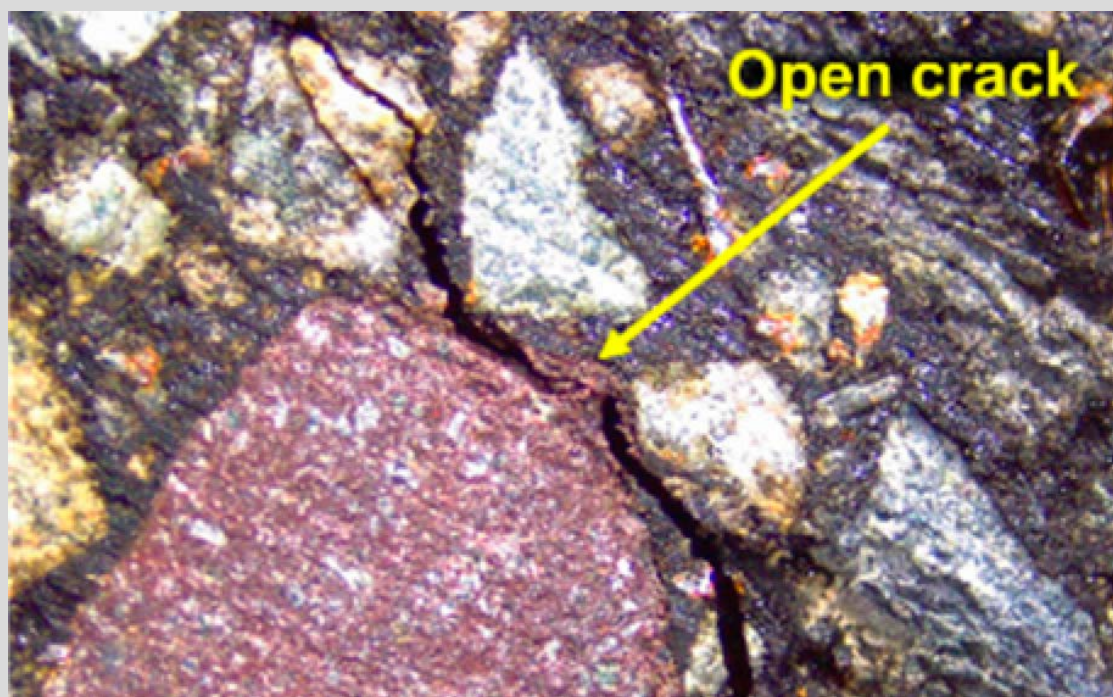


- posljedica je **difuzije** vlage kroz bitumenski film do zone kontakta sa agregatom
- ovisi o debljini bitumenskog filma i karakteristikama difuzije

- mehanizam odvajanja može biti **reverzibilan** - uz djelovanje temperature i prometa

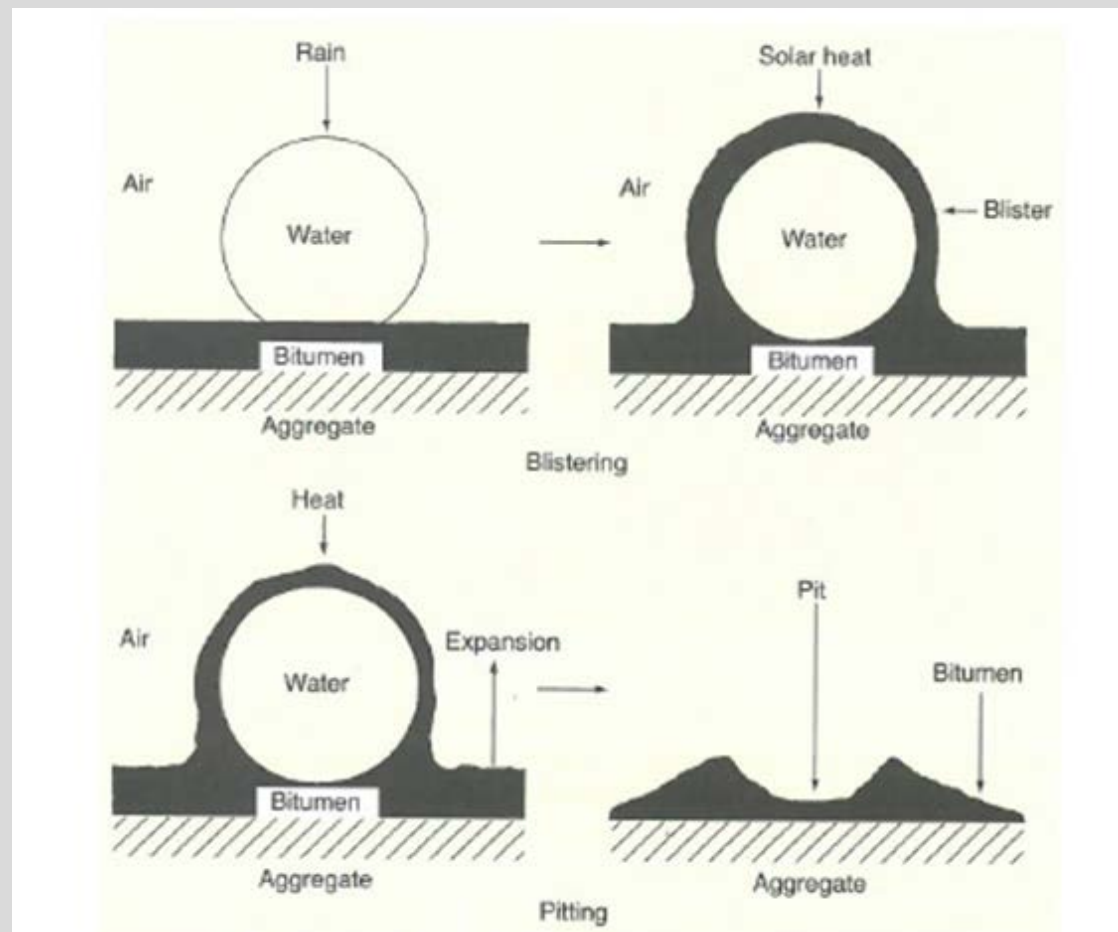
A.3. Puknuće bitumenskog filma:

- na mjestima oštih rubova zrna agregata - voda lagano penetrira do površine agregata
- ulaz vode može biti u formi pare ili u tekućine - otvoren je put mehanizmu odvajanja

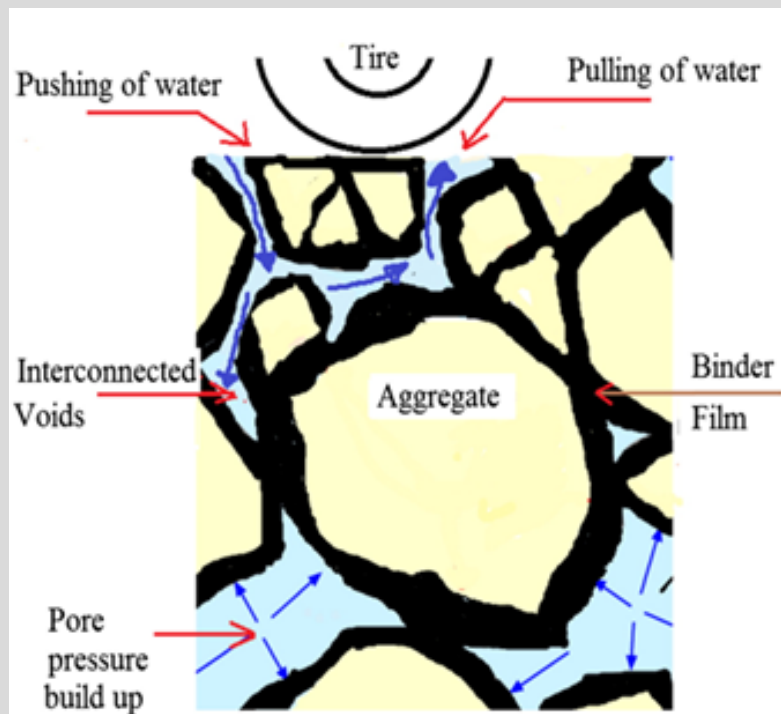
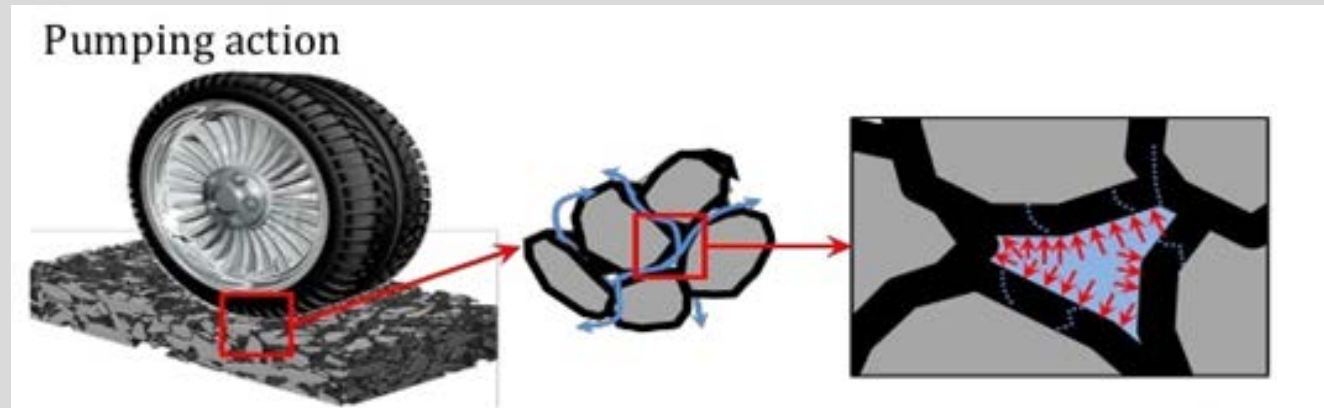


A.4. Pojava mjehura i rupa u bitumenu:

- ako uslijed visokih temperatura kolnika dođe do naglih kišnih oborina - pojava uzdizanja (puzanja) bitumena oko kapljica vode
- nakon što dođe do porasta temperature, mjehurići će ekspanzirati i puknuti, ostavljajući iza sebe rupe koje mogu omogućiti ulaz vode do površine agregata



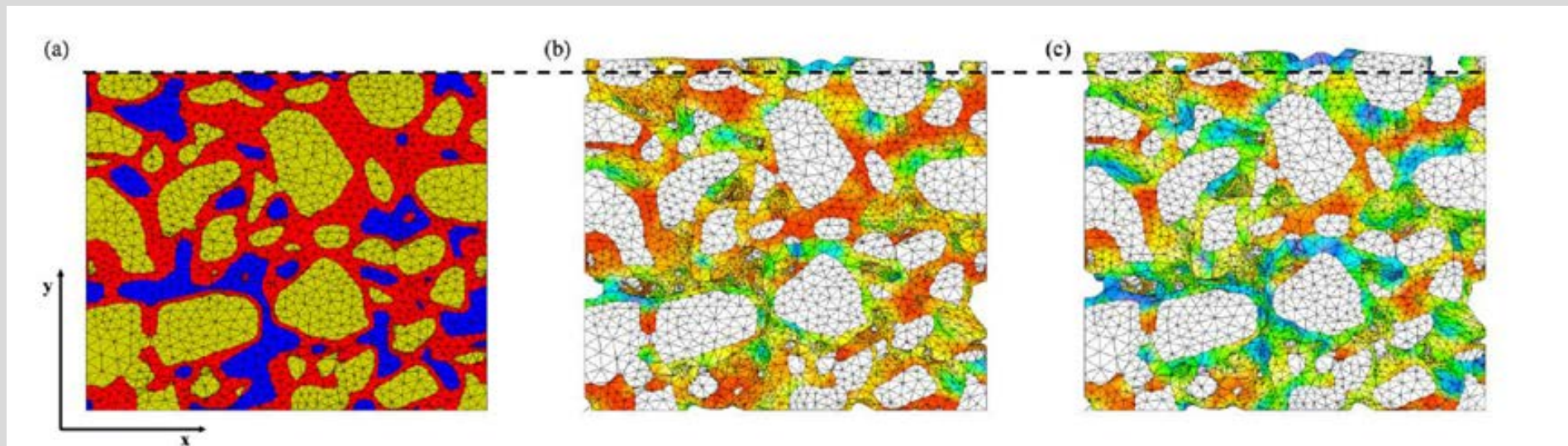
A.5. Hidrauličko utiskivanje vode:



- pneumatici utiskuju vodu u šupljine ispred sebe (tlak), dok istovremeno izvlače vodu iz šupljina iza sebe (vlak)
- takvi ciklusi utiskivanja / izvlačenja vode iz šupljina mogu rezultirati gubitkom veze između bitumena i agregata
- prašina i mulj otopljeni u vodi djeluju kao abrazivno sredstvo

A.6. Ciklusi smrzavanja i odmrzavanja:

- oštećenja uslijed smrzavanja vode u šuplinama i mikro-pukotinama (povećanje volumena)



a) inicijalni neporemećeni položaj

b) 3 sata smrzavanja

c) 5 sati smrzavanja

- ovisi o stupnju saturacije šupljina vodom
- oštećenja su povećanja tlaka uslijed promjene volumena vode uslijed smrzavanja (cca 9% pri atmosf. tlaku)
- širenjem volumena voda prenosi tlačna naprezanja na asfalt – dolazi do pojave pukotina a samim time i do degradacije asfaltnog sloja

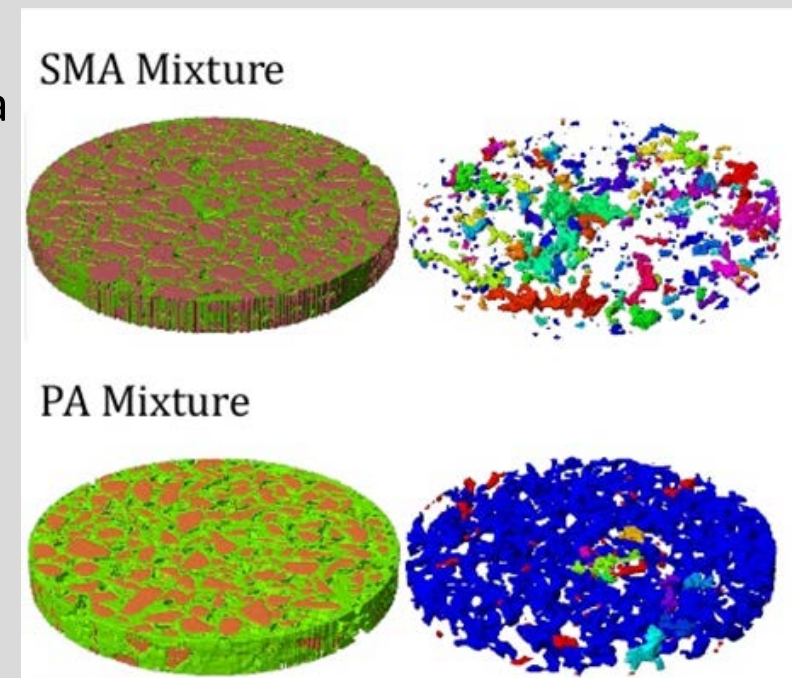
B) Mehanizmi gubitka kohezije:

B.1. Difuzija:

- voda ulazi u bitumenski film te omekšava bitumen - smanjuje kohezijsku čvrstoću i krutost
- dugotrajan proces koji ovisi o faktorima difuzije pojedinih komponenata asfalta
- faktori koji utječu na difuziju:
 - šupljine – **količinu difuzije određuje povezanost šupljina**
 - kem. sastav bitumena – bitumeni sa višim polaritetima imaju veći afinitet prema polarnim molekulama (voda) = veća difuzija
 - punilo – veći udio punila = veća difuzija
 - agregat (vrste i sastav) – velik utjecaj, nema pravila
 - temperatura – veća temp. = veća difuzija

PA & SMA Mixtures

Mixture Type	Nominal Maximum Aggregate Size (mm)	Binder Content P_b (%)	Air Void Content (%)	Interconnectivity of Air Voids (%)
PA	10	4.4	23.7	90
SMA	10	6.4	5.3	10

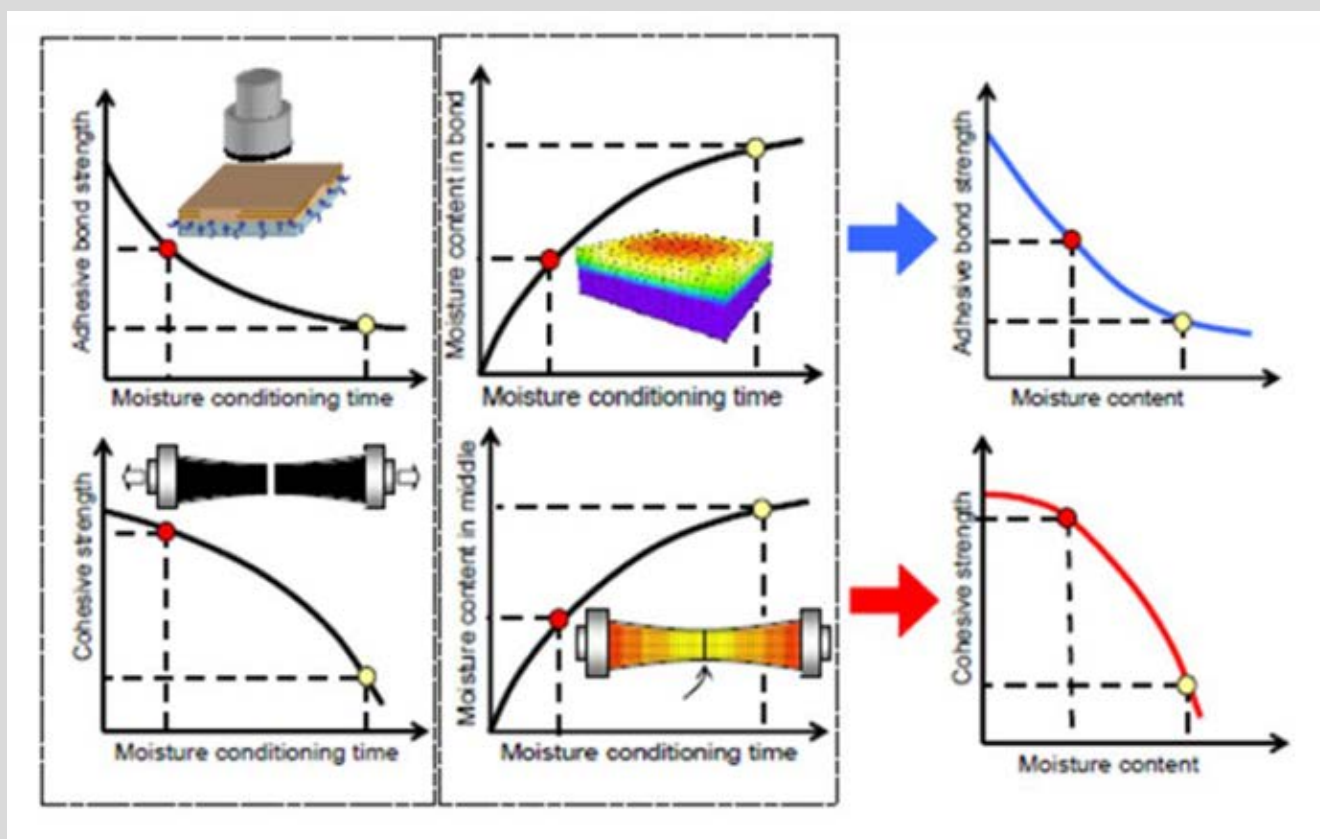


X-ray computed tomography (CT) and image analysis using Simpleware® software

B.2. Spontano emulgiranje:

- nastaje kada tekućine (koje se ne mogu miješati) emulgiraju bez pomoći vanjske toplinske ili mehaničke energije
- pri dugotrajnoj izloženosti djelovanju vode, uz pomoć procesa difuzije, dolazi do oslabljivanja bitumena i do stvaranja **vodeno-bitumenske emulzije**

Kombinacija mehanizama gubitka adhezije i kohezije:



- asfaltni kolnik nije cijelo vrijeme podvrgnut djelovanju vode - izložen je različitom broju ciklusa vlaženja / sušenja - ovisno o uvjetima okoliša

Da li asfaltni kolnik nakon sušenja zadržava svoje inicijalne karakteristike koje je imao prije izloženosti djelovanju vode?

- proces je **reverzibilan** - sušenjem je asfaltni kolnik „vratio“ svojstva koja je imao prije izlaganja djelovanju vode, ali sa blagim umanjenjem („oporavak“)

- kontinuiranim ciklusima vlaženja i sušenja dolazi do efekta ***zamora materijala*** - materijal dugotrajno gubi svoja izvorna svojstva!

4. RAZVOJ METODA ISPITIVANJA

CILJ: identificirati asfaltne mješavine osjetljive na djelovanje vode prije njihove ugradnje

- pokušavaju simulirati gubitak čvrstoće (definirane kao mehanizam oštećenja) – na način ubrzanog gubitka čvrstoće
- kako simulirati uvjete sa terena? (uvjeti okoliša, promet i vrijeme)

Postoje 2 uobičajena načina procjene ONV koja slijede nakon provedenih postupaka kondicioniranja uzoraka:

- A. vizualna procjena obavijenosti** zrna agregata bitumenom te
- B. provedba fizikalnih ispitivanja** na zbijenim uzorcima

A) vizualna procjena obavijenosti zrna agregata bitumenom:

Metode ispitivanja:

EN 12697-11 Određivanje prionjivosti agregata (3 metode)

Metoda rotirajućih bočica

Statična metoda

Metoda kipuće vode

ASTM D 3625 Utjecaj vode na agregat obavijen bitumenom uporabom kipuće vode

ASTM D 1664 (AASHTO T-182) Obavijanje i ljuštenje bitumenskih mješavina

B) provedba fizikalnih ispitivanja na zbijenim uzorcima:

Metode ispitivanja:

EN 12697-12 Određivanje osjetljivosti asfaltnih uzoraka na vodu (3 metode)

Metoda A – indirektna vlačna čvrstoća

Metoda B – tlačna čvrstoća

Metoda C – povezanost bitumena i agregata

ASTM D 4867 Metoda ispitivanja utjecaja vode na mješavine asfaltbetona

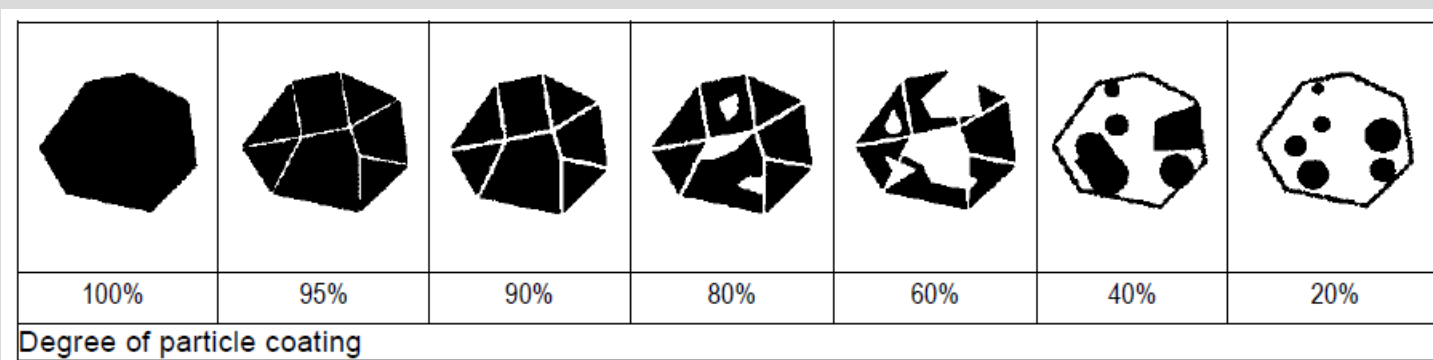
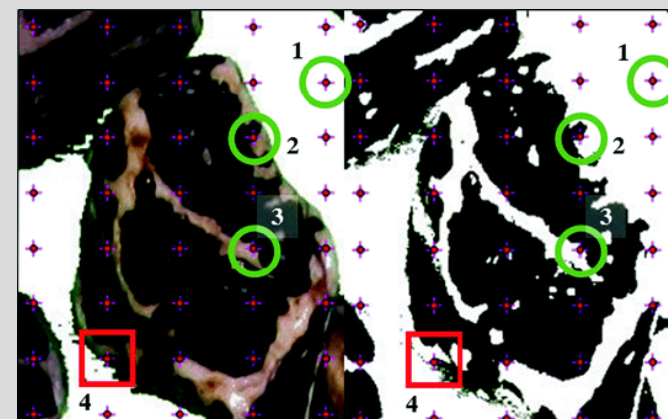
ASTM D 1075 (AASHTO T-165) Utjecaj vode na tlačnu čvrstoću zbijenih bit. mješavina

AASHTO T-283 Otpornost zbijenih bit. mješavina prema vodom induciranim oštećenjima (*modificirani Lottman-ov test*)

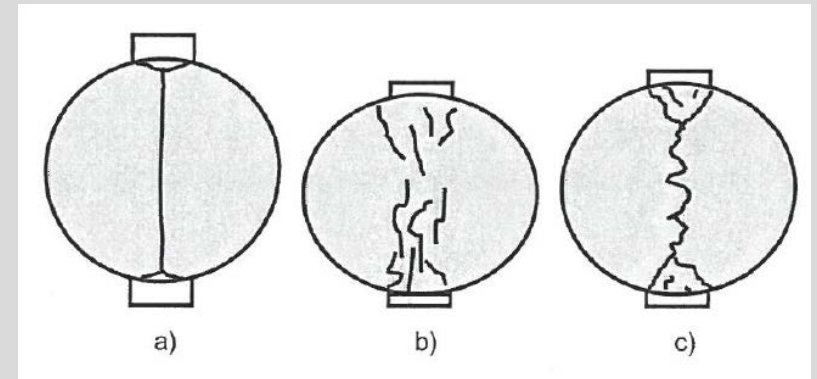
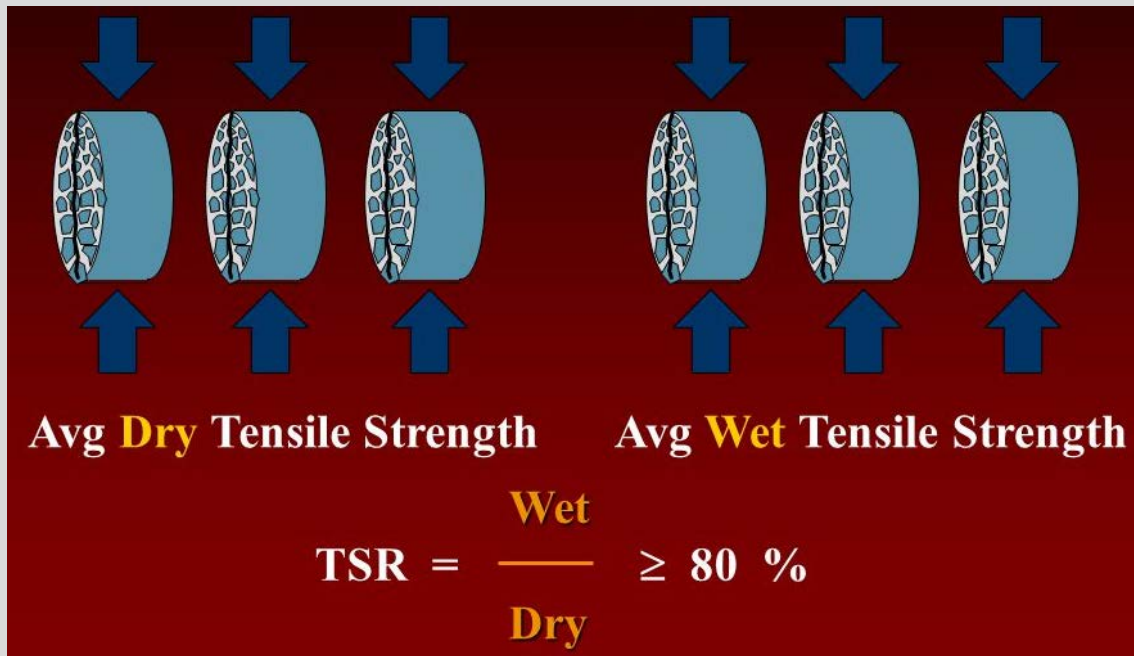
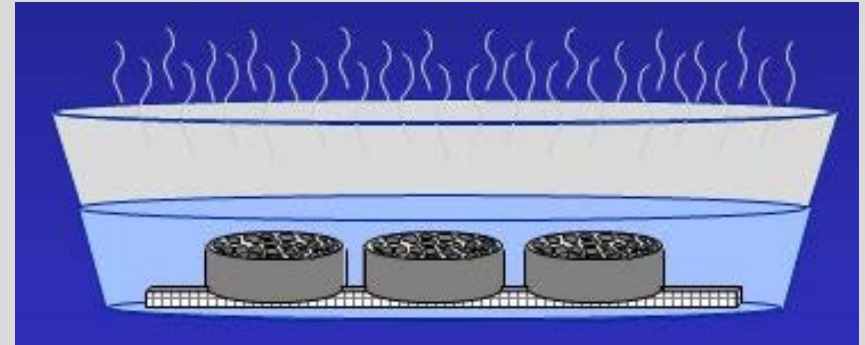
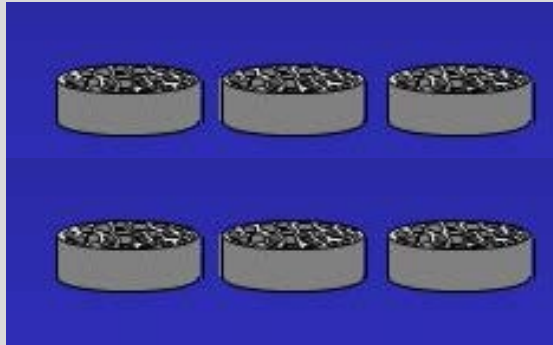
Vandskak Metoda (za lijevane asfalte)

EN 12697-45 Ispitivanje starenja zasićenim asfaltnim uzorcima (SATS)

EN 12697-11 Određivanje prionjivosti agregata - metoda rotirajućih bočica



EN 12697-12 Određivanje osjetljivosti asfaltnih uzoraka na vodu - metoda A – ITSR



Trenutno stanje:

- svaka od navedenih metoda koristi drugačije uvjete i vrijeme kondicioniranja
- teško usporedivi rezultati dobiveni različitim metodama ispitivanja
- nema jasne usporedbe između laboratorijskih rezultata i stvarnog ponašanja asf. kolnika
- obzirom na dosadašnje rezultate ispitivanja – preporuča se tretiranje uzoraka u vodi prije (i/ili za vrijeme) provedbe svih ispitivanja
- niti jedna od metoda se još nije nametnula kao „najtočnija“
- mehanizmi ulaska vode i degradacija asfaltnog kolnika vs. strukturni odgovor asf. kolnika
- razvijeno je nekoliko metoda i računalnih modela temeljenih na fundamentalnim i teoretskim pretpostavkama, kojima se predviđa i karakterizira osjetljivost asfalta na vodu

Ciljevi istraživanja:

- razvoj protokola kondicioniranja uzoraka koji omogućuje kvantificiranje kratkotrajnih i dugotrajnih mehanizama nastanka oštećenja od djelovanja vode
- formuliranje računalnog algoritma za model oštećenja asfalta uzrokovanih djelovanjem vode

5. MJERE SMANJENJA OSJETLJIVOSTI NA VODU

Projektiranje asfaltnih mješavina – zahtjevi:

- ✓ minimalizirati potencijalno kolotražanje,
- ✓ minimalizirati utjecaj niskih temperatura na pojavu pukotina,
- ✓ maksimalizirati trajnost u odnosu na zamor materijala,
- ✓ minimalizirati otvrdnjavanje (starenje) veziva,
- ✓ reducirati utjecaj vode:
 - ispravno projektirati mješavine i izvoditi asfaltne slojeve
 - upotrebljavati PmB – osobito SBS (hidrofoban)
 - koristiti dodatke za poboljšanje prionjivosti
 - vapno
 - cement

Dodaci za poboljšanje prionjivosti / sprječavanje ljuštenja (*antistripping agents, adhesion promoters*):

- tekući dodaci (sadrže amine) – površinski aktivna sredstva
- dodaju se u bitumen
- miješanjem s bitumenom smanjuju površinsku napetost
- moraju biti termo-stabilni
- dodavanje u relativno malim količinama (0,1 – 0,5%)
- potrebno odrediti optimalni udio
- veliki broj proizvoda i proizvođača na tržištu

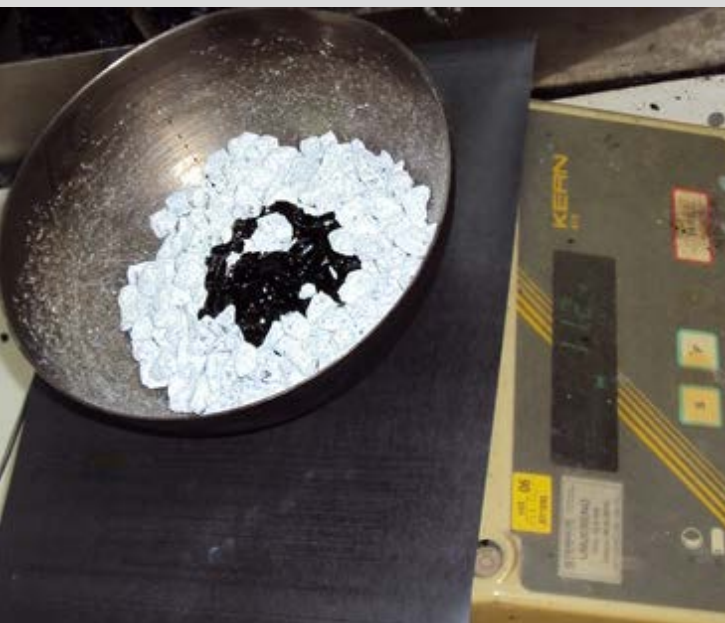


Izvor: Ramtech d.o.o., 2009.

Vapno:

- dodaje se agregatu prije miješanja s bitumenom
- koristi se u količini od 1 – 3,5 %, (najčešće 1 – 1,5 %)
- dodaje se na 4 načina:
 - suho hidratizirano vapno
 - suho hidratizirano vapno na vlažni agregat
 - vapneni mulj – „*Lime slurry*“ (sa ili bez „mariniranja“)
 - miješano punilo (EN 13043)





Probna upotreba vapna u proizvodnji:



Određivanje prionjivosti prema EN 12697-11:

bez vapna (45 %)



sa 1% vapna (95 %)



sa 2% vapna (100 %)



Određivanje osjetljivosti na vodu prema EN 12697-12 – metoda A:

Ne-tretirana mješavina:

N = 37 uzoraka

Tip asfaltne mješavine:	Period ispitivanja:	Broj udaraca:		Srednja gustoća (Mg/m ³)	F _{max} (kN) - suhi	F _{max} (kN) - mokri	ITSR (%)
AC 11 surf 50/70 AG1 M3	23.05.2016. - 08.09.2016.	2 x 35	sr.vrijednost	2,404	15,2	10,1	66,2
			min.	2,345	12,4	5,7	44,0
			max.	2,462	17,9	13,7	85,0
			st.dev.	0,026	1,412	1,938	11,504

Mješavina tretirana sa 2% vapna:

N = 6 uzoraka

Tip asfaltne mješavine:	Period ispitivanja:	Broj udaraca:		Srednja gustoća (Mg/m ³)	F _{max} (kN) - suhi	F _{max} (kN) - mokri	ITSR (%)
AC 11 surf 50/70 AG1 M3	08.09.2016. - 05.10.2016.	2 x 35	sr.vrijednost	2,398	14,5	13,4	93,0
			min.	2,370	13,7	12,8	90,0
			max.	2,430	15,5	14,8	97,0
			st.dev.	0,021	0,650	0,763	2,828

HVALA NA PAŽNJI!

