

MLAZNI BETON

DEFINICIJA

- Pod mlaznim betonom (eng. shotcrete) se podrazumijeva beton koji se ugrađuje u struji zraka pod tlakom kroz posebne mlaznice i velikom brzinom i energijom nanosi na podlogu, pri čemu se kompaktira i prianja uz podlogu.
- Drugi nazivi za mlazni beton: prskani beton, torkret



VRSTE MLAZNOG BETONA

- Razlikuje se suhi i mokri postupak ugradnje
- Postupak nanošenja mlaznog betona (mokri ili suhi) odabire projektant prema namjeni i uvjetima kakvoće betona, uvjetima izvedbe i cijeni.



USPOREDBA SUHI I MOKRI POSTUPAK

- Suhi postupak
 - bolja prionljivost na podlogu
 - kvalitetniji beton
 - veći odskok materijala
 - prašina, koja otežava radne uvjete
 - jednostavniji i sigurniji rad.
- Mokri postupak
 - beton slabije, ali ujednačenije kvalitete
 - manji odskok.



Dry Buildup

Dry panneau

Screding

Edited by Frédéric Chapdelaine
Filmed by Denis Beaupré

Cutting

Edited by Frédéric Chapdelaine
Filmed by Denis Beaupré

Finishing Gaz I

Edited by Frédéric Chapdelaine
Filmed by Denis Beaupré

SASTAVNE KOMPONENTE

- Komponente sastava mlaznog betona su:
 - cement,
 - agregat,
 - voda,
 - aditivi (kemijski ili mineralni),
 - vlakna

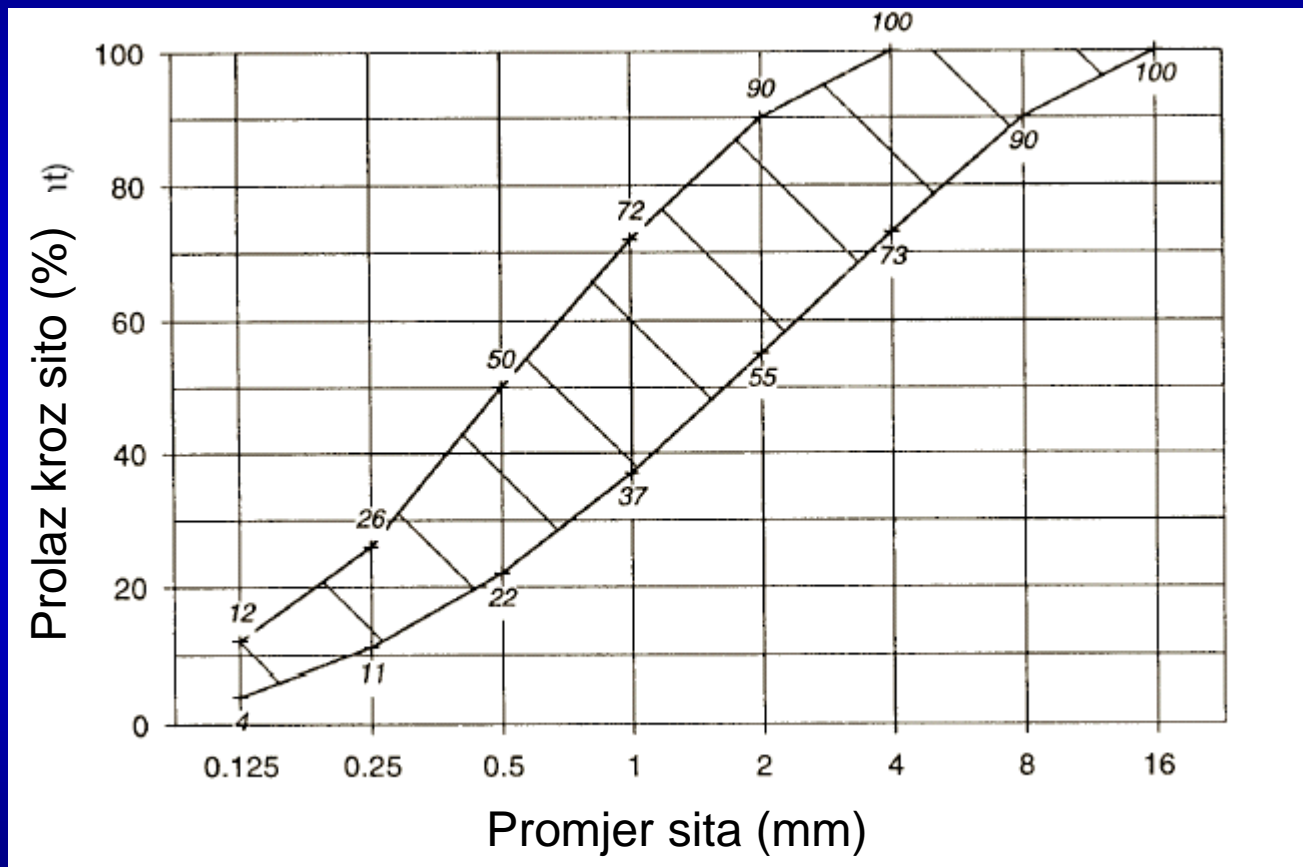
Sve sastavne komponente moraju kvalitetom odgovarati zahtjevima kvalitete kao i za obični beton.

UBRZIVAČ VEZANJA

- početak vezivanja mlaznog betona ne smije da bude ispod 1.5 minute, a najbolje je da iznosi 2 minute,
- ubrzivač se mora unositi istovremeno i ravnomjerno s mješavinom,
- kod primjene suhog postupka, treba upotrebiti ubrzivač u obliku praha.

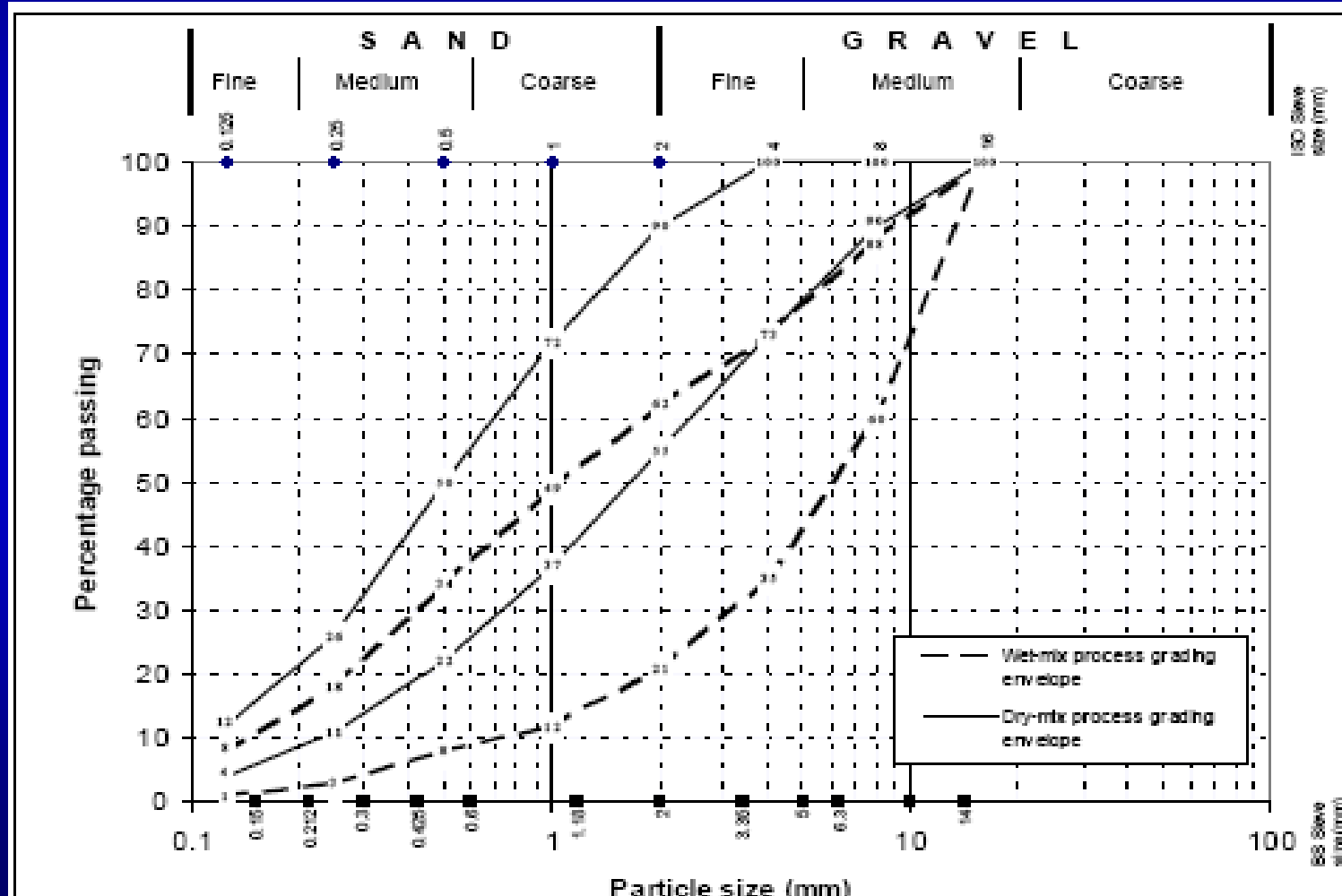


GRANULOMETRIJSKI SASTAV AGREGATA

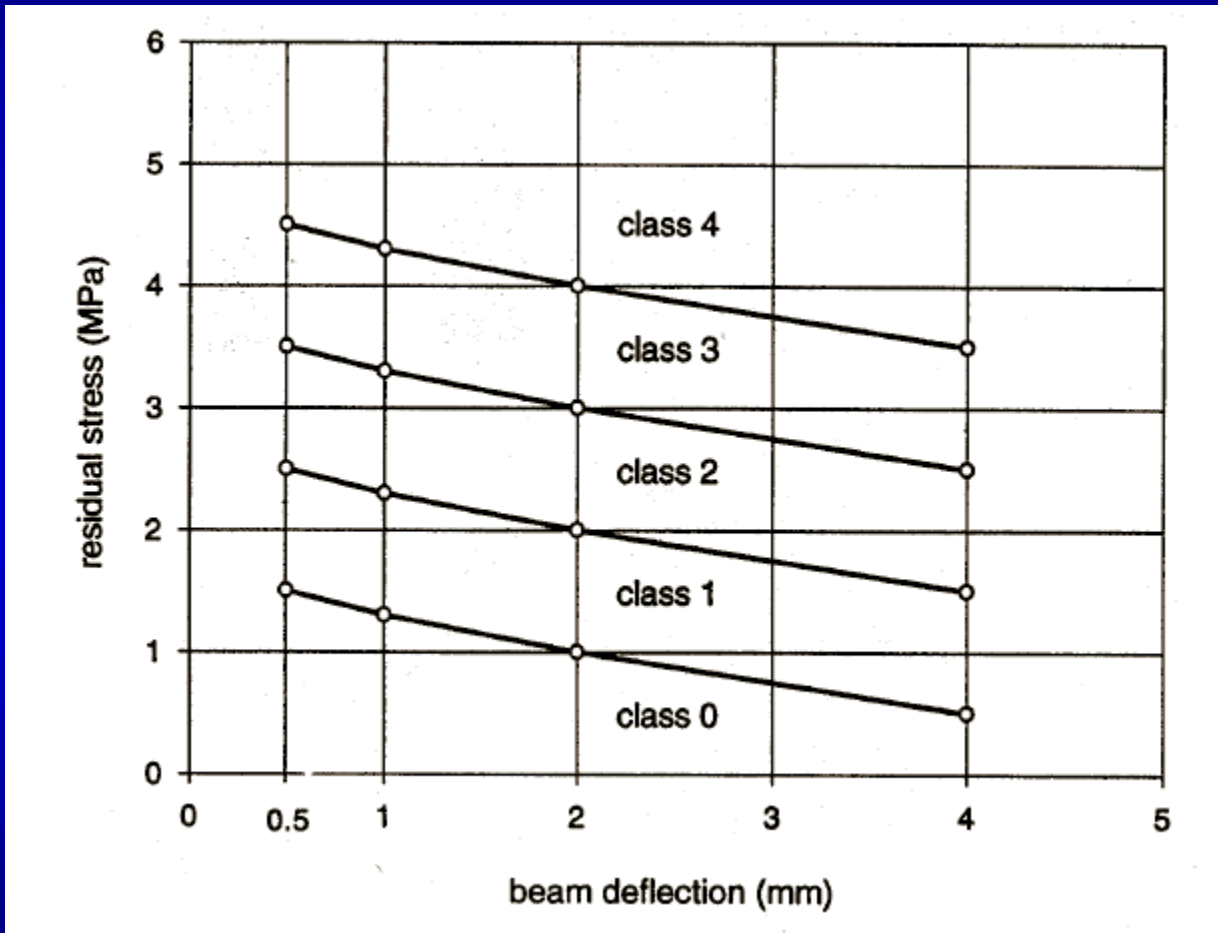


Preporučene optimalne krivulje granulometrijskog sastava agregata

GRANULOMETRIJSKI SASTAV AGREGATA



KRITERIJI ŽILAVOSTI



Kriteriji žilavosti primjenjuje se kod korištenja mlaznog betona sa dodatkom vlakana

SUHI POSTUPAK

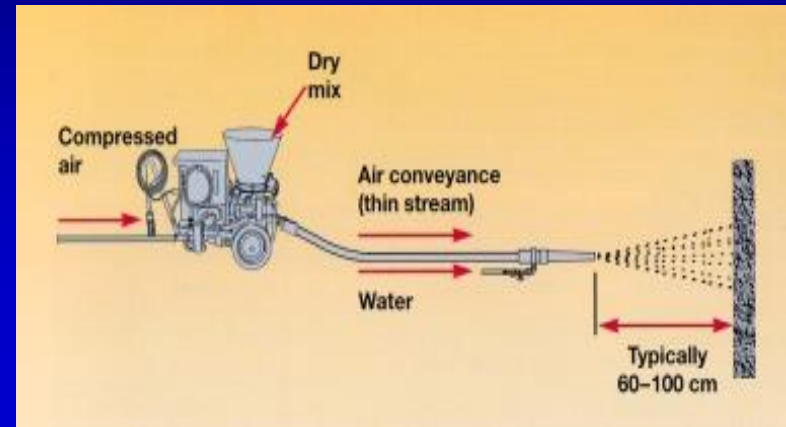
- Omjer mase cementa i agregata od 1:6 (za C25/30) do 1:2 (za C40/50)
- Omjer se nakon ugradnje zbog odskoka pretežno krupnijih zrna agregata reducira na 1:4 do 1:1.2
- Maksimalno zrno agregata iznad 16 mm treba izbjegavati
- Uobičajeni v/c faktor je od 0,35 do 0,50

MAKSIMALNE KOLIČINE MINERALNIH DODATAKA

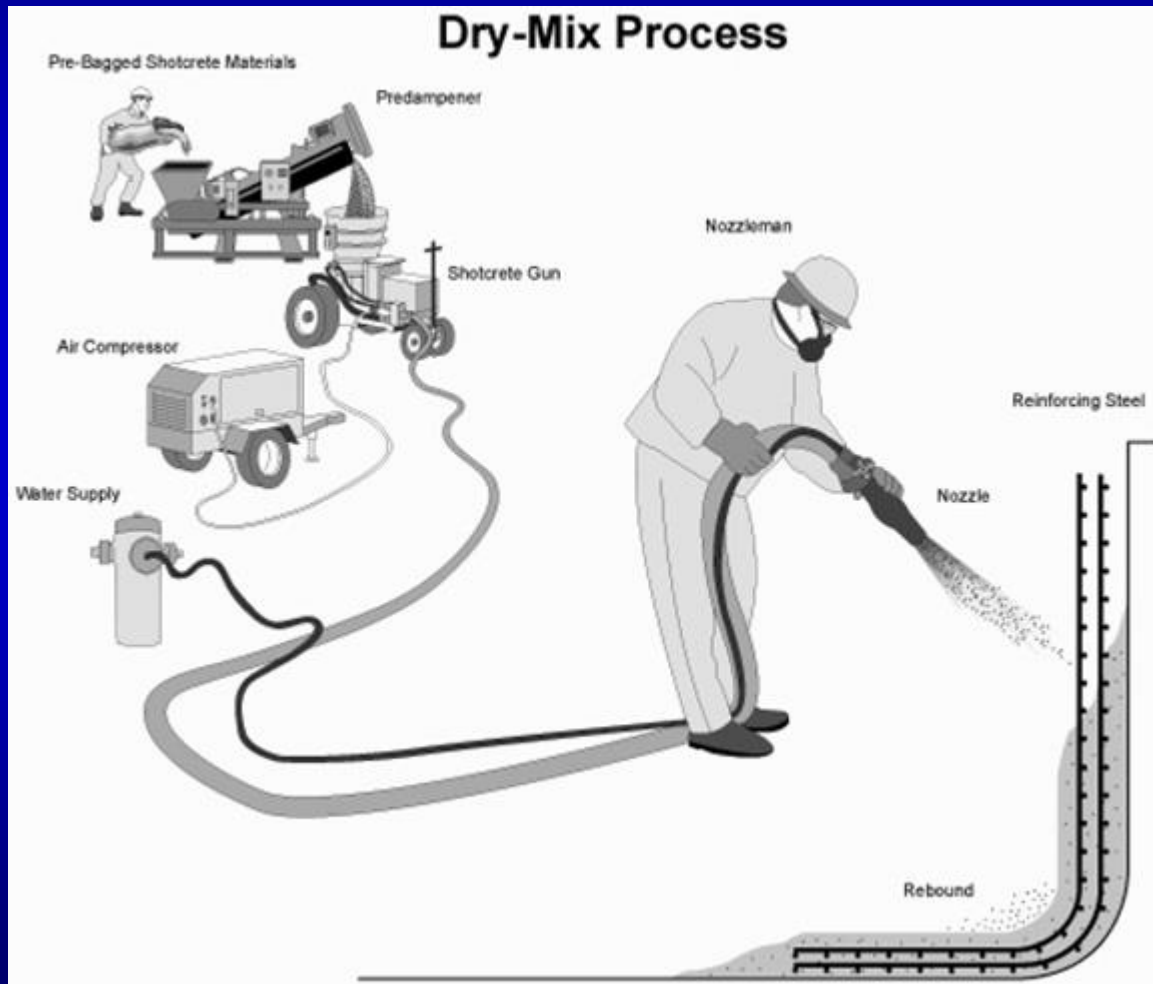
- Silikatna prašina - 15 % mase cementa
- Leteći pepeo – 30 % mase cementa
- Zgura – 30 % mase cementa

SUHI POSTUPAK

- Pri suhom postupku ugradnje mlaznog betona, suha mješavina sastavljena od agregata i cementa ubacuje se u mješalicu odakle se komprimiranim zrakom transportira kroz gumeno crijevo do mlaznice za nabacivanje.
- Kod same mlaznice posebnim crijevom dovodi se voda i dodaje se suhoj smjesi, nakon čega se jak mlaz mlaznog betona usmjeri na površinu koja se izvodi.



SUHI POSTUPAK



SUHI POSTUPAK

- Odskok suhog postupka nanošenja mlaznog betona

Podloga (smjer mlaza)	Odskok (% mase)
Pod ili podna ploča	5 - 15
Nagnuta i vertikalni zid	15 – 30
Strop (podgled)	25 - 30

UREĐAJI ZA IZVOĐENJE MLAZNOG BETONA

- Za izvođenje mlaznog betona potrebno je raspolagati sljedećim uređajima:
 - mašina za nabacivanje po suhom postupku ili mašina za nabacivanje po mokrom postupku,
 - hidraulički krak s diznom za nabacivanje mlaznog betona mehaničkim postupkom
i/ili
 - hidraulička radna platforma s koje se ručno nabacuje mlazni beton.

UREĐAJI ZA SUHI POSTUPAK

- Mašina za nabacivanje mlaznog betona po suhom postupku su konstruirane za transport suhe mješavine agregata i cementa pomoću komprimiranog zraka. Pogon mašina može biti na komprimirani zrak ili elektromotorom.
- Postoji veliki broj proizvođača koji proizvode mašine za nabacivanje prskanog betona po suhom postupku. Najpoznatije su: "ALIVA AG", "Widen" i "Meynadier Maschinen", Zürich (Švicarska), "ICOMA", Milano (Italija), "Velco", Velbert, Njemačka i dr.

KRITERIJI ODABIRA UREĐAJA ZA SUHI POSTUPAK

- Kod odabiranja mašine posebnu pažnju treba obratiti na;
konstrukciju dizne, jer ona je od odlučujuće važnosti za kvalitet nabacivanja (jednolikost mlaza i postotak odskoka),
kapacitet mašine (koji se ovisno o tipu mašine može kretati od 3-4 m³/h uz potrošnju zraka cca 10 m³/min, do 7-9 m³/h uz potrošnju zraka i do 20 m³/min.),
postotak odskoka materijala (5-30 %, što je također ovisno o razmaku mlaznice od podloge koja se sanira i kutu nabacivanja)

- **maksimalnu dozu transportiranja** suhe mješavine kroz crijevo za transportiranje,
- **stalnost punjenja koša materijalom** (nejednolikost punjenja ulaznog koša suhom mješavinom može uzrokovati trzanje i udare crijeva za transport i začepljenost istoga),
- **način doziranja ubrzivača**,
- **količinu proizvedene prašine** (dozvoljena maksimalna količina prašine u zraku je 2.5 mg/m^3 zraka).

UREĐAJI ZA SUHI POSTUPAK



0,3 - 3,0 m³/h



2 - 14 ili 3 - 20 m³/h

UREĐAJI ZA SUHI POSTUPAK

- Postoje i kamionski uređaji za nabacivanje mlaznog betona po suhom postupku. To je ustvari čvrsta pokretna, na kamionu, cjelina za spravljanje i nabacivanje prskanog betona.
- Opremljena je s dva silosa, za cement i agregat.
- Uz kabinu vozača nalazi se rezervoar za tekući ubrzivač, koji se dodaje u gumeno crijevo za dovod vode, koja se dovodi pumpom, smještenom također na kamionu.

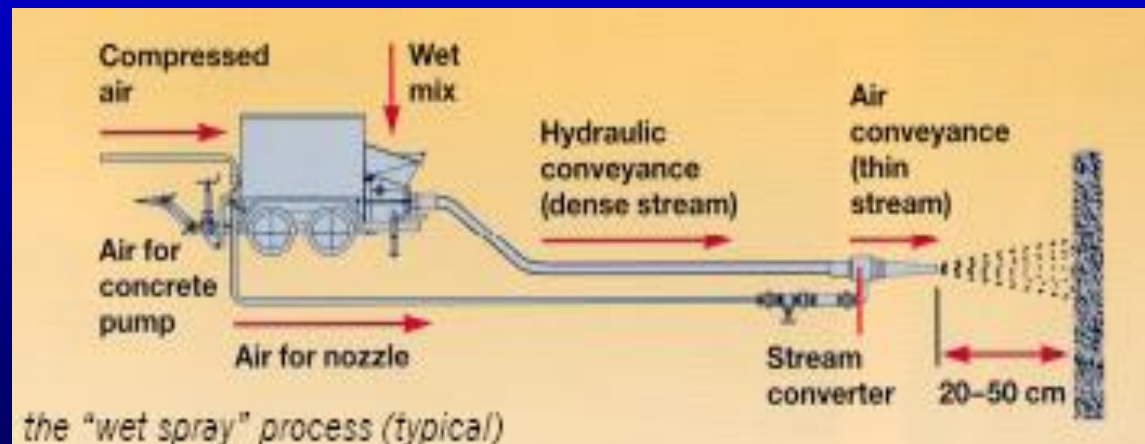
- Voda se dovodi s glavnog priključka vodovoda ili iz rezervoara vode, crijevom koje je spojeno s jednim ventilom na samoj dizni.
- Otvaranjem i zatvaranjem ventila povećava se ili smanjuje dotok vode.
- Da bi se izradila pravilna mješavina mlaznog betona, pritisak vode na mjestu doziranja mora biti minimalno 3 bara.
- Voda se dozira ručno od strane radnika koji treba stalno da osmatra kvalitet betona u pogledu njegove konzistencije.

- Dodatak prevelike količine vode ima za posljedicu, da nabačeni beton curi s površine na koju se nabacuje ili se odljepljuje, a s premalom količinom vode razvija se mnogo prašine.
- Postoji i dizna za poluvlažni postupak nabacivanja mlaznog betona.
- Tom diznom poboljšani su radni uvjeti i kontrola načina rada.
- Dovod vode se regulira iza i ispred vodilice dizne na dizni.

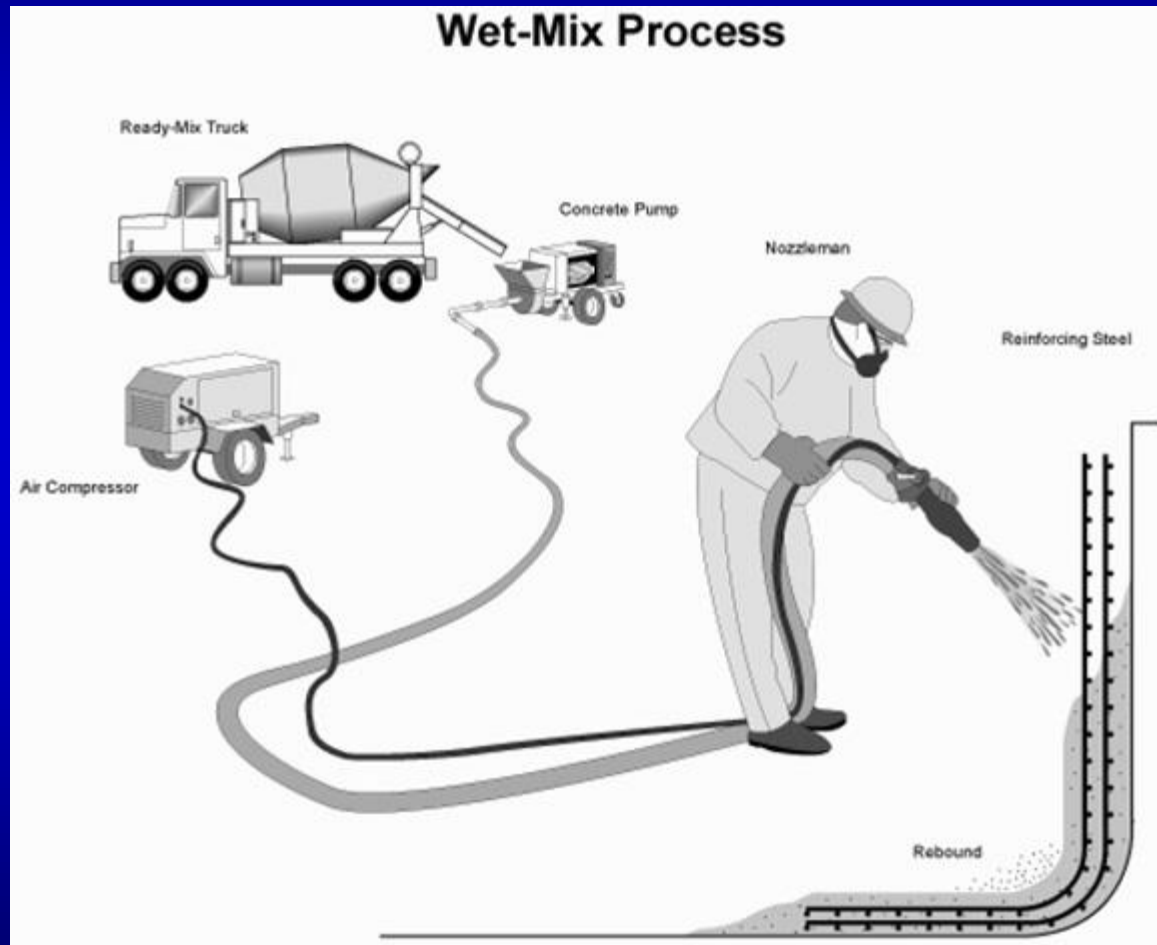
- Vlaženje mješavine agregata i cementa se obavlja na udaljenosti od 3.75 m ispod dizne.
- Količina odskoka upotrebom ovakove dizne iznosi:
 - < 10% pri prskanju vertikalnih površina,
 - < 20% pri prskanju površina iznad glave.

MOKRI POSTUPAK

- Kod ovog postupka gotov beton spravljen u tvornici betona ubacuje se u uređaj, a zatim se obavlja nabacivanje.
- Također se mogu u uređaj dozirati cement, agregat, voda i aditiv, u uređaju komponente izmješati, a zatim nabacivati.



MOKRI POSTUPAK



UREĐAJI ZA MOKRI POSTUPAK

- Kao i kod mašina za nabacivanje po suhom postupku, mašina za nabacivanje po mokrom postupku ima raznih vrsta, a međusobno se razlikuju po konstrukciji i po koncepciji.
- Mašine za nabacivanje mlaznog betona mokrim postupkom su konstruirane tako da koriste gotov beton koji je prethodno spravljen u tvornici betona.
- Transport betona iz mašine obavlja se pomoću komprimiranog zraka.

- Uređaji za mokri postupak koriste zračni pogon za mješanje ili elektromotor.
- Postoji nekoliko **značajnih prednosti** ovog postupka u odnosu na primjenu suhog postupka za nabacivanje mlaznog betona:
 - količine odskoka kod upotrebe ovih mašina su vrlo male,
 - pri nabacivanju se stvara vrlo malo prašine,
 - kapacitet mašina je znatno veći
 - debljina nabačenog sloja u jednom nabacivanju je veća.

- Ukoliko se koriste ubrzivači, tekući ubrzivač je smješten u posebnom rezervoaru uz mašinu i on se posebnim crijevom uvodi u mlaznicu i u njoj se rasprskava na beton.
- Postoji veliki broj proizvođača koji proizvode mašine za nabacivanje mlaznog betona po mokrom postupku.
- Najpoznatije su: Spirocret, Montanbüro GmbH, i SCHWING iz Njemačke i ALIVA iz Švicarske.

HIDRAULIČKI KRAK S DIZNOM ZA NABACIVANJE MLAZNOG BETONA

- Hidraulički krak s diznom se upotrebljava za mehaničko nabacivanje mlaznog betona.
- Hidraulički krak ima veliki radni domet, pa ga se i upotrebljava uglavnom kada se radi na velikim visinama.



- Mlaznica na kraju hidrauličnog kraka treba da je ugrađena tako da ima omogućeno okretanje u svim pravcima (270°).
- Upravljanje krakom, odnosno mlaznicom obavlja se teledirigirano iz upravljačke kabine.
- Prilikom kretanja po gradilištu, hidraulički krak treba da leži duž jedne strane vozila.



HIDRAULIČKA RADNA PLATFORMA S KOJE SE RUČNO NABACUJE MLAZNI BETON

- Hidraulička radna platforma se koristi ako se ručno nabacuje mlazni beton tj. kada radnik drži mlaznicu u ruci, a potrebno je nabaciti mlazni beton na veće visine.
- One mogu biti na ručni hidraulički pogon, elektro pogon i na zračni pogon.
- Platforme se uglavnom kreću na gumenim točkovima i pretežno su samohodne.



RADNA SKELA

- Ukoliko se radi ručno nabacivanje mlaznog betona, radna skela mora biti izrađena tako da je moguće brzo postavljanje i skidanje radnih platoa na visinskim razmacima svakih 1.5 - 2 m, a uzdužno mora pokrivati cijelu radnu plohu koja se izvodi u jednom mahu.
- Elementi skele ne smiju ometati radni u jednoj fazi nabacivanja prskanog betona. Ograda radnog prostora mora biti udaljena najmanje 2 m od radne plohe.



IZVOĐENJE RADOVA S MLAZNIM BETONOM

- Prije nanošenja mlaznog betona treba obaviti potrebne pripreme podloge na koju će se nanositi i opreme kojom će se izvoditi.



IZVOĐENJE RADOVA S MLAZNIM BETONOM

- Prije početka nabacivanja mlaznog betona, površinu postojećeg betona potrebno je očistiti od nečistoća i/ili olabavljenih dijelova.
- Eventualne masne mrlje potrebno je odstraniti pranjem, štemanjem, pikovanjem, a najbolje pjeskarenjem u kombinaciji s vodom, pod visokim pritiskom.



IZVOĐENJE RADOVA S MLAZNIM BETONOM

- Ako se mlazni beton nanosi na stari postojeći beton, potrebno je pored čišćenja, beton dva dana ranije polijevati vodom, kako ne bi stari beton povukao vodu iz novog mlaznog betona.



IZVOĐENJE RADOVA S MLAZNIM BETONOMOM

- Na stjenovitoj podlozi treba:
 - ukloniti trošne i labave dijelove,
 - kartirati stijenu radi procjene potrebe podupiranja ili njezine nosivosti,
 - drenirati ili blokirati prodore vode.



IZVOĐENJE RADOVA S MLAZNIM BETONOM

- Na podlozi betonske konstrukcije, koja se sanira, treba:
 - utvrditi i ocijeniti stanje konstrukcije i podloge,
 - utvrditi i po mogućnosti ukloniti uzroke oštećivanja,
 - ukloniti oštećene i sve druge trošne dijelove,
 - ukloniti karbonatizirani ili kloridima i drugim agresivnim tvarima zagađeni površinski sloj betona.



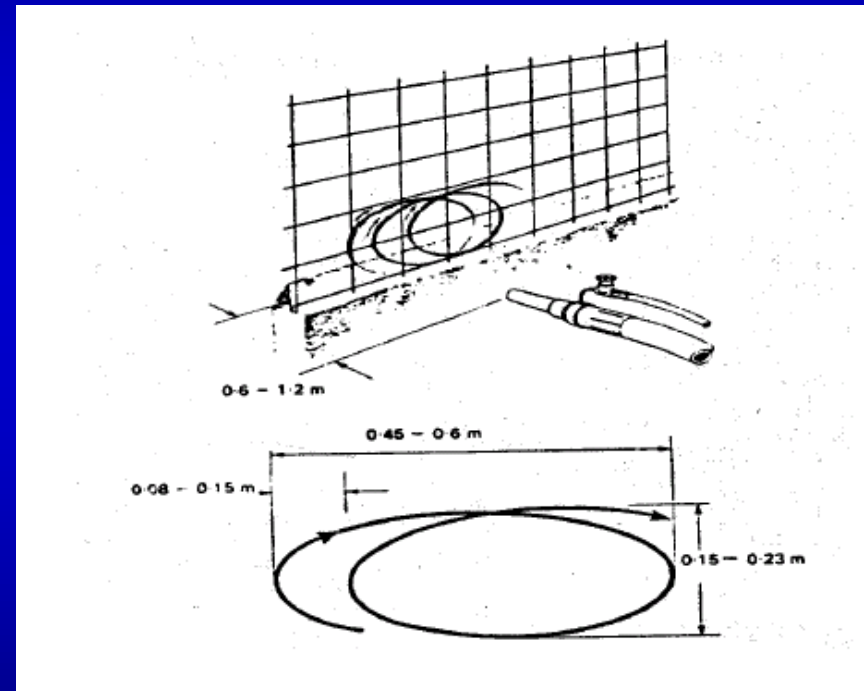
IZVOĐENJE RADOVA S MLAZNIM BETONOM

- Opremu za prijevoz i nanošenje smjese mlaznog betona treba ispravno dimenzionirati (kompresor kapaciteta najmanje 10 m³ komprimiranog zraka tlaka najmanje 2.5 do 3 bara, tako da daje jednoliki mlaz smjese, i dovod vode na mlaznicu s tlakom oko 4 bara, uvijek većim od tlaka zraka)



IZVOĐENJE RADOVA S MLAZNIM BETONOM

- Prije nanošenja mlaznog betona treba dobro navlažiti podlogu i zapuniti veće pukotine i rupe. Nanošenje započeti s dna i napredovati prema gore.
- Mlaznicu treba držati okomito na podlogu na optimalnoj udaljenosti (0.6 do 1.2 m) i spiralno je pomicati.



IZVOĐENJE RADOVA S MLAZNIM BETONOM

- Treba imati na umu da je osnovni preduvjet kvalitetnog mlaznog betona ispravna ugradnja tj. ispravno rukovanje mlaznicom, za što je nužna kvalificirana iiskusna osoba.
- Svaki put prije početka nanošenja mlaznog betona treba provjeriti ispravnost i pripremljenost opreme, posebno tlačnih cijevi i spojeva.



IZVOĐENJE RADOVA S MLAZNIM BETONOM

- Prije početka radova na nabacivanju mlaznog betona, odnosno prije nastavka radova nakon prekida (pauza za ručak, neplanirani prekid), mora se obvezno regulirati dodavanje vode u mlaznicu.
- Tijekom reguliranja, dok se ne dobije potrebna konzistencija, smjesa mlaznog betona se nabacuje na podloge na koje se neće nabacivati mlazni beton.



IZVOĐENJE RADOVA S MLAZNIM BETONOMOM

- Ne smije se novi sloj nabacivati na još nestvrdnuti prethodni sloj mlaznog betona, jer tada dolazi do mogućnosti odvajanja od podloge.
- Kod nabacivanja mlaznog betona na horizontalnu površinu, treba voditi računa da pri tome ne nastane odvajanje većih zrna agregata od mase betona ispred i u pravcu kretanja.



IZVOĐENJE RADOVA S MLAZNIM BETONOM

- Ako se mlazni beton armira armaturnom mrežom, tada se najprije nabaci sloj mlaznog betona i tek tada se postavlja mreža, utapanjem u nabačeni sloj.
- Ukoliko nije moguće organizirati takav redosljed izvođenja, što je vrlo čest slučaj, tada svakako dan prije nabaciti tanki sloj mlaznog betona, postaviti mrežu, a prije nabacivanja novog sloja mlaznog betona prethodni sloj lagano navlažiti prskanjem površine.

IZVOĐENJE RADOVA S MLAZNIM BETONOM

- Nabacivanje mlaznog betona se obavezno izvodi u slojevima.
- Ove debljine se određuju kako bi se osigurala nazubljena veza između pojedinih radnih slojeva u mlaznom betonu.



IZVOĐENJE RADOVA S MLAZNIM BETONOM

- Kontrolu debljine sloja mlaznog betona treba obvezno provoditi i to dok je mlazni beton još u svježem stanju, probadanjem sloja.
- Izrazite viškove treba odmah prije početka vezanja otkloniti mistrijom.
- Naslage odskoka moraju se odstraniti također dok je mlazni beton još u svježem stanju, odnosno dok još nije vezao.

IZVOĐENJE RADOVA S MLAZNIM BETONOM

- Mlazni beton može se izvoditi samo ako je srednja temperatura zraka $> + 5^{\circ}\text{C}$.
- Ako je temperatura $1 - 4^{\circ}\text{C}$ treba osigurati mjere zaštite, a ako temperatura padne ispod 0°C treba radove prekinuti.
- Zabranjeno je nabacivanje mlaznog betona na smrznute površine.
- Dovršeni sloj mlaznog betona mora se obvezno njegovati u trajanju minimalno od 7 dana.
- Uobičajeno je njegovanje raspršenom vodom. Njegovanje treba organizirati tako, da je površina mlaznog betona cijelo vrijeme u vlažnom stanju.

TLAČNE ČVRSTOĆE MLAZNOG BETONA

Karakteristična čvrstoća (MPa)

klasa	C24/30	C28/35	C32/40	C36/45	C40/50	C44/55	C48/60
valjak	24	28	32	36	40	44	48
kocka	30	35	40	45	50	55	60

TLAČNE ČVRSTOĆE MLAZNOG BETONA

Karakteristična čvrstoća (MPa)							
klasa	C24/30	C28/35	C32/40	C36/45	C40/50	C44/55	C48/60
valjak	20,5	24	27	30,5	34	37,5	41

Tlačnu čvrstoću mlaznog betona s maksimalnim zrnom agregata do 16 mm treba ispitivati na uzorcima promjera 50 mm. Tlačne čvrstoće mlaznog betona na takvim uzorcima visine 100 mm, preračunate uz koeficijent 0,85 faktor redukcije tlačne čvrstoće bušenog valjka u odnosu na standardni uzorak su u tablici.

Faktori preračunavanja tlačne čvrstoće valjka na ekvivalentnu čvrstoću kocke ili valjka

Omjer visine i promjera	Faktor kocke	Faktor valjka
2,00	1,15	1,00
1,75	1,12	0,97
1,50	1,10	0,95
1,25	1,07	0,93
1,10	1,03	0,89
1,00	1,00	0,87
0,75	0,88	0,76

Tlačnu čvrstoću mlaznog betona s maksimalnim zrnom agregata većim od 16 mm treba ispitivati na uzorcima većih dimenzija i preračunavati ih na tlačnu čvrstoću valjka promjera 50 mm i visine 100 mm.

TLAČNE ČVRSTOĆE MLAZNOG BETONA

- Uzorci se buše iz izvedenih dijelova obloga ili iz posebno pripremljenih ploča, koje se za ispitivanje svojstava mlaznog betona prema HRN EN 4012, izvode pod uvjetima i na način izvedbe mlaznog betona na građevini.
- Na jednom mjernom mjestu buše se i ispituju po tri valjka i utvrđuje se njihova srednja vrijednost.
- Najmanji pojedinačni rezultat ne smije biti manji od 75 % vrijednosti dane u prethodnoj tablici.

TLAČNE ČVRSTOĆE MLAZNOG BETONA



**Uređaj za ispitivanje
rane čvrstoće na
terenu za raspone
čvrstoća od 0.16 to
1.2 N/mm²**



Može se ispitivati već nakon 15 – 120
minuta nakon prskanja

**Uređaj za ispitivanje
rane čvrstoće na
terenu za raspone
čvrstoća od 0.16 to 35
N/mm²**

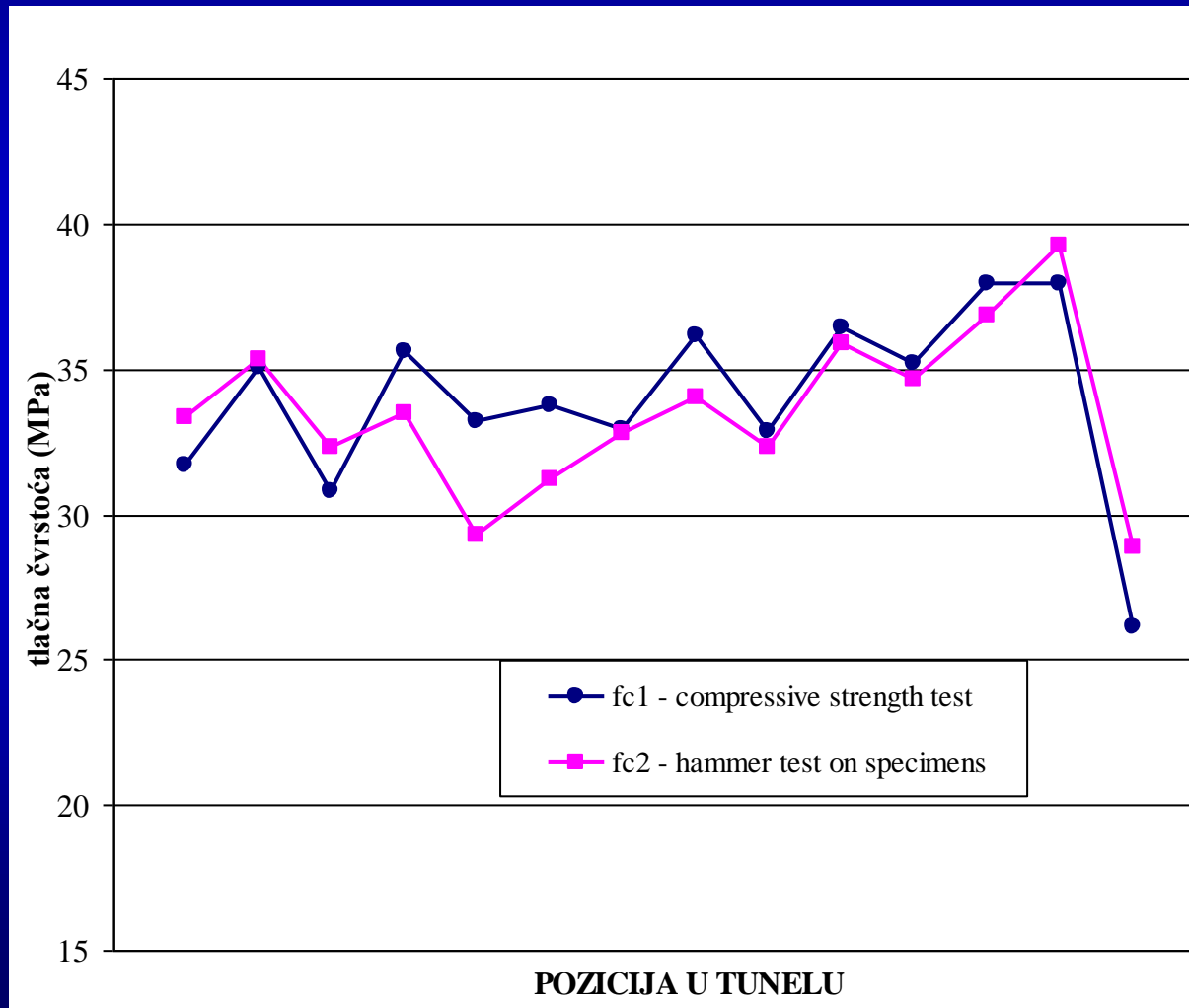


Može se ispitivati već nakon 3 – 24
sata nakon prskanja

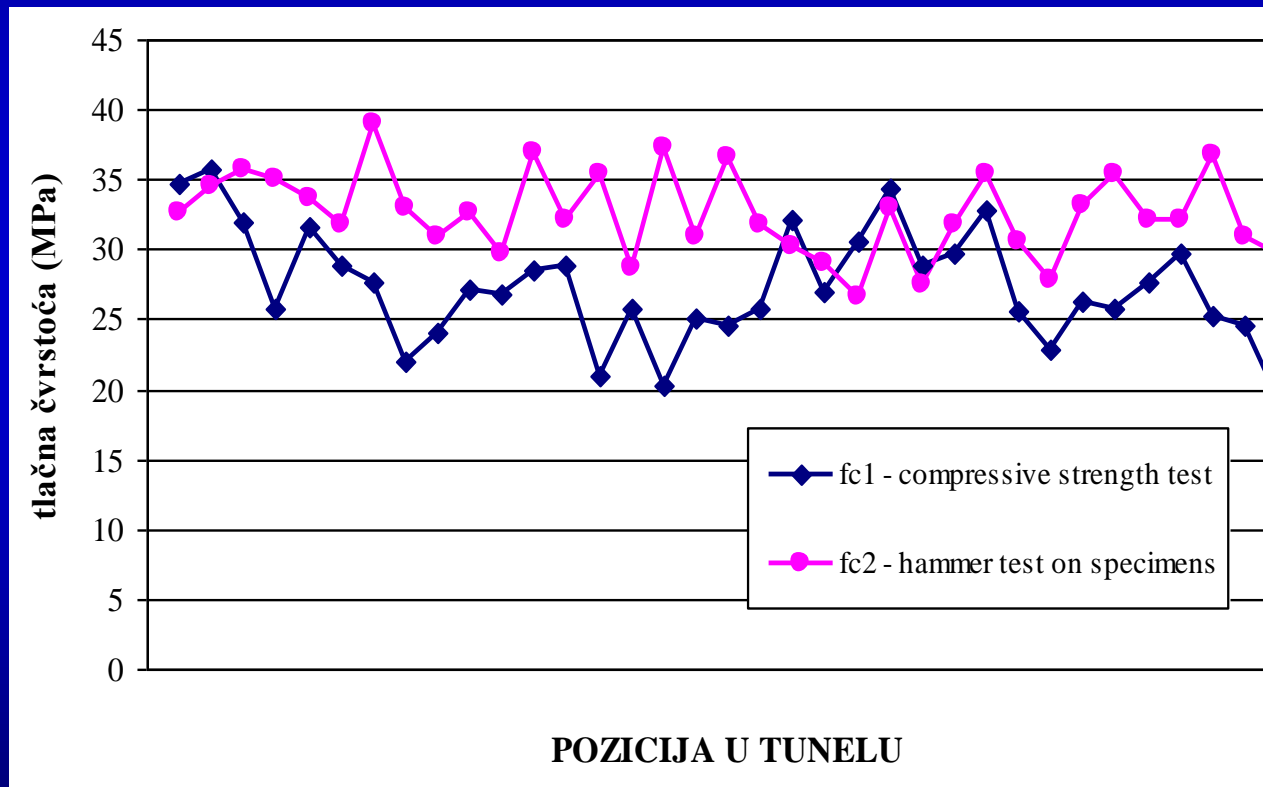
POLURAZORNO ISPITIVANJE TLAČNE ČVRSTOĆE MLAZNOG BETONA U TUNELU SVETI KUZAM NAKON 1 DANA



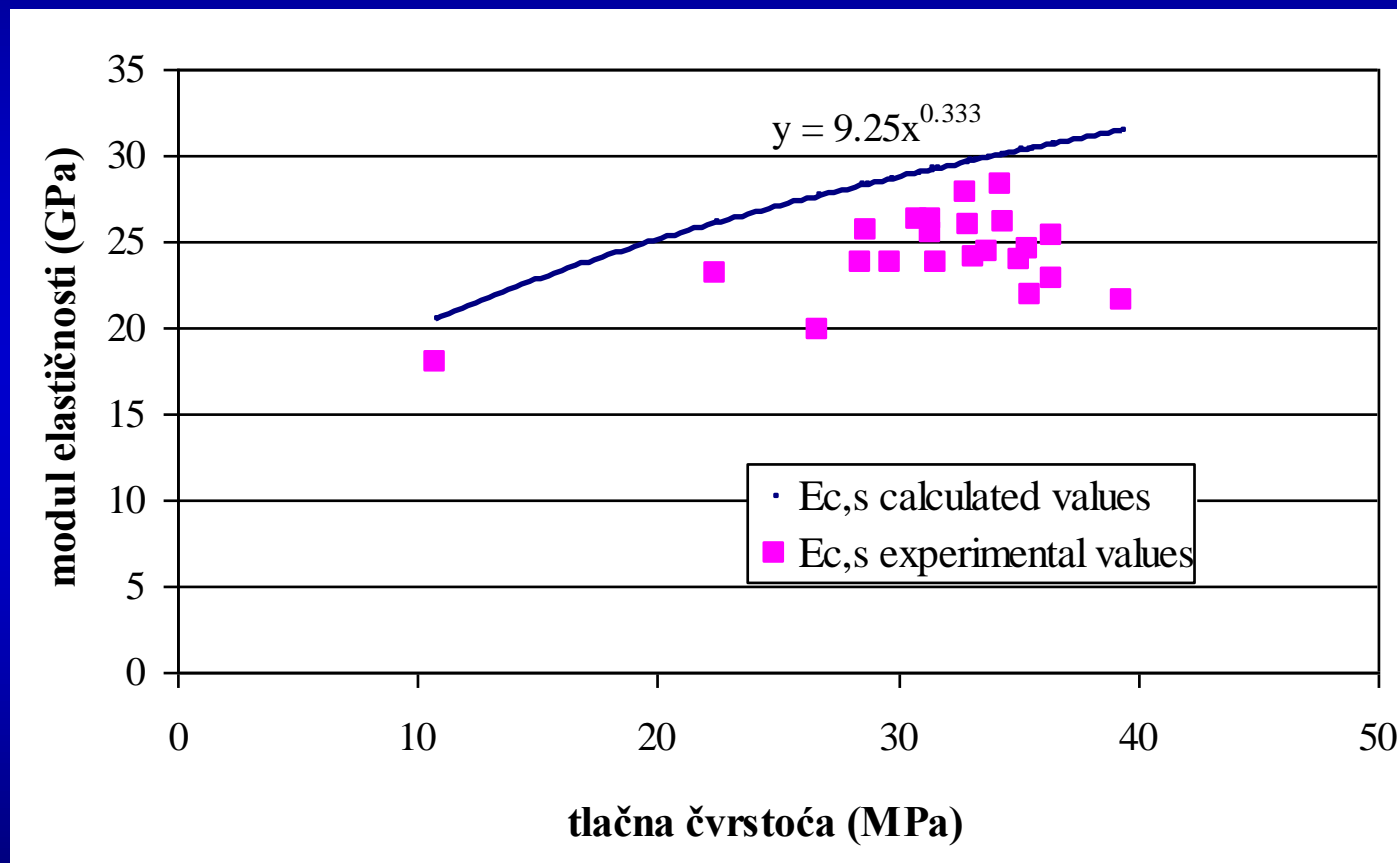
TLAČNA ČVRSTOĆA MLAZNOG BETONA U PRIMARNOJ PODGRADI TUNELA JAVOROVA KOSA



TLAČNA ČVRSTOĆA MLAZNOG BETONA U PRIMARNOJ PODGRADI TUNELA JAVOROVA KOSA



KORELACIJA MEHANIČKIH SVOJSTAVA MLAZNOG BETONA U PRIMARNOJ PODGRADI TUNELA JAVOROVA KOSA



**NE VRIJEDI EMPIRIJSKI IZRAZ ZA VEZU IZMEĐU TLAČNE
ČVRSTOĆE I MODULA ELASTIČNOSTI**

VLAČNA ČVRSTOĆE MLAZNOG BETONA

- Vlačna čvrstoća mlaznog betona ispituje se cijepanjem uzoraka izbušenih iz izvedene obloge ili iz kontrolnih ploča.
- Kod debljih obloga prednost treba dati bušenju iz obloge, a iz kontrolnih panela samo kod tanjih obloga.

SAVOJNA ČVRSTOĆA

Minimalna savojna čvrstoća (MPa)			
Razred tlačne čvrstoće	C24/30	C36/45	C44/55
Savojna čvrstoća (MPa)	3.4	4.2	4.6

PREUZIMANJE IZVRŠENOG MLAZNOG BETONA

- Prilikom konačnog preuzimanja radova izvedenog prskanog betona treba obaviti:
 - detaljni pregled dnevnika o radovima,
 - kontrolu kvalitete prskanog betona prekucavanjem (zvonki zvuk je znak dobre prionljivosti za podlogu, a tup zvuk je znak loše prionljivosti),
 - mjestimičnu kontrolu dimenzije izvedenog prskanog betona pomoću odbijanja (štemanja) betona,
 - pregled dokumentacije o obavljenim kontrolnim ispitivanjima tijekom izvođenja, kao i nakon izvođenja na konstrukciji, te da li je sve u skladu s planom kontrole i projektnim uvjetima.

OBRAČUN RADA

- Radovi izvedeni u mlaznom betonu mjere se u m² izvedenih obloga određene debljine i obračunavaju po ugovorenim cijenama, uključujući sav rad i materijale u proizvodnji smjese, prijevoz, ugradnju, zaštitu i sve ostalo potrebno za potpuno dovršenje rada.

UČESTALOST KONTROLNIH ISPITIVANJA

Svojstvo	Često	Normalno	Rijetko
	m ²		
Tlačna čvrstoća	500	250	100
Svojna čvrstoća		500	250
Rezidualna čvrstoća		1000	500
Apsorpcija energije		1000	500
Prionljivost		500	250
Sadržaj vlakana		250	100
Debljina obloge		25	10

NORME I PROPISI

- Dva niza normi za mlazni beton:
 - EN 14487-1 i -2 (definicije, specifikacije, sukladnost, izvedba)
 - EN 14488-1 do –7 (postupci ispitivanja)



NORME I PROPISI

- Razredba za konzistenciju mokre smjese, izloženost agresivnim okolišu i tlačna čvrstoća prema HRN EN 206-1
- Uvodi se svojstvo rane čvrstoće mlaznog betona (do 24 sata) i specificiraju se tri razreda
- Specificiraju se posebna svojstva mikroarmiranog mlaznog betona
 - Preostala čvrstoća (četiri razreda vlačne čvrstoće za po tri razreda deformacija)
 - Kapacitet apsorpcije energije (tri razreda prema količini apsorbirane energije pri deformaciji)

NORME I PROPISI

- Specifikacije sastavnih materijala, sastava i svojstava svježeg betona prema
 - HRN EN 206-1 (obični beton)
 - HRN EN 1504-3 (polimerima modificirani sanacijski mlazni beton)
 - HRN EN 14489-1 i –2 (mikroarmirani mlazni beton)

NORME I PROPISI

- Specificirana svojstva očvrstnalog mlaznog betona:
 - Rana čvrstoća (HRN EN 14488-2)
 - Tlačna čvrstoća (HRN EN 12504-1 ili HRN EN 14488-1)
 - Gustoća (HRN EN 12390-7)
 - Modul elastičnosti (HRN EN 13412)
 - Vlačna čvrstoća (HRN EN 14488-3)
 - Vodonepropusnost (HRN EN 12390-8)
 - Otpornost na smrzavanje (Prilog A TPBK)

NORME I PROPISI

- Specificirana svojstva očvrsnulog mikroarmiranog mlaznog betona:
 - Vlačna čvrstoća pri nastanku prve pukotine, preostala i konačna vlačna čvrstoća (HRN EN 14488-3)
 - Količina vlakana (HRN EN 14488-7)
 - Kapacitet apsorpcije energije (HRN EN 14488-5)

KONTROLA KVALITETE

- Kao i kod običnog betona specificirana su osnovni i dodatni podaci za mlazni beton projektiranog i zadanog sastava
- Kontrola i kriteriji sukladnosti pojedinih svojstava su specificirani kao kod običnog betona
- Učestalost kontrole kvalitete proizvodnje mlaznog betona ovisi o namjeni
 - Ojačanje i zaštita tla
 - Sanacije
 - Podgrade
 - Slobodno stojeće konstrukcije
- Nužna su prethodna ispitivanja sastava i tehnologije mlaznog betona

KONTROLA KVALITETE

- Nadzor nad kontrolom proizvodnje i izvedbe specificiran kao i kod običnog betona u tri moguća razreda ovisno o značaju konstrukcije (određuje projektant)
- Kontrola tlačne čvrstoće s brojem uzoraka prema HRN EN 14487-1 po m² izvedene ploštine



PRIMJENA

Ojačanja:

- Mostova
- Tunela
- Pomorskih građevina
- Ostalih ab konstrukcija

Stabilizacije:

- Pokosa
- Iskopa u tunelima
- Stjenskih masa

Katodna zaštita

Hidrotehničke građevine

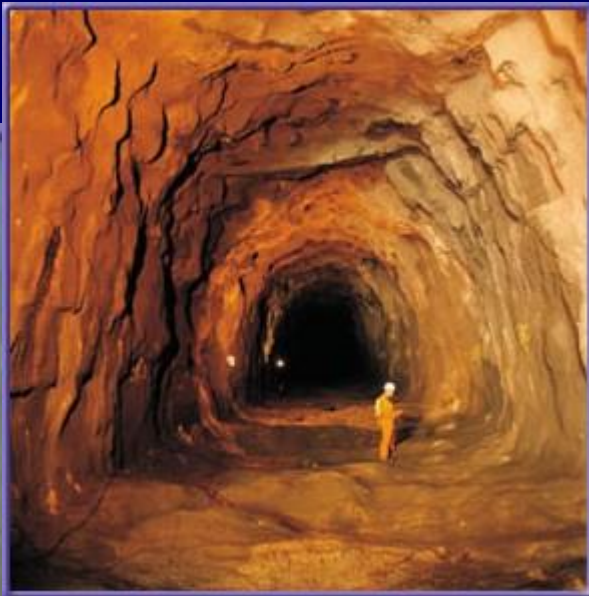
Bazeni za plivanje

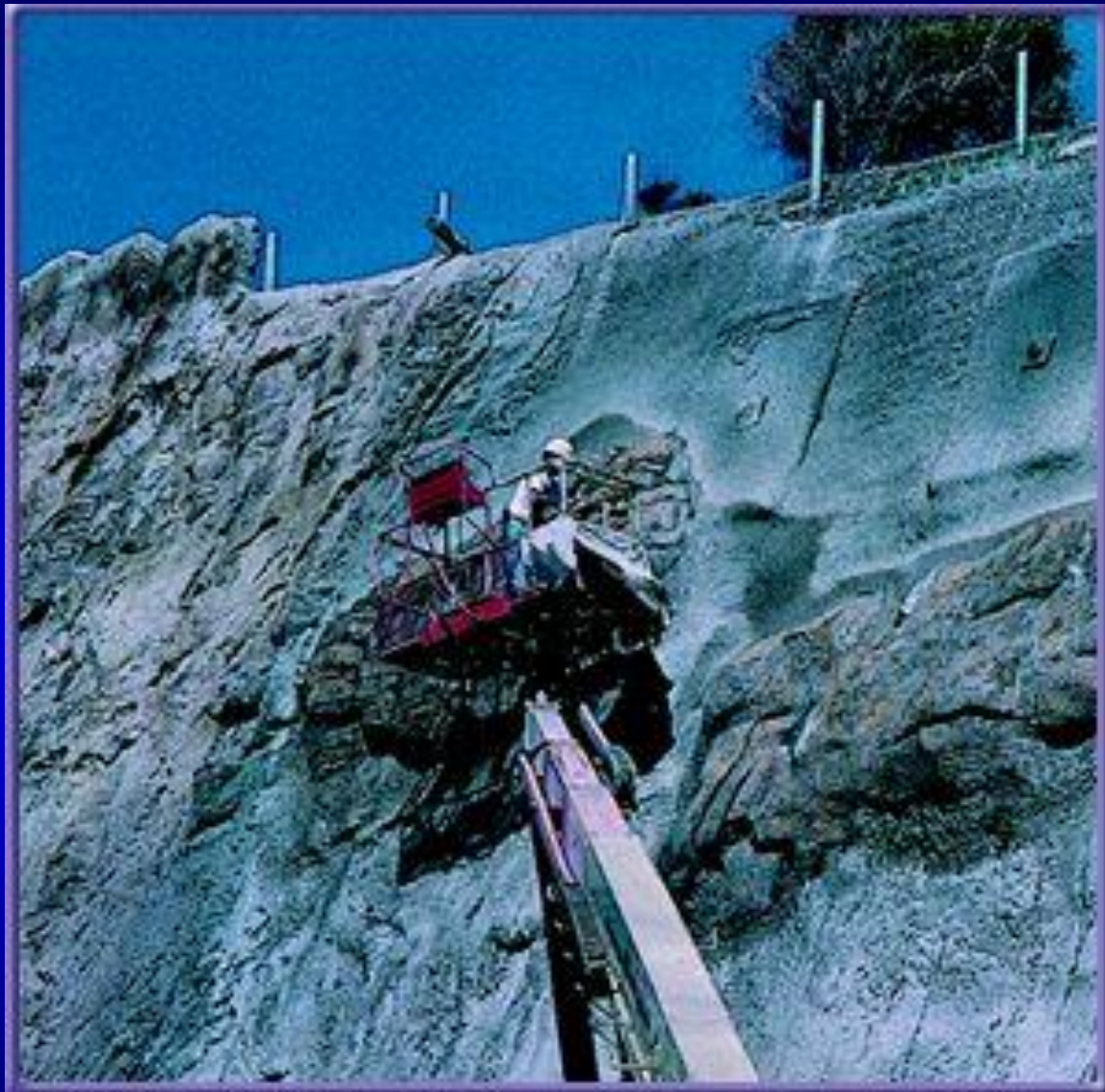
Rashladni tornjevi



PRIMJENA







Osiguranje stabilnosti iskopa predusjeka tunela

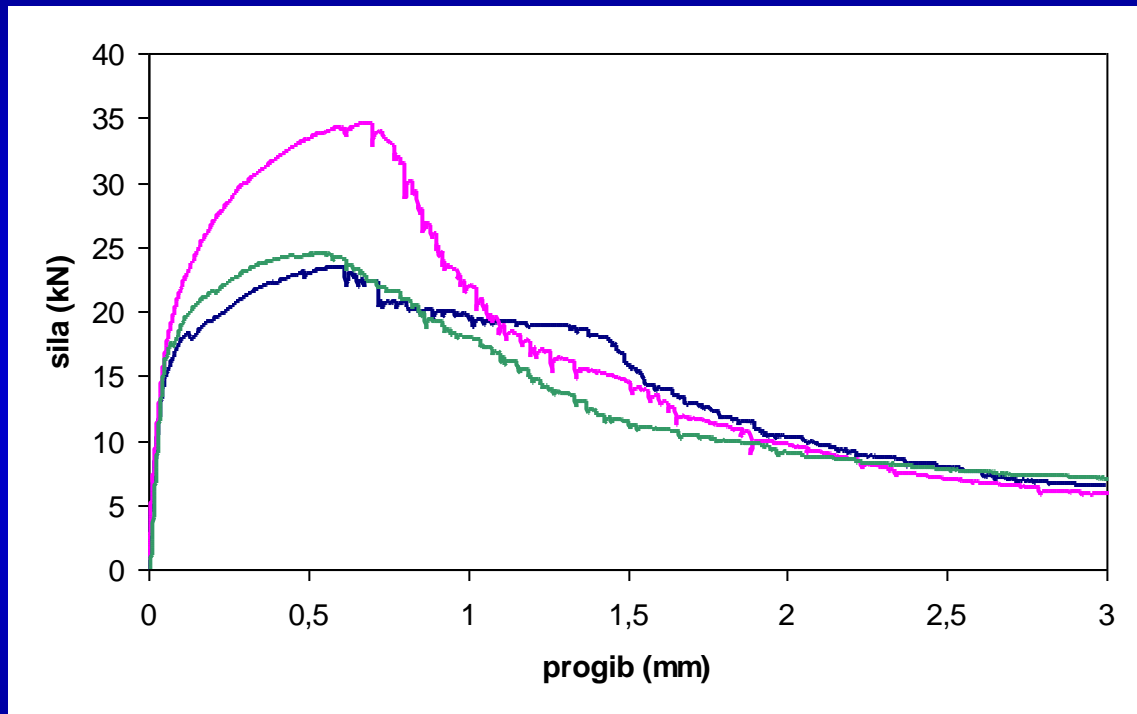
- Nakon ugradnje čeličnih geotehničkih sidara izvodi se mlazni beton.
- Ugradnja čelične mreže za armiranje mlaznog betona u tunelu:
 - Mreža se pričvršćuje na prethodno ugrađena i zainjektirana sidra, promjera 10 mm, minimalne dužine 30 cm.





- Zavarivanje mreža za nastavljavanje armiranja nije dozvoljeno, nego se nastavak osigurava preklopom (40 cm) i vezanjem paljenom žicom.
- Mrežasta armatura mora biti tako učvršćena da tijekom ugradnje mlaznog betona ne vibrira.
- Mreža mora biti postavljena u sredini mlaznog betona i pridržana podbetoniranim čeličnim podložnim pločicama čeličnih adhezijskih sidara.

MIKROARMIRANI MLAZNI BETON VISOKIH UPORABNIH SVOJSTAVA ZA SANACIJU TUNELA SV. KUZAM U RIJECI



CRVENA BOJA-beton HPFRS 2, 40 kg/m³ čeličnih vlakana sa zavnutim krajevima
1/d=35/0.55 mm, i 40 kg/m³ ravnih čeličnih vlakana 1/d=10/0.2 mm

PLAVA BOJA-beton HPFRS 1, 50 kg/m³ čeličnih vlakana sa zavnutim krajevima 1/d=35/0.55 mm

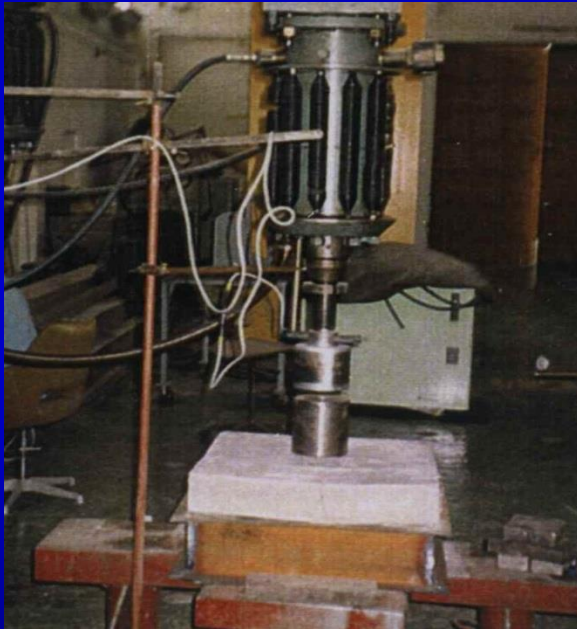
ZELENA BOJA-beton HPFRS 3, 40 kg/m³ čeličnih vlakana sa zavnutim krajevima 80
1/d=35/0.55 mm, i 60 kg/m³ ravnih čeličnih vlakana 1/d=6/0.15 mm

MIKROARMIRANI MLAZNI BETON VISOKIH UPORABNIH SVOJSTAVA ZA SANCIJU TUNELA SV. KUZAM U RIJECI

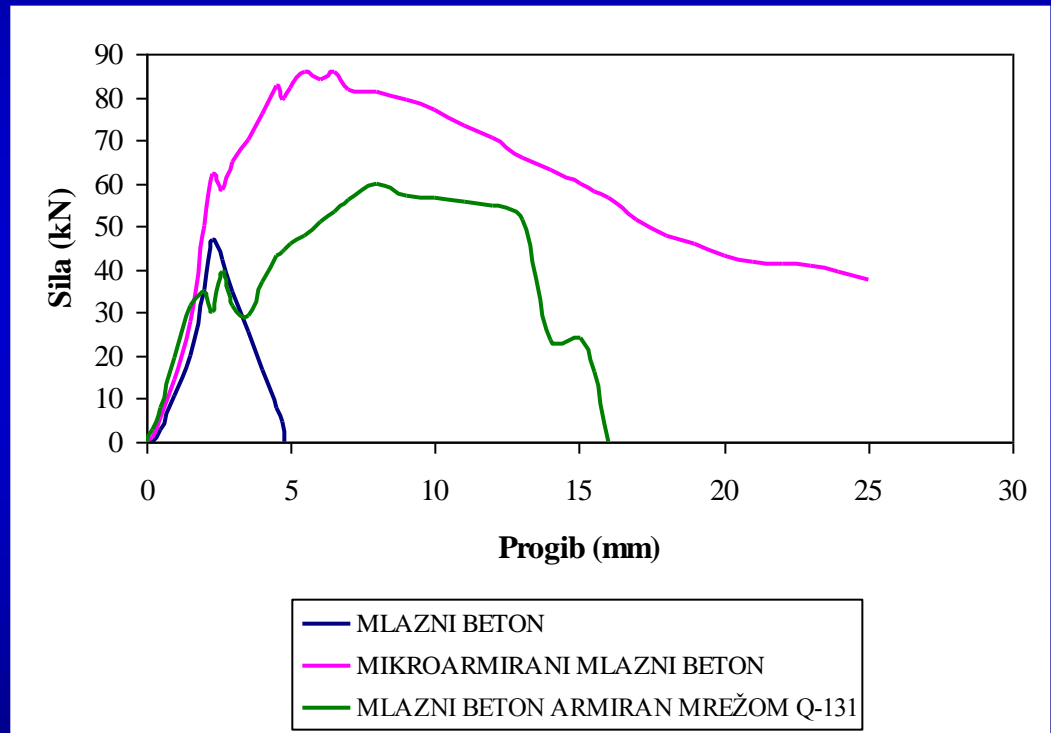
Svojstvo	Metoda ispitivanja	Mjerna jedinica	Mješavina betona			
			HPFRS1	HPFRS 2	HPFRS 3	FRS
Tlačna čvrstoća nakon 28 dana	HRN EN 12504-1	MPa	61.7	73.9	82.3	41.5
Savojna čvrstoća nakon 28 dana	HRN EN 12390-5	MPa	12.6	16.8	16.0	8.7
Modul elastičnosti nakon 28 dana	HRN U.M1.025	GPa	27.1	32.4	-	-

Vrijeme (min)	0	30	60
Konzistencija slijeganjem po HRN EN 12350-2 za HPFRS 3 (mm)	170	155	120

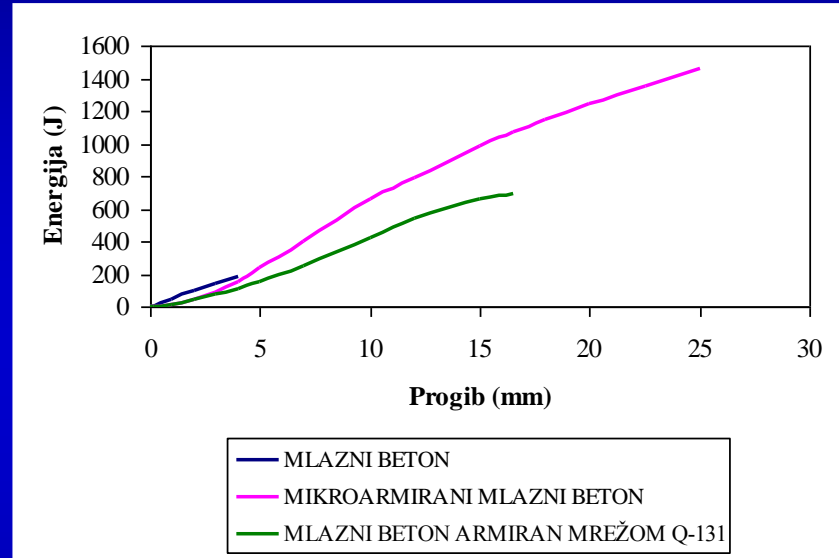
MIKROARMIRANI MLAZNI BETON ZA TUNEL SVETI ROK



EFNARC



MIKROARMIRANI MLAZNI BETON ZA TUNEL SVETI ROK



Uzorak	Sila pri prvoj pukotini (kN)	Maksimalna sila (kN)	Maksimalni progib (mm)
Mlazni beton	46	46	4
Mikroarmirani mlazni beton	62	85	25
Mlazni beton armiran mrežom Q-131	47	60	18

MIKROARMIRANI MLAZNI BETON ZA TUNEL SVETI ROK

- Prema cijenama iz troškovnika za gradilište tunela "Sveti Rok" uporabom čeličnih vlakana u mlaznom betonu umjesto armaturene mreže u II. tunelskoj kategoriji ušteda je cca 37%, a u III. tunelskoj kategoriji ta ušteda je cca 61% ne računajući višestruku uštedu u vremenu ugradbe mlaznog betona i sigurnosti pri radu kao i znatna otpornost na udar u odnosu na nearmirani mlazni beton s vlaknima.