

4. LISTOPADA 2021.

RADNE UPUTE



GRAĐEVINSKI I ARHITEKTONSKI FAKULTET OSIJEK

SADRŽAJ

ISPITIVANJE BETONA U SVJEŽEM STANJU.....	2
KONZISTENCIJA BETONA SLIJEGANJEM (HRN EN 12350-2:2019)	2
KONZISTENCIJA BETONA RASPROSTIRANJEM (HRN EN 12350-5:2019)	0
GUSTOĆA SVJEŽEG BETONA (HRN EN 12350-6:2019).....	3
SADRŽAJ PORA – TLAČNE METODE (HRN EN 12350-7:2019).....	5
ISPITIVANJE BETONA U OČVRSNULOM STANJU.....	6
IZRADA I NJEGA ISPITNIH UZORAKA ZA ISPITIVANJE ČVRSTOĆE (HRN EN 12390-2:2019) ..	6
TLAČNA ČVRSTOĆA BETONA (HRN EN 12390-3:2019).....	8
DUBINA PRODORA VODE POD TLAKOM (HRN EN 12390-8:2019)	0
PLINOPROPUSNOST (RILEM TC 116-PCD, RILEM TC 230-PC)	2
ISPITIVANJE KAMENA	3
GRANULOMETRIJSKI SASTAV AGREGATA (HRN EN 13242:2008)	3

ISPITIVANJE BETONA U SVJEŽEM STANJU

KONZISTENCIJA BETONA SLIJEGANJEM (HRN EN 12350-2:2019)

Ovom uputom posebnom definira se način određivanja konzistencije svježeg betona ispitivanjem slijeganja prema normi HRN EN 12350-2:2019. Ova uputa primjenjiva je u području slijeganja od 10mm-200mm. Izvan ovih granica ispitivanje slijeganja nije primjenjivo, u tom slučaju primjenjuju se druge metode. Metoda nije primjenjiva u slučaju da se slijeganje nastavi i nakon perioda od 1 min nakon podizanja kalupa. Metoda nije pogodna niti kad je najveće zrno agregata veće od 40 mm.

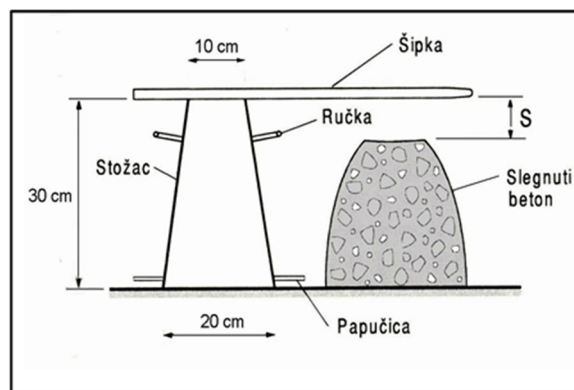
Postupak

Svježi beton se zbija u limenom kalupu oblika šupljeg krnjeg stošca. Nakon podizanja kalupa prema gore, veličina za koju se beton sliježe mjerodavna je za određivanje razreda konzistencije betona.

Oprema za ispitivanje

Kalup za oblikovanje uzorka za ispitivanje prema HRN EN 123050-1, načinjen od metala ne tanjeg od 1,5 mm, kojeg ne nagriza cementna pasta (Slika 1). Kalup je oblika šupljeg krnjeg stošca i ima sljedeće unutrašnje dimenzije:

- promjer baze stošca: 200 ± 2 mm
- promjer vrha stošca: 100 ± 2 mm
- visina: 300 ± 2 mm



Slika 1 Oblik kalupa za mjerenje slijeganja

Šipka za zbijanje, kružnog poprečnog presjeka, ravna, čelična, promjera 16 ± 1 mm, duljine 600 ± 5 mm, sa zaobljenim završecima (Slika 1).

Lijevak (neobavezan)

Ravnalo, 0 do 300 mm, s podjelom ne većom od 5 mm, s oznakom nule na samom kraju

Podloga od neupijajućeg materijala, čvrsta, ravna, na koju se postavlja kalup

Spremnik za premješavanje, ravna posuda, krute konstrukcije, napravljena od neupijajućeg materijala kojeg ne nagriza cementna pasta. Treba biti odgovarajućih dimenzija tako da beton može biti potpuno premiješan korištenjem kvadratne lopatice.

Lopatica, kvadratna kako bi se osiguralo pravilno miješanje materijala u spremniku za premješavanje

Vlažna krpa

Lopatica, približno 100 mm široka

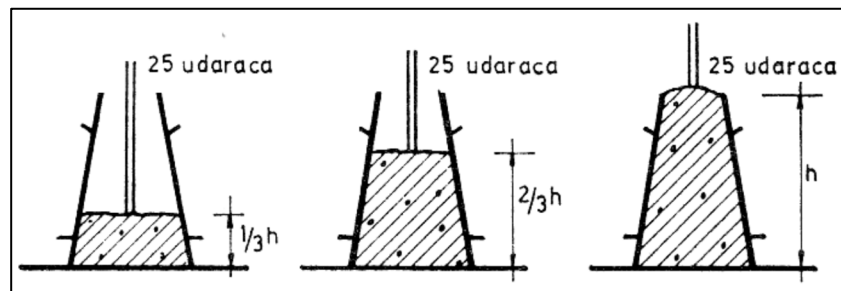
Zaporni sat, mogućnost mjerenja točnosti 1 s

Plan uzorkovanja

Uzorak betona treba biti uzet u skladu s HRN EN 12350-1 tj. UP-HRN EN 12350-1. Uzorak treba ponovno izmiješati lopaticom u spremniku za premješavanje prije provedbe ispitivanja.

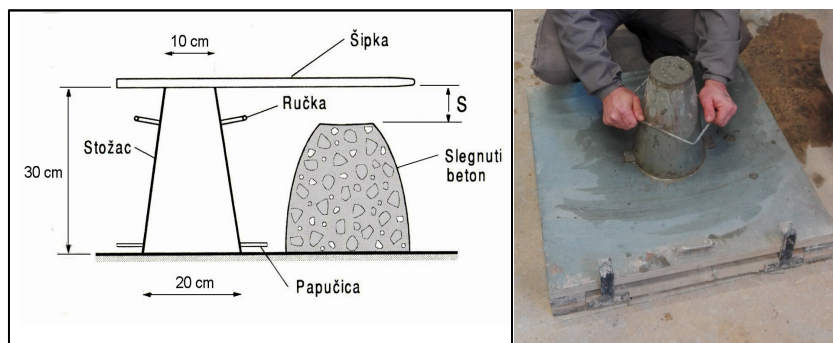
Postupak ispitivanja

Unutrašnjost kalupa i podloga navlaže se mokrom krpom i kalup se postavi na horizontalnu podlogu širim krajem prema dolje. Tijekom punjenja kalup se čvrsto drži uz podlogu stojeći na papučicama. Kalup se puni uzorkom svježeg betona u 3 sloja gdje je svaki otprilike visine $1/3$ kalupa kada je zbijen. Svaki sloj se zbija sa 25 udaraca šipke za zbijanje ([Slika 2](#)). Udarci trebaju biti ravnomjerno raspoređeni po cijelom poprečnom presjeku sloja.



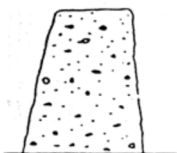
Slika 2 Punjenje i zbijanje betona u kalupu

Za zbijanje donjeg sloja nužno je nagnuti šipku te zbijati beton okretima šipke spiralno prema središtu kalupa. Drugi sloj i gornji sloj zbijaju se svojom cijelom visinom, tako da nabijanja prodru samo u sloj koji je neposredno ispod. Gornji sloj (zadnji) treba napuniti preko ruba kalupa prije zbijanja šipkom. Ako nakon zbijanja fali betona do gornjeg ruba kalupa, potrebno je dopuniti kalup betonom. Nakon zbijanja gornjeg sloja potrebno je izravnati površinu betona valjanjem šipke za nabijanje. Prije podizanja kalupa treba očistiti podlogu oko kalupa od suvišnog betona. Kalup se pažljivo ukloni, podizanjem prema gore. Podizanje kalupa treba trajati od **2 do 5 sekundi**, mora biti mirno, pazeći da se ne dotakne formirani stožac betona da ne bi došlo do bočnog ili torzijskog kretanja betona. Cijeli postupak, od punjenja do podizanja kalupa ne bi trebalo trajati dulje od 150 sekundi. Odmah nakon uklanjanja kalupa mjeri se i bilježi slijeganje (h) tako da se odredi razlika između visine kalupa i najviše točke slegnutog ispitnog uzorka ([Slika 1](#) i [Slika 3](#)). Izmjerena vrijednost zaokružuje se na bližih 10 mm.

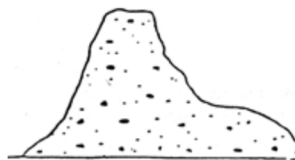


Slika 3 Mjerenje slijeganja

Ispitivanje je valjano ako se dobije pravilno slijeganje betona ([Slika 4](#)) što znači da beton u osnovi treba ostati čitav i simetričan. Ako dođe do smičnog slijeganja ([Slika 5](#)) treba uzeti novi uzorak i ispitivanje ponoviti. Ako dva uzastopna ispitivanja pokažu smično slijeganje onda takav beton nije dovoljno plastičan i kohezivan tako da ispitivanje slijeganjem nije prikladna metoda za određivanje razreda konzistencije betona.



Slika 4 Pravilno slijeganje



Slika 5 Smično slijeganje

KONZISTENCIJA BETONA RASPROSTIRANJEM (HRN EN 12350-5:2019)

Ovom uputom posebnom definira se način određivanja konzistencije svježeg betona ispitivanjem rasprostiranja prema normi HRN EN 12350-5:20019. Ova uputa primjenjiva je u području rasprostiranja 340 mm do 620 mm. Izvan ovih granica ispitivanje rasprostiranja nije primjenjivo, u tom slučaju primjenjuju se druge metode.

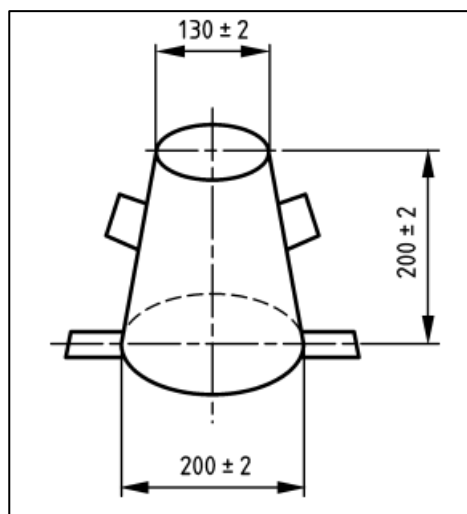
Postupak

Svježi beton se zbija u limenom kalupu oblika šupljeg krnjeg stošca. Nakon podizanja kalupa prema gore, mjeri se rasprostiranje betona na ravnoj potresnoj ploči.

Oprema za ispitivanje

Kalup za oblikovanje uzorka za ispitivanje prema HRN EN 12350-1, načinjen od metala ne tanjeg od 1,5 mm, kojeg ne nagrizi cementna pasta ([Slika 1](#)). Kalup je oblika šupljeg krnjeg stošca i ima sljedeće unutrašnje dimenzije:

- promjer baze stošca: 200 ± 2 mm
- promjer vrha stošca: 130 ± 2 mm
- visina: 200 ± 2 mm



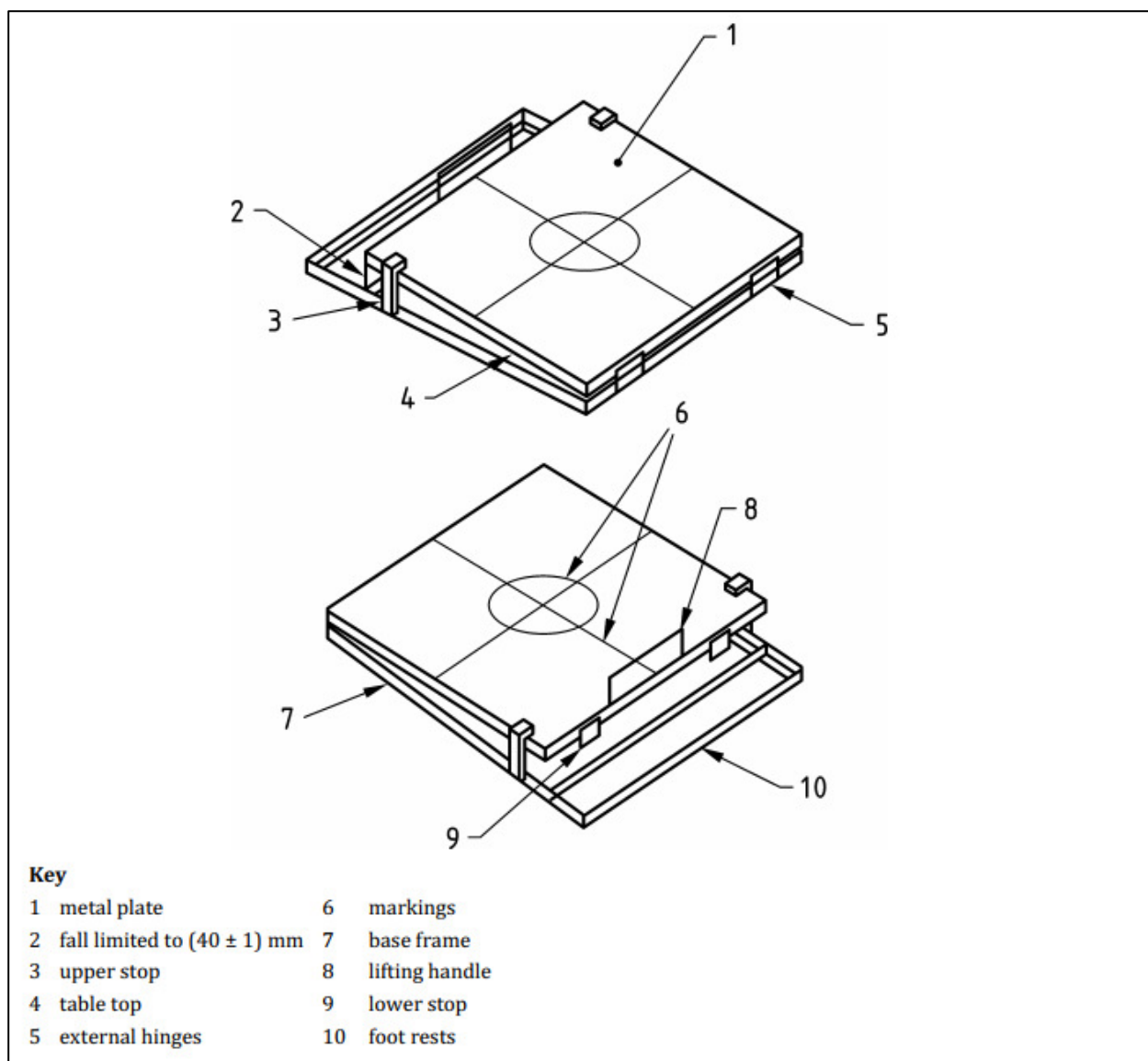
Slika 1 Kalup za ispitivanje rasprostiranja (dimenzije u mm)

Šipka/bat za zbijanje, pravokutnog poprečnog presjeka, ravna, drvena ili čelična, dimenzija 40 ± 1 mm duljine min. 200 mm.

Lijevak (neobavezan)

Mjerna traka

Podloga: potresna ploča od neupijajućeg materijala, čvrsta, ravna, na koju se postavlja kalup, s mogućnošću slobodnog pada na donji graničnik s visine od 40 ± 1 mm, Slika 2.



Slika 2 Potresna ploča

Spremnik za premješavanje, ravna posuda, krute konstrukcije, napravljena od neupijajućeg materijala kojeg ne nagriza cementna pasta. Treba biti odgovarajućih dimenzija tako da beton može biti potpuno premiješan korištenjem kvadratne lopatice.

Lopatica, kvadratna kako bi se osiguralo pravilno miješanje materijala u spremniku za premješavanje

Vlažna krpa

Lopatica, približno 100 mm široka

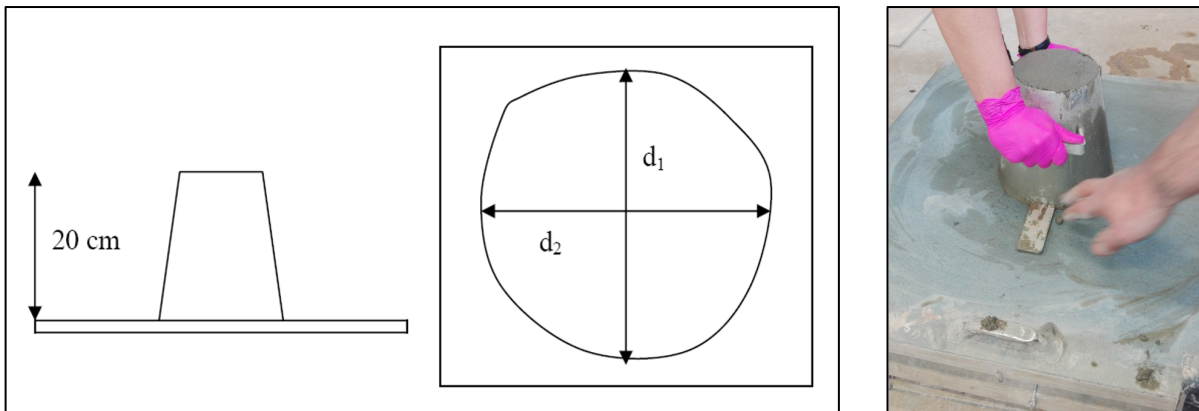
Zaporni sat, mogućnost mjerenja točnosti 1 s

Plan uzorkovanja

Uzorak betona treba biti uzet u skladu s HRN EN 12350-1 tj. UP-HRN EN 12350-1. Uzorak treba ponovno izmiješati lopaticom u spremniku za premješavanje prije provedbe ispitivanja.

Postupak ispitivanja

Unutrašnjost kalupa i podloga navlaže se mokrom krpom i kalup se postavi na horizontalnu podlogu širim krajem prema dolje. Tijekom punjenja kalup se čvrsto drži uz podlogu stojeći na papučicama Konzistencija rasprostiranjem se ispituje tako da se kalup oblika krnjeg stošca visine 20 cm puni betonom u 2 nivoa. Svaki nivo se zbija batom 10 puta. Ako je potrebno, gornji se sloj nakon zbijanja dopuni betonom. Nakon 10 do 30 sekundi se kalup podiže vertikalno prema gore unutar 1 do 3 sekunde. Nakon odstranjivanja kalupa, a unutar 10 s stabilizira se donja ploča a gornja ploča na kojoj je uzorak se podiže prema gore unutar perioda 1 do 3 s i pustimo da slobodno pada na donji graničnik s visine od 40 mm. Postupak se ponavlja s ukupno 15 padanja, tako da svaki ciklus ponavljanja ne traje kraće od 1 s i dulje od 3 s. Mjernom trakom se izmjeri najveća dimenzija betona koji se raširio u dva smjera d_1 i d_2 .



Slika 3 Ispitivanje konzistencije rasprostiranjem

$$T = \frac{d_1 + d_2}{2} \text{ (mm)}$$

GUSTOĆA SVJEŽEG BETONA (HRN EN 12350-6:2019)

Gustoća svježeg betona određuje se tako da se posuda poznatog volumena, kruta i nepropusna napuni svježim betonom te se izvaže njegova masa. Razlika između mase posude napunjene betonom i prazne posude je masa betona. Omjer mase betona i volumena posude je gustoća svježeg betona.

Oprema za ispitivanje

Posuda (kalup) – vodonepropusna, dovoljne krutosti da zadrži prvotni oblik, od metala otpornog na djelovanje cementne paste, glatke unutrašnje površine, ravnih rubova. Gornji rubovi i baza posude moraju biti paralelni. Najmanja dimenzija posude treba biti minimalno četiri puta veća od najveće nominalne veličine krupnog agregata u betonu, ali ne manja od 150 mm. Volumen posude ne manji od 5 litara.

Lijevak – omogućava lakše punjenje posude, prilagođen kalupu

Mogućnosti zbijanja betona:

- a) Vibrator za beton – minimalne frekvencije 120 Hz (7200 okretaja u minuti), promjer vibratora približno $\frac{1}{4}$ najmanje dimenzije posude
- b) Vibrirajući stol – minimalne frekvencije 40 Hz (2400 okretaja u minuti)
- c) Štap za nabijanje – kružnog presjeka, ravan, čelični, promjera približno 16 mm, duljine približno 600 mm, zaobljenih krajeva
- d) Šipka za nabijanje – kvadratnog presjeka 25×25mm duljine 380mm, ravna, čelična

Vaga – za mjerenje mase na preciznost 0,01 kg

Ravnalica – za ravnanje razine betona na vrhu lijevka, čelična, minimalne duljine 100 mm veće od najveće unutarnje dimenzije vrha posude

Žlica – približne širine 100 mm

Čelična lopatica

Postupak

kalibrirati posudu prema Aneksu A kako bi se dobio volumen posude (V). Izvagati posudu kako bi se dobila masa (m_1).

Ovisno o načinu zbijanja, posuda se puni u dva ili više slojeva da bi se postigla potpuna zbijenost, **osim u slučaju samozbijajućeg betona – tada se posuda puni odjednom**. Potrebna debljina toga sloja je 10% - 20% visine posude.

Beton se zbija odmah nakon postavljanja u posudu i to na način da se postigne potpuna zbijenost betona bez segregacije i pojave cementnog mlijeka. Svaki sloj betona zbija se koristeći jednu od spomenutih metoda.

U slučaju samozbijajućeg betona, ne koristi se nikakav način zbijanja tijekom niti nakon punjenja posude.

Napomena: Potpuna zbijenost se dostiže uz pomoć mehaničke vibracije, kada nema više pojave većih mjehurića zraka na površini betona i površina postane relativno glatka.

Važe se posuda sa betonom kako bi se odredila njihova masa (m_2).

Izračun gustoće:

$$D = \frac{m_2 - m_1}{V}$$

Gdje je:

D – gustoća svježeg betona (kg/m³)

m₁ – masa prazne posude (kg)

m₂ – masa posude u potpunosti ispunjene zbijenim svježim betonom (kg)

V – volumen posude (m³)

Izraziti gustoću svježeg betona na najbližih 10 kg/m³.

Oprema za ispitivanje

Manometar koji se sastoji od:

- a) Spremnik – cilindrična posuda od željeza ili drugog otpornog metala, otporan na djelovanje cementne paste, kapaciteta najmanje 5 l, omjer promjera i visine ne manji od 0.75 ili veći od 1.25. Vanjski rub i unutarnje površine glatke. Vodootporan. U stanju podnijeti tlak 0.2 MPa.
- b) Poklopac s brtvom i zračnom komorom – od željeza ili drugog otpornog metala, otporan na djelovanje cementne paste. Vanjski rub, površina ispod brtve i unutrašnje stijenke glatke. Poklopac mora imat zatege koje omogućuju pričvršćenje za spremnik bez zaključavanja zraka u brtvi između poklopca i komore.
- c) Manometar – pričvršćen na poklopac, kalibriran da pokazuje postotak sadržaja zraka od 0% do 8%, idealno 10%. Razlika raspona ljestvice treba biti 0.1% za raspon od 0-3%, 0.2% za raspon 3-6% te 0.5% za raspon 6-10%
- d) Pumpa – ugrađena u poklopac
Manometar je potrebno kalibrirati, kao što je prikazano u Aneksu D.

Žlica – približno 100 mm široka

Metalna lopatica

Posuda za miješanje betona

Lopata

Šprica – gumena, za injektiranje vode u komoru, kroz ventil A ili ventil B

Gumeni čekić

Postupak ispitivanja

Pomoću žlice napuniti spremnik betonom. Ukoliko se radi s konvencionalnim betonom, potrebno je zbijanje jednom od metoda zbijanja (vibriranje uz pomoć štapa, vibratora, vibracionog stola) te u nekoliko slojeva kako bi se postigla potpuna zbijenost. **Samozbijajući beton se ne zbija te se puni odjednom.**

Poravnati površinu betona. Pažljivo očistiti rubove spremnika i čvrsto zatvoriti i zabrtviti poklopcem. Provjeriti je li poklopac potpuno osiguran. Zatvoriti glavni ventil na komori i otvoriti ventil A i B. Uz pomoć šprice, injektirati vodu kroz ventil A ili B, sve dok voda ne počne izlaziti kroz same ventile. Lagano lupati aparaturu gumenim čekićem kako bi zarobljeni zrak izašao. Zatvoriti glavni ventil na komori i pumpom pumpati zrak u zračnu komoru sve dok kazaljka na manometru ne pokaže nulu i pri tome lagano lupkati manometar. Pričekati nekoliko trenutaka kako bi se komprimirani zrak ohladio na vanjsku temperaturu. Zatvoriti ventil A i B (na spremniku) te naglo otvoriti glavni ventil na zračnoj komori pomoću ručice. Snažno udariti stijenke spremnika te lagano lupkati po manometru. Kazaljka na manometru opada i pokazuje postotak zraka koji je ušao u komoru. Očitati postotak zraka (A1) na najbližih 0.1%. Otvoriti ventil A i B kako bi se otpustio pritisak prije uklanjanja poklopca.

Izračun sadržaja pora ispitanog uzorka:

$$A_c = A1 - G$$

gdje je:

A1 – očitani postotak zraka na testiranom uzorku

G – korekcijski faktor agregata. G = 0 osim ako beton spada u neku od kategorija danih u Aneksu C.

Izraziti dobiveni postotak na najbližih 0,1%.

ISPITIVANJE BETONA U OČVRSNULOM STANJU

IZRADA I NJEGA ISPITNIH UZORAKA ZA ISPITIVANJE ČVRSTOĆE (HRN EN 12390-2:2019)

Oprema za ispitivanje

Kalupi, koji zadovoljavaju normu HRN EN 12390-1

Lijevak (nije obavezan)

Uređaj za zbijanje betona:

- unutarnji vibrator za beton (vibro igla)
- vibro stol
- šipka za zbijanje
- bat za zbijanje

Spremnik za premješavanje

Žlica

Ravnalica (gleterica)

Lopata

Oplatno ulje

Čekić

Uzorci trebaju biti uzorkovani prema normi HRN EN 12350-1. Uzorke treba promiješati u spremniku za premješavanje i nakon toga puniti u kalupe.

Postupak

Priprema i lijevanje u kalupe

Prije punjenja kalupe treba premazati oplatnim uljem ili mlijekom. Ovisno o konzistenciji betona i visini kalupa koji se puni potrebno ga je sipati u slojevima kako bi se osiguralo dobro zbijanje betona. U slučaju samozbijajućeg betona beton se ulijeva u kalupe bez vibriranja.

Zbijanje

Beton se zbija odmah nakon ulijevanja u kalup pazeći da ne dođe do segregacije prema jednoj od metoda u nastavku:

- a) zbijanje betona unutarnjim vibriranjem betona – vibrirati sve dok se ne postigne potpuno zbijanje, izbjegavati predugo vibriranje kako bi se izbjegao gubitak uvučenog zraka. Treba paziti da se ne ošteti kalup, vibro igla treba stajati vertikalno i ne smije dodirivati dno. U slučaju da imamo uzorke oblika prizme ili valjka potrebo je sipati i vibrirati beton u tri sloja.
- b) Zbijanje betona vibro stolom – kalup treba prianjati uz plohu vibratora, potrebno je vibrirati sve dok se ne postigne potpuno zbijanje, izbjegavati predugo vibriranje kako bi se izbjegao gubitak uvučenog zraka.
- c) Ručno zbijanje šipkom ili batom – jednoliko zbijati uzorak betona po cijeloj površini, paziti da se ne dodiruje dno i da prilikom sipanja sljedećeg sloja ne prodiremo u prethodni. Broj udaraca pri zbijanju je 25 za razrede slijevanja S1 i S2 u skladu s normom HRN EN 206, a sa svrhom kako bismo uklonili zračne džepove a pri tome da ne izbijemo uvučeni zrak. Nakon zbijanja svakog sloja, gumenim

čekićem udariti po kalupu kako bi izašao zrak koji je eventualno osta zarobljen u betonu nakon vađenja šipke/bata.

Ravnanje

S ravnalicom/gletericom zaravnati gornju plohu u ravnini kalupa.

Označavanje

Ispitni uzorci moraju se označiti jasno pri tome pazeći da se uzorak ne ošteti. Zapisi se trebaju čuvati kako bi se osiguralo praćenje uzorka od uzorkovanja do ispitivanja.

Njega uzoraka

Na mjestu njege ostaviti uzorke u kalupima minimalno 16h ali ne duže od 3 dana, na temperaturi od $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ ili $(25 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ u toplijoj klimi, zaštititi protiv vanjskih potresanja i dehidracije.

Nakon uklanjanja iz kalupa uzorci se njeguju pod vodom na temperaturi od $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ ili u komori na temperaturi $(20 \pm 5)^{\circ}\text{C}$ pri vlažnosti većoj ili jednakoj 95%.

Transport uzoraka

Izbjeći gubitak vlage tijekom transporta i bilo kakva odstupanja od zahtijevane temperature u svim fazama transporta. Uzorci se mogu transportirati umotani u plastičnu foliju ili zatvoreni u vrećicu, u vlažnoj zatvorenoj posudi i sl.

TLAČNA ČVRSTOĆA BETONA (HRN EN 12390-3:2019)

Oprema za ispitivanje

Uređaj (preša) za ispitivanje, prema HRN EN 12390-4

Uzorci

Ispitni uzorci su kocke, cilindri ili jezgre u skladu s zahtjevima normi HRN EN 12350-1, HRN EN 12390-1, HRN EN 12390-2 ili HRN EN 12504-1.

Nakon njege uzoraka (tipično 28 dana), isti moraju biti testirani u roku od 10 sati od kraja njihove njege. Brzina nanošenja opterećenja je u rasponu od $0,6 \pm 0,2$ MPa/s ($\text{N/mm}^2/\text{s}$). Opterećenje se zadaje kontinuirano do sloma uzorka.

Čuvanje uzoraka

Zabilježiti način čuvanja ispitnih uzoraka npr. zapečaćeno u spremniku, posudi, plastičnoj vrećici ili u spremniku pod vodom.

Ispitivanje

Ako dimenzije ispitnog uzorka nisu u dopuštenim odstupanjima, ako su uzorci oštećeni ili je oštećena površina uzorka preko koje se prenosi opterećenje tijekom ispitivanja, uzorak će se odbaciti ili dodatno pripremiti i prilagoditi ako je to moguće. Za prilagodbu uzoraka koristi se jedna od metoda navedenih u dodatku A, HRN EN 12390-3.

Plohe uzorka na koje se nanosi opterećenje na uzorku trebaju izbrušene ili s namazom prema dodatku A norme. Obrišu se sve nosive površine preše i ukloni se nevezani pijesak ili drugi strani materijal s površina uzorka koje će biti u dodiru s pločama uređaja za ispitivanje. Ako se uzorak ispituje u vlažnom stanju, potrebno je ukloniti površinsku vodu krpom.

Ne smije se koristiti ništa osim pomoćnih tlačnih ploča ili dodatnih blokova za osiguranje razmaka (vidi normu EN 12390-4) između uzorka i ploča uređaja za ispitivanje.

Postavi se uzorak tako da se opterećenje nanosi okomito na smjer ugradnje. Uzorak se centrira prema donjoj ploči s točnošću od 1% projektirane veličine.

Ako se koriste pomoćne tlačne ploče, treba ih izravnati s gornjom i donjom plohom uzorka.

Opterećenje

Odabere se konstantna brzina opterećenja unutar raspona $0,6 \pm 0,2$ MPa/s ($\text{N/mm}^2/\text{s}$).

Nakon nanošenja početnog opterećenja, koje ne prelazi približno 30% opterećenja pri lomu, opterećenje se na uzorak nanosi bez udara i neprekidno povećava izabranom stalnom brzinom $\pm 10\%$, sve dok se ne može postići veće opterećenje. Početno opterećenje potrebno je nanijeti na uzorak što bliže zadanom opterećenju.

Zabilježi se maksimalno opterećenje navedeno u kN.

Napomena: U nacionalnom dodatku NA mogu se navesti dodatne upute za brzine opterećenja za beton visoke i niske čvrstoće, npr. čvrstoće uzoraka oblika kocke iznad 80 MPa i ispod 20 MPa.

Izražavanje rezultata

Tlačna čvrstoća je dana formulom:

$$f_c = \frac{F}{A_c}$$

gdje je:

f_c tlačna čvrstoća, u MPa (N/mm²)

F maksimalno opterećenje pri lomu, u N

A_c površina poprečnog presjeka uzorka na koji djeluje tlačna sila, izračunata iz projektirane veličine uzorka (vidi normu EN 12390-1) ili iz mjerenja uzorka ako je ispitan prema dodatku B, u mm².

Tlačna čvrstoća mora se izraziti na najbližih **0,1 MPa ili (N/mm²)**.

ISPITIVANJE BETONA U KONSTRUKCIJAMA

NERAZORNO ISPITIVANJE - ODREĐIVANJE INDEKSA SKLEROMETRA

Svrha

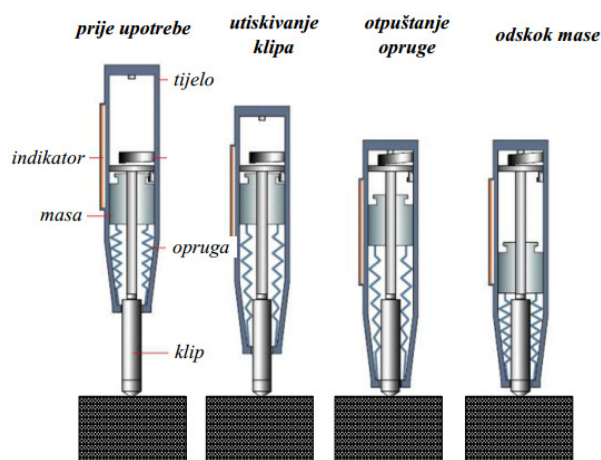
Ova radna uputa specificira način određivanja indeksa sklerometra površine očvrsnulog betona prema normi HRN EN 12504-2:2012 - Ispitivanje betona u konstrukcijama – 2. dio: Nerazorno ispitivanje – Određivanje indeksa sklerometra (EN 12504-2:2012).

Oprema

Oprema za ispitivanje

Sklerometar ili odskočni čekić koji se sastoji se od čekića s klipom, udarnom masom (utegom) i oprugom. Sklerometrom se mjeri veličina odskoka utega, koji ovisi o površinskoj tvrdoći i elastičnosti betona pomoću kojega određujemo tlačnu čvrstoću.

NAPOMENA: Dostupno je nekoliko vrsta i veličina sklerometara za ispitivanje različitih razreda čvrstoće i vrste betona. Svaka vrsta i veličina sklerometra trebaja se koristiti samo s razredom čvrstoće i vrstom betona za koje je namijenjena.



Slika 1: Shematski prikaz postupka ispitivanja

Čelični nakovanj za kalibraciju

Čelični referentni nakovanj služi za kalibraciju sklerometra, s udarnom površinom minimalne tvrdoće 52 HRC kod ispitivanja u skladu s EN ISO 6508-1 i mase (16 ± 1) kg i promjera otprilike 150 mm. Klip treba biti postavljen okomito na površinu nakovnja pri udarcu i provođenju kalibracije.

Abrazivni kamen

Kamen silicijevog karbida srednje finoće zrnatosti ili ekvivalentan materijal (npr. brusni papir jednake kvalitete).

LOKACIJE ZA ISPITIVANJA

Odabir lokacije

Betonski elementi koji se ispituju moraju biti debljine najmanje 100 mm i moraju biti dio betonskog elementa konstrukcije. Manji elementi ili uzorci mogu se ispitivati pod uvjetom da su čvrsto poduprti. Površina na kojoj se vrši ispitivanje ne bi trebala grubu teksturu ili visoku poroznost (površinske šupljine).

Pri odabiru mjernog mjesta za provođenje ispitivanja treba uzeti u obzir sljedeće parametre:

- a) čvrstoću betona;
- b) vrstu površine (npr. obrađena ili neobrađena);
- c) vrsta betona (npr. normalan ili lagan);
- d) stanje površinske vlažnosti;
- e) karbonatizacija (ako je prikladno);
- f) smjer ispitivanja;
- g) drugi odgovarajući parametri.

Mjerno mjesto trebalo bi biti približno 300 mm × 300 mm.

Priprema površine na mjernom mjestu

Abrazivnim kamenom ili brusnim papirom izbrusiti grubu površinsku teksturu, mekani površinski sloj, površinski nevezan mort ili drugi nevezan materijal. Glatke površine betona mogu se ispitivati bez prethodnog brušenja.

Ukloniti svu površinsku vodu krpom (ako se radi na vlažnoj površini betona).

PROCEDURA

Preliminarna priprema

Koristiti sklerometar u skladu s uputama proizvođača.

Prije niza ispitivanja na betonskoj površini, očistiti udarnu površinu referentnog nakovnja i klip. Napraviti najmanje pet udaraca na čelični referentni nakovanj i zabilježiti očitavanja svih pet mjerenja. Ako očitavanja iz pet mjerenja nisu unutar ± 3 vrijednosti zadane od strane proizvođača, očistite i / ili podesite čekić u skladu s uputama proizvođača i ponovite postupak.

Sklerometar smije raditi na temperaturi u rasponu od 0 ° C do 50 ° C.

Postupak ispitivanja

Držati čekić čvrsto u položaju koji omogućuje da klip udara okomito na površinu koja se ispituje. Postupno povećavati pritisak na klip sve dok dođe do odskoka udarne mase (vidi Sliku 1).

Nakon udara, zabilježiti indeks odskoka sklerometra na skali koja se nalazi na sklerometru.

Provjeriti otiske klipa na mjestima udara u beton. Zabilježiti je li klip probio kroz površinski sloj jer se npr. ispod nalazila šupljina ili neke druge nepravilnosti.

Izvršiti najmanje devet valjanih očitavanja kako bi dobili pouzdanu procjenu broja odskoka (indeksa sklerometra) za mjesto ispitivanja.

Zabilježiti položaj i orijentaciju sklerometra za svaki niz očitavanja.

Uvjeriti se da niti jedna točka udara nije međusobno bliža od 25 mm i niti jedna udaljena od ruba manje od 25 mm.

NAPOMENA Poželjno je nacrtati na mjernom mjestu pravilnu mrežu linija udaljenih 25 mm do 50 mm, a sjecišta linija uzeti kao ispitne točke.

Referentna provjera

Nakon provedenog ispitivanja napraviti najmanje pet udaraca na čelični referentni nakovanj i zabilježiti očitavanja svih pet mjerenja. Ako očitavanja iz pet mjerenja nisu unutar ± 3 vrijednosti zadane od strane proizvođača, očistite i / ili podesite čekić u skladu s uputama proizvođača i ponovite postupak.

REZULTATI ISPITIVANJA

Indeks sklerometra jednog mjernog mjesta uzima se kao medijan svih očitavanja na tom mjernom mjestu, prilagođen ako je potrebno s obzirom na orijentaciju sklerometra, a u skladu s uputama proizvođača. Indeks sklerometra izražava se kao cijeli broj.

Ako se više od 20% svih očitavanja razlikuje od medijana za više od 30%, cjelokupni skup očitanih vrijednosti indeksa sklerometra mora biti odbačen.

NAPOMENA: Ako se koristi više od jednog sklerometra, potrebno je izvršiti dovoljan broj ispitivanja na istom betonu sa svim sklerometrima, kako bi se utvrdile razlike u dobivenim rezultatima i uzele u obzir.

DUBINA PRODORA VODE POD TLAKOM (HRN EN 12390-8:2019)

Oprema za ispitivanje

Uređaj za ispitivanje vodopropusnosti betona sa 3 ispitna mjesta (Slika 1.)

Tlačna preša

Dodatak za ispitivanje cijepanjem

Kompresor

Mjerna traka

Postupak ispitivanja

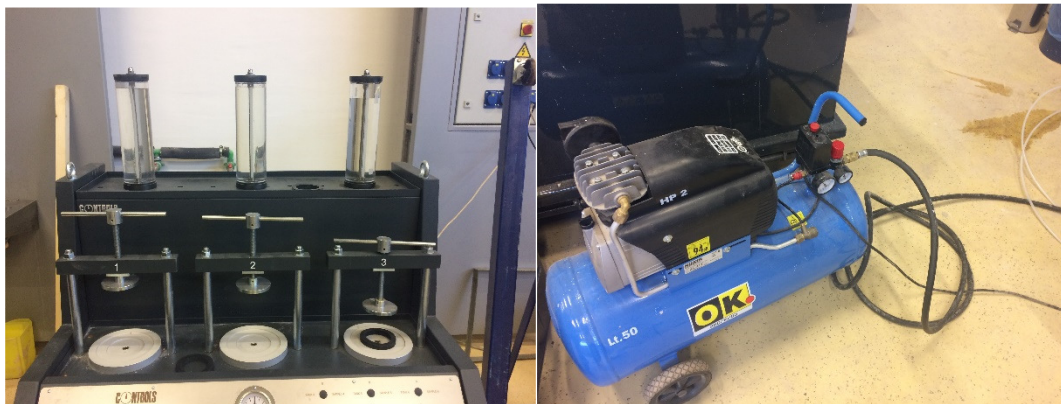
Voda po tlakom može se nanositi na uzorak od vrha ili dna, uz pomoć vodonepropusne brtve od gume ili sličnog materijala.

Uzorak mora biti kocka, cilindar ili prizma, minimalne duljine brida ili promjera 150 mm te minimalne visine 100 mm.

Uređaj koji koristimo:

Controls 55-C0246/3

Uređaj se sastoji od kvalitetnog čeličnog okvira sa steznim sustavom koji uključuje hidrauličnu brtvu, ventile, tlakomjer, te prozirne birete na vrhu aparata za provjeru vode. Aparat može istovremeno ispitivati 3 uzorka. Aparat ima odgovarajući kompresor, maksimalnog radnog tlaka od 10 bara, kapaciteta 50 l, 230 V, 50 Hz, 1 ph.



Slika 1 Aparat za ispitivanje VDP i kompresor

Ispitivanje vodonepropusnosti, tj. dubine prodora vode pod tlakom provodi se sukladno normi HRN EN 12390-8 na uzorcima kocke brida 150 mm izloženim konstantnom tlaku od 500 ± 50 kPa u trajanju od 72 ± 2 sata na uređaju Controls 55-C0246/6. Voda se pod tlakom nanosi na dno uzorka, uz pomoć vodonepropusne gumene brtve. Dno uzorka, tj. površina koja je izložena pritisku vode, se odmah nakon raskalupljivanja ohrapavi sa čeličnom četkom. Potom se uzorak njeguje pod vodom sukladno normi HRN EN 12390-2 kroz idućih 28 dana. Ispitivanje se provodi na serijama od tri uzorka iz iste betonske mješavine, starosti 28 dana. Tijekom ispitivanja pazi se da je pritisak na betonske uzorke konstantan te da ne dolazi do curenja vode i popuštanja vodonepropusne gumene brtve. Nakon 72 ± 2 sata uzorci betonskih kocki se uklone iz uređaja za

ispitivanje te se višak vode sa stranice kocke koja je bila izložena prodiranju vode obriše suhom krpom. Potom se uzorci lome cijepanjem te se mjeri dubina prodiranja vode u uzorak. Od tri ispitana uzorka iz svake serije, za mjerodavnu dubinu prodora vode uzima se prosječna vrijednost. Utvrđene vrijednosti upisuju se u [Tablicu 1](#). U zadnjem koraku se određuje razred vodonepropusnosti betona prema dopuštenim prosječnim prodorima vode navedenim u normi HRN 1128:2007 (Beton – smjernice za primjenu norme HRN EN 206-1) - [Tablici 2](#).

Tablica 1 Rezultati ispitivanja vodonepropusnosti betona

Seriya	Oznaka kocke	Prodor vode (mm)

Tablica 2 Razredi vodonepropusnosti betona sukladno normi HRN 1128

Razred vodonepropusnosti	Dopušteni prosječni prodor vode (mm)
VDP 1	50
VDP 2	30
VDP 3	15

Upute za rad s uređajem:

- priključiti kompresor te dovod vode na uređaj za ispitivanje, na kompresoru
- namjestiti da automatski drži tlak na 5 bara
- okrenuti na TANK1, pustiti zrak do 5 bara, nakon toga sa TANK1 vratiti na 0 (NULA)
- dok je na 0 okrenuti WATER OUT dok tlak ne padne između 0-1 bara
- nakon toga okrećemo na WATER IN te na taj način puštamo vodu u prvu posudu do 1,5 litre
- vraćamo sa WATER IN na 0
- po potrebi sa AIR IN nadopunimo tlak na 5 bara
- malo sa SAMPLE 1 pustiti vode na prvo ležište kocke za ispitivanje da brtva dobije vode, nakon toga sa SAMPLE 1 vratimo ponovno na 0 montiramo kocku na za to predviđeno mjesto
- kada smo montirali kocku provjerimo dali voda prolazi između brtve i kocke (ukoliko je beton sa nekim poroznijim materijalima npr. stiropor možemo očekivati da će za par minuta propustiti vodu)
- nakon što smo namjestili kocku i uvjerali se da ne curi tada provjerimo tlak koji mora biti na 5 bara i ukoliko je to sve ok puštamo vodu za SAMPLE1
- postupak ponovimo za ostale dvije kocke.

PLINOPROPUSNOST (RILEM TC 116-PCD, RILEM TC 230-PC)

Oprema za ispitivanje

Uređaj za ispitivanje plinopropusnosti prema metodi CemBureau s tri epruvete volumena 10, 25 i 100 cm³

Boca s kisikom (ili drugim plinom)

Kompresor

Zaporni sat, mogućnost mjerenja točnosti 1 s

Voda i sredstvo za pranje posuđa

Postupak ispitivanja

Ispitivanje plinopropusnosti provodi se sukladno CemBureau metodi danoj u preporukama RILEM TC 116-PCD. Sukladno navedenoj preporuci plinopropusnost se ispituje na propusnost kisika. Ova metoda daje rezultat u obliku koeficijenta plinopropusnosti (K) u vrijednosti 10⁻¹⁴ do 10⁻¹⁹ m². Od svake mješavine ispituju se uzorci valjaka promjera 150 mm i visine 50 mm. Uzorci su dobiveni rezanjem uzorka oblika valjka, promjera Φ 150 i visine 300 mm. Uzorci su prije početka ispitivanja sušeni na 105°C do stalne mase.

Ventil na boci kisika mora biti u potpunosti zatvoren. Ventil boce s kisikom ne smije se otvarati niti zatvarati nezaštićenim rukama. Obavezno je korištenje rukavica.

Temperatura prostora u kojem se provodi ispitivanje trebala bi biti 20 ± 2 °C. Betonski uzorak postaviti u ispuhani gumeni obruč. U spremnik uređaja postaviti aluminijski disk s urezanom stranom okrenutom prema gore. Na njega postaviti gumeni obruč s uzorkom, tako da ventil, koji se nalazi na obruču, izađe kroz za to predviđeni otvor na spremniku. Uzorak poklopiti drugim aluminijskim diskom okrenutim tako da je urezana strana prema dolje, prema uzorku. Urezi raspršuju kisik u donjem dijelu spremnika, a prikupljaju ga u gornjem dijelu spremnika. Nakon toga treba postaviti poklopac na komoru i pričvrstiti ga sa 6 vijaka, tako da se zatežu po dva nasuprotna vijka. Napuhati gumeni obruč na **6 bara** pomoću kompresora kako bi se spriječio prolazak plina oko uzorka. Provjeriti jesu li ventili zatvoreni. Napuniti mješavinom vode i sapunice sve tri epruvete. Izmjeriti atmosferski tlak s točnošću od 0,5 kPa. Otvoriti ventil na boci s kisikom. Namjestiti tlak kisika na **1,5 bara** s tolerancijom od 0,5 kPa. Otvoriti lagano jedan po jedan ventil i proučiti koja epruveta najviše odgovara po brzini kretanja mjehurića zraka. Poželjno je da kretanje mjehurića zraka traje **od 20 do 60 s**. Izabrati jednu od epruveta i mjeriti potrebno vrijeme da mjehurić zraka dođe od nule do vrha graduiranog dijela. Očitavanja protoka raditi svakih 5 minuta dok razlika između dva uzastopna očitavanja ne bude manja od 3%. U tom slučaju protok kisika smatra se stacionarnim i možemo početi bilježiti rezultate mjerenja. Ispitati uzorak na 50, 150, 200, 250, 300 i 350 kPa.

Uzorci se podvrgavaju djelovanju fluida (plina) pod određenim tlakovima (50, 100, 150, 200, 250 i 300 kPa) te se mjeri vrijeme prolaza mjehurića zraka u poznatim uvjetima okoline.

Zatvoriti boci s kisikom i izvaditi uzorak.

ISPITIVANJE KAMENA

GRANULOMETRIJSKI SASTAV AGREGATA (HRN EN 13242:2008)

Postupak ispitivanja

Ispitni uzorak mora biti osušen do konstante mase na $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Ispitivanje granulometrijskog sastava provodi se na četiri frakcije, posebno za svaki uzorak dobiven četvrtanjem. Četvrtanje se izvodi na frakcijama: 0-4 mm, 4-8 mm, 8-16 mm i 16-32 mm. Odabere se odgovarajući niz sita za svaku frakciju i poreda po veličini: gore s najvećim, a dolje s najmanjim otvorima. Prosijavanje na svakom situ traje najmanje 120 sekundi. Po završetku sijanja važu se ostatci na sitima i unesu u [Tablice 2.1.1.](#) do [2.1.4.](#) Izmjerene mase ostataka očitavaju se s točnošću do 1 g, a postotci se zaokružuju na cijeli broj. Gubitak materijala za vrijeme sijanja ne smije biti veći od 1% mase uzorka.

d - otvor svakog pojedinačnog sita (mm), d_m - najveće zrno agregata (mm)

Tablica 2.1.1. Rezultati prosijavanja agregata za frakciju 0-4 mm

$M_0 =$ _____

FRAKCIJA 0-4 mm			
SITO	OSTATAK NA SITU	PROLAZ KROZ SITO	
(mm)	(g)	(g)	(%)
63			
31,5			
16			
8			
4			
2			
1			
0,5			
0,25			
0,125			
0,063			
Dno			
suma			

Tablica 2.1.2. Rezultati prosijavanja agregata frakciju 4-8 mm

M₀= _____

FRAKCIJA 4-8 mm			
SITO	OSTATAK NA SITU	PROLAZ KROZ SITO	
(mm)	(g)	(g)	(%)
63			
31,5			
16			
8			
4			
2			
1			
0,5			
0,25			
0,125			
0,063			
Dno			
suma			

Tablica 2.1.3. Rezultati prosijavanja agregata za frakciju 8-16 mm

M₀= _____

FRAKCIJA 8-16 mm			
SITO	OSTATAK NA SITU	PROLAZ KROZ SITO	
(mm)	(g)	(g)	(%)
63			
31,5			
16			
8			
4			
2			
1			
0,5			
0,25			
0,125			
0,063			
Dno			
suma			

Tablica 2.1.4. Rezultati prosijavanja agregata za frakciju 16-32 mm

M₀= _____

FRAKCIJA 16-32 mm			
SITO	OSTATAK NA SITU	PROLAZ KROZ SITO	
(mm)	(g)	(g)	(%)
63			
31,5			
16			
8			
4			
2			
1			
0,5			
0,25			
0,125			
0,063			
Dno			
suma			