

KORIŠTENJE RAZLIČITIH VRSTA AGREGATA U CILJU POSTIZANJA OPTIMALNIH SVOJSTAVA ASFALTA I DOPRINOSA OČUVANJU OKOLIŠA I PRIRODNIH RESURSA

Mr. sc. Mladen Fistrić, dipl.ing.geol



Seminar
ASFALJNI KOLNICI
Zagreb, 06.-07. veljače 2014.

Tehnički propis za asfaltne kolnike (u fazi donošenja)

PRILOG D – agregat

Agregat s obzirom na porijeklo i način proizvodnje može biti:

- prirodni,
- industrijski (razne troske, zgure),
- reciklirani (predrobljeni beton, cigla, kamen...- dopušten isključivo za proizvodnju asfaltbetona za nosive slojeve).

S obzirom na veličinu zrna, odnosno s obzirom na raspon veličine zrnja, agregat se dijeli na:

- krupni agregat,
- sitni agregat,
- miješani agregat,
- punilo

PRIRODNI AGREGAT

- “prirodni prirodni agregat” (vađenje šljunaka i pijesaka)
- “prirodni drobljeni agregat” (vađenje i prerada tehničko-građevnog kamena)
- “drobljeni prirodni agregat” (vađenje i predrobljavanje šljunaka)

PRIRODNI AGREGAT

je zapravo usitnjena, granulirana stijena odnosno kamen

Stijena – sastavni dio zemljine kore, određenog načina geološkog pojavljivanja, sklopa (teksture i strukture) i mineralnog sastava

Kamen – prirodno ili umjetno odvojeni dio stijene koji se odlikuje sklopom (teksturom i strukturom), mineralnim sastavom i fizičko-mehaničkim svojstvima

PRIRODNI AGREGAT

Stijene prema njihovom načinu postanka dijelimo na:

1) Magmatske

Intruzivne (dubinske, plutonske)

- nastaju kristalizacijom magme u dubini zemljine kore
- granit, sijenit, diorit, gabro, peridotit, dunit

Efuzivne (vulkanske, eruptivne)

- nastaju kristalizacijom magme (lave) na površini zemlje
- riolit, trahit, andezit, bazalt

Hipabisalne (žilne, subvulkanske)

- nastaju kristalizacijom magme plitko ispod površine z.
- pegmatiti, lamprofiri, dijabaz, spilit

PRIRODNI AGREGAT

2) *Sedimentne*

Nastaju na i pri površini zemlje taloženjem (sa ili bez očvršćivanja, litifikacije) koje se odvija prema određenim fizikalnim, kemijskim, biološkim i geološkim procesima, bilo na račun trošenja starijih stijena, bilo kao proizvodi životne djelatnosti organizama ili pak kemijskim izlučivanjem iz otopina

Klastične (egzogene) sedimente i sedimentne stijene

– šljunci, konglomerati, breče, pijesci, pješčenjaci, pelitni i glinoviti sedimenti

Biokemijske i kemijske (endogene) sedimente i sed. stijene

– vapnenci, dolomiti, gips, anhidrit, soli

Mješovite sedimente i sedimentne stijene:

– lapor, kalcitični lapor, glinoviti vapnenac, kalcitični silit

PRIRODNI AGREGAT

3) *Metamorfne*

Nastaju metamorfozom ili izmjenom postojećih stijena pri promjeni fizičko kemijskih uvjeta (temperatura, tlak, kemijski aktivni fluidi)

- tinjčevi škriljavci, zeleni škriljavci
- gnajs, amfibolit
- mramor

PRIRODNI AGREGAT

Stijene prema njihovom mineralnom sastavu možemo svrstati u dvije glavne skupine:

1) Silikatne

- sastoje se pretežno od silikatnih minerala (sadrže silikatnu anionsku grupu koja se uglavnom sastoji od Si i O)
- silikati su glavni petrogeni minerali, čine 90 % mase zemljine kore i 1/3 od broja svih poznatih minerala
- gotovo sve magmatske stijene (izuzev karbonatita), gotovo sve metamorfne stijene (izuzev mramora) i veliki dio sedimentnih stijena

PRIRODNI AGREGAT

2) *Karbonatne*

- sastoje se pretežno od karbonatnih minerala (sadrže karbonatni anion CO_3)
- vapnenci i dolomiti (sedimentne stijene)
- mramori (metamorfne stijene)

PRIRODNI AGREGAT

Svojstva drobljenog kamenog agregata ovise o:

- obilježjima ishodišne stijene odnosno tehničko-građevnog kamena od kojeg se agregat proizvodi
- tehničko-tehnološkim čimbenicima proizašlim iz načina proizvodnje (miniranje, drobljenje, separiranje, otprašivanje...)

PRIRODNI AGREGAT

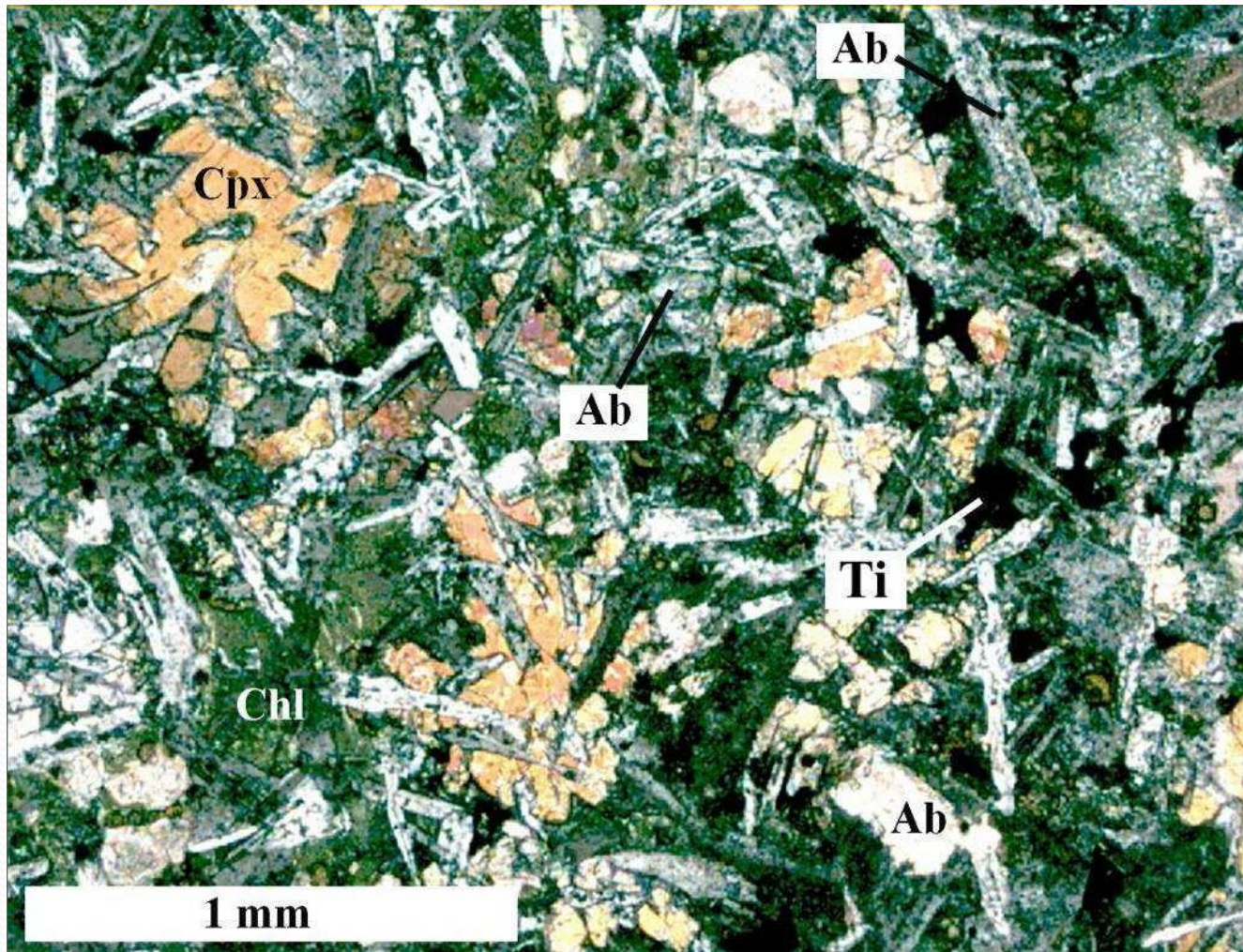
Na obilježja tehničko-građevnog kamena utječu:

- mineralni sastav
- struktura (međusobni odnos i raspored strukturnih sastojaka s obzirom na njihovu veličinu, oblik i stupanj kristaliniteta)
- tekstura (način na koji su strukturni sastojci zauzeli ili ispunili prostor u stijeni)
- postgenetski procesi (tektonika, hidrotermalne izmjene, površinsko trošenje...)

MIKROFOTOGRAFIJA GRANITA



MIKROFOTOGRAFIJA DIJABAZA



PRIRODNI AGREGAT

Svojstva agregata koja bitno utječu na ponašanje asfalta a uvjetovana su obilježjima tehničko-građevnog kamena:

1) Otpornost na drobljenje (udar)

– “Los Angeles” test (LA)

– predrobljavanje prilikom proizvodnje i ugradnje

2) Otpornost na habanje

– otpornost na površinsku abraziju (AAV) i otpornost na trošenje metodom micro-Deval (MD)

3) Otpornost na zaglađivanje (polirnost)

– polished stone value test (PSV)

– površina kolnika postaje glatka, produžava se zaustavni put kod kočenja

INDUSTRIJSKI AGREGAT

Nastao drobljenjem nusprodukata industrijske proizvodnje, najčešće iz metalurške industrije (troske, zgure, šljake)

- 1) troske iz proizvodnje željeza
- 2) troske iz proizvodnje bakra
- 3) troske iz proizvodnje cinka i olova
- 4) troske iz proizvodnje fosfora

INDUSTRIJSKI AGREGAT

1) troske iz proizvodnje željeza

– visokopećna troska

- ovisno o načinu hlađenja (polagano na zraku, naglo vodom, utiskivanjem vode pod pritiskom, u struji zraka...) dobije se troska različite strukture (kristalizirana, staklasta, šupljikava, vlaknasta...)

- dobra otpornost na udar (drobljenje) i na zaglađivanje (PSV), dobra volumna stabilnost

– čeličanska troska

- dobra mehanička svojstva

- loša volumna stabilnost zbog velikog udjela CaO

INDUSTRIJSKI AGREGAT

- troske iz proizvodnje željeznih legura
 - ferokromna troska daje agregat dobrih mehaničkih svojstava ali obratiti pozornost na povećani udio stakla (nizak PSV)
- 2) troske iz proizvodnje bakra
 - agregat dobrih mehaničkih svojstava
 - mogućnost povišenog udjela As
- 3) troske iz proizvodnje olova i cinka
 - mogućnost povišenog udjela (i ispuštanja) teških metala
- 4) troska iz proizvodnje fosfora
 - agregat dobrih mehaničkih svojstava
 - mogućnost povišenog udjela radioaktivnih elemenata

PRILOG D – agregat

Tehnička svojstva smjese agregata za izvedbu habajućih slojeva

	Tehnička svojstva	Ispitna metoda	Primjenske kategorije smjese agregata				
			AG1	AG2	AG3	AG4	AG5 ^(a)
Krupni agregat 2/4, 4/8, 8/11, 11/16	Granulometrijski sastav (nadzrnje i podzrnje)	HRN EN 933-1	$G_C90/15$				
	Najmanji dopušteni razred udjela sitnih čestica	HRN EN 933-1	$f_1, f_2^{(b)}$				
	Najmanji dopušteni razred udjela drobljenih zrna i udjela lomljene površine zrna	HRN EN 933-5	$C_{100/0}$		$C_{100/0}$ $C_{90/1}$	$C_{100/0}$	
	Najveći dopuštenirazred indeksa oblika	HRN EN 933-4	SI_{20}				
	Najveći dopuštenirazred indeksa plosnatosti	HRN EN 933-3	FI_{20}				
	Najveći dopušteni razred otpornost na predrobljavanje metodom «Los Angeles»	HRN EN 1097-2	LA_{20}		LA_{30}	LA_{20}	
	Najveći dopušteni razred otpornosti agregata na površinsku abraziju	HRN EN 1097-8, Dodatak A	AAV_{15}		AAV_{20} $AAV_{NR}^{(c)}$	AAV_{15}	
	Najveći dopušteni razred otpornosti agregata na trošenje	HRN EN 1097-1	$M_{DE}20$		$M_{DE}20$ $M_{DE}NR^{(c)}$	$M_{DE}20$	
	Najmanji dopušteni razred otpornosti agregata na polirnost	HRN EN 1097-8	PSV_{50}		$PSV_{Dek1.30}$ $PSV_{NR}^{(c)}$	PSV_{50}	
	Najveći dopušteni razred upijanja vode za ocjenu otpornosti na smrzavanje-odmrzavanje	HRN EN 1097-6	$WA_{24}1$				
	Najveći dopušteni razred otpornosti na smrzavanje-odmrzavanje ili magnezijev sulfat	HRN EN 1367-1 ili HRN EN 1367-2	F_1 ili MS_{18}				
	Prionjivost bitumenskog veziva	HRN EN 12697-11, Metoda A	$\geq 80 \% (6h)^{(d)}$				

PRILOG D – agregat

Tehnička svojstva smjese agregata za izvedbu habajućih slojeva (nastavak)

Sitni agregat 0/2 (drobljeni)	Granulometrijski sastav	HRN EN 933-1	G_{F85}, G_{TC10}		G_{F85}, G_{TC10}	
	Najveći dopušteni razred udjela sitnih čestica	HRN EN 933-1	$f_{10}^{(e)}$		$f_{10}^{(e)}$	
	Najveći dopušteni razred kvalitete sitnih čestica	HRN EN 933-9	MB_F10		MB_F10	
	Najmanji dopušteni razred uglatosti zrna (koeficijent protoka)	HRN EN 933-6	E_{CS30}		E_{CS30}	
	Najveći dopušteni razred upijanja vode za ocjenu otpornosti na smrzavanje-odmrzavanje	HRN EN 1097-6	WA_{241}		WA_{241}	
	Porijeklo ^(f)	-	(PSV_{50})	$(PSV_{Dek1.30})$ $(PSV_{NR})^{(c)}$	(PSV_{50})	
Miješani agregat 0/4 (drobljeni)	Granulometrijski sastav	HRN EN 933-1			G_A90	
	Najveći dopušteni razred udjela sitnih čestica	HRN EN 933-1			G_{TC10}	
	Najveći dopušteni razred kvalitete sitnih čestica	HRN EN 933-9			f_{10}	
	Najmanji dopušteni razred uglatosti zrna (koeficijent protoka)	HRN EN 933-6			MB_F10	
	Najveći dopušteni razred upijanja vode za ocjenu otpornosti na smrzavanje-odmrzavanje	HRN EN 1097-6			$E_{CS30}^{(g)}$	
	Porijeklo ^(f)	-	$PSV_{Dek1.30}$	$PSV_{Dek1.30}$ $PSV_{NR}^{(c)}$	$PSV_{Dek1.30}$	
<p>(a) omjer masenog udjela miješanog agregata 0/4 mm i sitnog agregata 0/2 mm u bitumenskoj mješavini ne smije biti veći od 1,2</p> <p>(b) za frakciju 2/4 mm dopušten je razred f_2</p> <p>(c) u slučaju primjene za zaštitne slojeve hidroizolacije</p> <p>(d) u slučaju kad je prionljivost manja od 80 %, mora se upotrijebiti dodatak za poboljšanje prionjivosti</p> <p>(e) za smjesu zrnja 0/2 mm eruptivnog porijekla, udio sitnih čestica manjih od 0,063 mm smije biti najviše 5 % (m/m)</p> <p>(f) sirovina od koje je proizveden agregat navedenog razreda PSV</p> <p>(g) koeficijent protoka zrnja veličine ≤ 2 mm izdvojenog iz frakcije 0/4 mm</p>						

PRILOG D – agregat

Kategorije smjese agregata (opisno i pojednostavljeno):

AG1 – sve frakcije silikatnog sastava (ili troska s $PSV > 50$)

AG2 – frakcija 0/2 karbonatnog sastava a ostale silikatnog

AG3 – frakcija 0/4 karbonatnog sastava a ostale silikatnog

AG4 – sve frakcije karbonatnog sastava (ili troska s $PSV > 30$)

AG5 – kombinacija frakcije 0/4 karbonatnog sastava i frakcija 0/2 i 2/4 silikatnog sastava, dok su krupnije frakcije u potpunosti silikatnog sastava

PRILOG D – agregat

Tehnička svojstva smjese agregata za izvedbu nosivih slojeva

	Tehnička svojstva	Ispitna metoda	Primjenske kategorije smjese agregata			
			AG6	AG7	AG8 ^(a)	AG9
Krupni agregat 4/8, 8/16, 16/22, 16/32, 22/32	Granulometrijski sastav Granične vrijednosti i tolerance	HRN EN 933-1	$G_C90/15$		$G_C90/20$	
			$G_{20/15}^{(b)}$		G_{NR}	
	Najveći dopušteni razred udjela sitnih čestica	HRN EN 933-1	f_2		f_2	
	Najmanji dopušteni razred udjela drobljenih zrna i udjela lomljene površine zrna	HRN EN 933-5	$C_{100/0}$	$C_{50/30}$	C_{NR}	
	Najveći dopušteni razred indekas oblika	HRN EN 933-4	SI_{20}		SI_{25}	
	Najveći dopušteni razred otpornost na predrobljavanje metodom «Los Angeles»	HRN EN 1097-2	LA_{30}	LA_{30}	LA_{30}	
	Najveći dopušteni razred upijanja vode za ocjenu otpornosti na smrzavanje-odmrzavanje	HRN EN 1097-6	WA_{241}		WA_{242}	
	Najveći dopušteni razred otpornosti na smrzavanje-odmrzavanje ili magnezijev sulfat	HRN EN 1367-1 ili HRN EN 1367-2	F_1 ili MS_{18}			
Prionjivost bitumenskog veziva	HRN EN 12697-11, Metoda A	$\geq 70\% (6h)^{(c)}$				
Miješani agregat 0/4 (drobljeni)	Granulometrijski sastav	HRN EN 933-1	G_A90, G_{TC10}			
	Najveći dopušteni razred udjela sitnih čestica	HRN EN 933-1	f_{10}			
	Najveći dopušteni razred kvalitete sitnih čestica	HRN EN 933-9	MB_F10			
	Najmanji dopušteni razred uglatosti zrna (koeficijent protoka)	HRN EN 933-6	$E_{CS30}^{(d)}$			
	Najveći dopušteni razred upijanja vode za ocjenu otpornosti na smrzavanje-odmrzavanje	HRN EN 1097-6	WA_{241}		WA_{242}	

PRILOG D – agregat

Tehnička svojstva smjese agregata za izvedbu nosivih slojeva (nastavak)

Miješani agregat 0/4, 0/8, 0/11, 0/16, 0/22, 0/32	Granulometrijski sastav	HRN EN 933-1	G_{A90}
			G_{TCNR}
	Najveći dopušteni razred udjela sitnih čestica	HRN EN 933-1	f_{10}
	Najveći dopušteni razred kvalitete sitnih čestica	HRN EN 933-9	MB_F10
	Najmanji dopušteni razred udjela drobljenih zrna i udjela lomljene površine zrna	HRN EN 933-5	$C_{50/30}, C_{NR}$
	Najmanji dopušteni razred uglatosti zrna (koeficijent protoka) ^(e)	HRN EN 933-6	E_{CSNR}
	Najveći dopušteni razred indeksa plosnatosti ili indeksa oblika	HRN EN 933-3 ili HRN EN 933-4	FI_{20} ili SI_{25}
	Najveći dopušteni razred otpornost na predrobljavanje metodom «Los Angeles»	HRN EN 1097-2	LA_{30}
	Najveći dopušteni razred upijanja vode za ocjenu otpornosti na smrzavanje-odmrzavanje	HRN EN 1097-6	WA_{242}
	Najveći dopušteni razred otpornosti na smrzavanje-odmrzavanje ili magnezijev sulfat	HRN EN 1367-1 ili HRN EN 1367-2	F_1 ili MS_{18}
Prionjivost bitumenskog veziva	HRN EN 12697-11, Metoda A	$\geq 70 \% (6h)^{(c)}$	

^(a) dopuštena je uporaba i kombiniranih (dvije ili više) susjednih frakcija krupnog agregata
^(b) odnosi se na frakcije 8/16 i 16/32 mm
^(c) u slučaju kad je prionljivost manja od 70 %, mora se upotrijebiti dodatak za poboljšanje prionjivosti
^(d) koeficijent protoka zrnja veličine ≤ 2 mm izdvojenog iz frakcije 0/4 mm
^(e) odnosi se samo na frakciju 0/4 mm

OČUVANJE OKOLIŠA

Skupina znanstvenika objavila je knjigu “Granice rasta” (“Limits to Growth”, Meadows et al., 1972.)

- rast korištenja prirodnih resursa je eksponencijalan (poljoprivreda, industrija) do kolapsa u XXI. stoljeću
- predviđalo se da će do kraja XX. stoljeća 11 osnovnih mineralnih sirovina biti iscrpljeno
- knjiga “Granice rasta” je jedna od temeljnih i početnih ideja održivog razvoja

Definiranje načela održivog razvoja

“Održiv razvoj (*sustainable development*) je razvoj koji zadovoljava današnje potrebe a ne ugrožava buduće generacije i njihove potrebe” (World Commission on Environment and Development, 1987).

OČUVANJE OKOLIŠA

Projektom “Rudarstvo, mineralne sirovine i održivi razvoj”, kojeg je izradio International Institute for Environment and Development (IIED&WBCSD, 2002.), utvrđeno je devet ključnih točaka održivog razvoja u djelatnosti vađenja mineralnih sirovina.

Pod okriljem UN-a prošlog desetljeća održan je i okrugli stol u Berlinu gdje su usvojene “Upute za rudarstvo i održivi razvoj” (United Nations Environment Programme, 2002.).

OČUVANJE OKOLIŠA

Koncept održivog razvoja u EU temelji se na dokumentu koji je prihvaćen u Gothenburgu 2001. godine:

“Održiva Europa za bolji svijet: strategija održivog razvoja Europske unije”

Za industriju mineralnih sirovina u EU najveći značaj ima dokument pod nazivom:

“Promicanje održivog razvoja u industriji neenergetskih mineralnih sirovina Europske unije” (Commission of the European Communities, 2000, 265)

OČUVANJE OKOLIŠA

Dokumentom “Promicanje održivog razvoja...” utvrđene su važne činjenice:

- eksploatacija mineralnih sirovina (rudarstvo) je pod povećanim utjecajem konkurentnih načina iskorištavanja tla kao što su urbani razvoj, poljoprivreda, očuvanje prirode
- potrebno je uravnoteženo razmatranje ekonomskih, ekoloških i socijalnih aspekata da bi se osigurao održivi razvoj industrije
- nužna je usklađena politika zajednice

OČUVANJE OKOLIŠA

Dokumentom su istaknuta dva problema s gledišta održivog razvoja:

- korištenje neobnovljivih resursa može dovesti do toga da ti resursi neće biti dostupni budućim generacijama
- osiguranje kvalitete okoliša uz postojanje općenitih i posebnih rizika prilikom eksploatacije

OČUVANJE OKOLIŠA

Većina zemalja članica EU poduzela je mjere za provođenje načela održivog razvoja s naglaskom na:

- zaštitu okoliša
- promicanje smanjene upotrebe mineralnih sirovina
- recikliranje otpada

OČUVANJE OKOLIŠA

NE

Zahtijevati ugradnju asfalta sa silikatnim agregatom gdje to nije tehnički opravdano (prometne površine s malim brzinama!!!)

NE

Protiviti se primjeni novih tehnologija (recikliranje postojećih kolničkih konstrukcija) ili alternativnih materijala (troske, reciklirani agregati)

ALI

Zbog manjka iskustava s novim tehnologijama i alternativnim materijalima uvijek temeljito provesti istražne radove, ispitivanja, planiranja (po potrebi i detaljnije nego kod upotrebe “virgin materials”)

OČUVANJE OKOLIŠA

ZAŠTO NE???

Jer “korištenje neobnovljivih resursa može dovesti do toga da ti resursi neće biti dostupni budućim generacijama”

- sedimentne stijene zauzimaju 75% površine Zemlje ali u Hrvatskoj je to 95% (3-4% metamorfne i 1-2% magmatske)
- od preko 250 eksploatacijskih polja za vađenje tehničko-građevnog kamena na samo 13 se vadi silikatna sirovina
- zbog svojstava, samo 10 od tih materijala su pogodni za proizvodnju agregata za asfalt, a od tih 10 zbog lokacije (park prirode) ili nemogućnosti širenja ne rade 3

OČUVANJE OKOLIŠA

Ležišta tehničko-građevnog kamena Si sastava u RH:

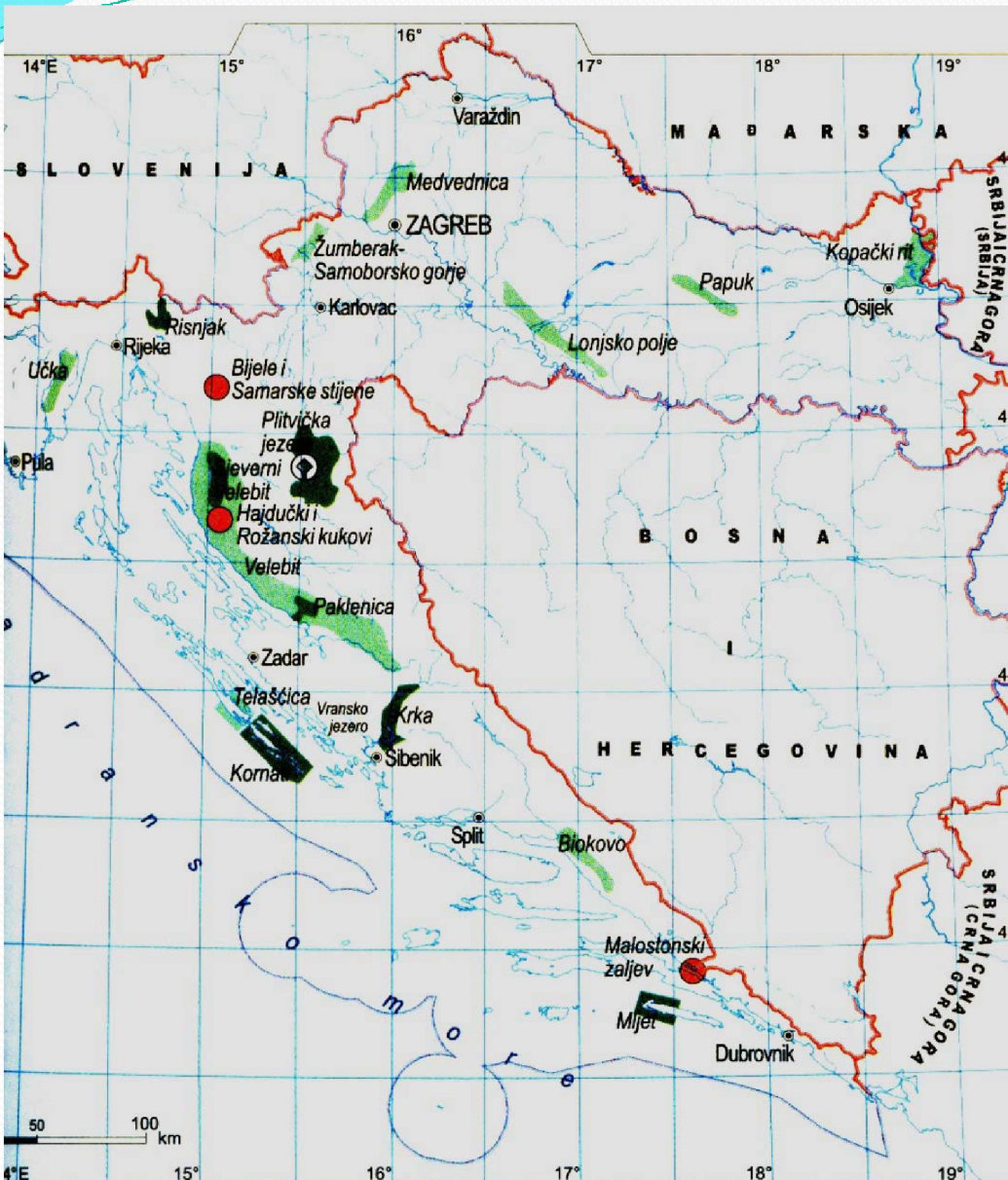
- dijabaz na Papuku (eksploatacijska polja Brenzberg-Točak, Žervanjska),
- dijabaz kod Lasinje na Baniji (eksploatacijsko polje „Kremešnica“),
- dijabaz na Kalniku (eksploatacijsko polje „Hruškovec“),
- dijabaz na Medvednici (eksploatacijsko polje „Jelenje Vode“),
- dijabaz na Baniji kod Topuskog (eksploatacijsko polje „Bojna“),

OČUVANJE OKOLIŠA

- dijabaz na Baniji kod Hrvatskih sela (eksploatacijsko polje „Hrvatsko selo“)
- amfibolit na Papuku (eksploatacijsko polje „Vetovo“),
- amfibolit na Psunju (eksploatacijsko polje „Fukinac“)
- andezit (eksploatacijsko polje „Fužinski Benkovac“)
- trahiandezit na Krndiji (eksploatacijsko polje „Torine“)
- amfibolit, granit, gnajs na Moslavačkoj gori (eksploatacijsko polje „Pleterac“),
- gnajs na Moslavačkoj gori (eksploatacijsko polje „Mikleuška“)

ZAŠTO NE???

Zbog “osiguranja kvalitete okoliša uz postojanje općenitih i posebnih rizika prilikom eksploatacije”



park prirode - godina proglašenja (1967.)

- 1 Kopački rit (1967.)
- 2 Medvednica (1981.)
- 3 Velebit (1981.) - rezervat biosfere (UNESCO 1987.)
- 4 Biokovo (1981.)
- 5 Telašćica (1988.)
- 6 Lonjsko polje (1990.)
- 7 Papuk (1999.)
- 8 Učka (1999.)
- 9 Žumberak - Samoborsko gorje (1999.)
- 10 Vransko jezero (1999.)

strogi rezervat - godina proglašenja (1969.)

- 1 Hajdučki i Rožanski kukovi (1969.)
- 2 Bijele i Samarske stijene (1985.)
- 3 Malostonski zaljev (1998.)

nacionalni park - godina proglašenja (1949.)

- 1 Plitvička jezera (1949.)
- 2 Paklenica (1949.)
- 3 Risnjak (1953.)
- 4 Mljet (1960.)
- 5 Kornati (1980.)
- 6 Brijuni (1983.)
- 7 Krka (1986.)
- 8 Sjeverni Velebit (1999.)

⊙ svjetska baština (1979.)

OČUVANJE OKOLIŠA

Ako upotrijebimo silikatni agregat za 1 km ceste u Istri

Prosječna potrošnja teretnog vozila:		35 l/100km
Bojna-Pazin i natrag:		500 km
Utrošak goriva po kamionu:		175 l
1 km prometnice širine 6 m:	P=	6000 m ²
debljine habajućeg sloja 4 cm:	V=	240 m ³
gustoća asfalta u zbijenom stanju:		2,55 t/m ³
masa asfaltne mješ. za hab. sloj:		612 t
masa frakc. agregata u asf. mješavini:		612 x 0,9 = 551 t
Za prijevoz agregata potrebno:		27 kamiona

OČUVANJE OKOLIŠA

Utrošak goriva: $175 \times 27 = 4725$ l

Iz 1 l goriva se oslobađa:

- 0,1 kg CO
- 2,5 kg CO₂
- 0,03 kg NO_x

Emisija plinova prilikom transporta:

- 472 kg CO**
- 11812 kg CO₂**
- 141 kg NO_x**