

# Terenska i laboratorijska ispitivanja materijala pri izgradnji prometnica

---

**Kovačić, Ivica**

**Undergraduate thesis / Završni rad**

**2016**

*Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj:* **University North / Sveučilište Sjever**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:122:509272>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

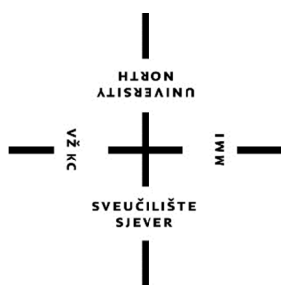
*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-02-20**



*Repository / Repozitorij:*

[University North Digital Repository](#)





# Sveučilište Sjever

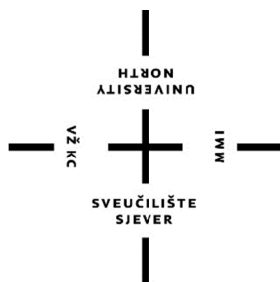
Završni rad br. 255/GR/2016

## Terenska i laboratorijska ispitivanja materijala pri izgradnji prometnica

Ivica Kovačić, 0578/336

Varaždin, srpanj 2016. godine





**Sveučilište  
Sjever**  
Odjel za Graditeljstvo

Završni rad br. 255/GR/2016

## **Terenska i laboratorijska ispitivanja materijala pri izgradnji prometnica**

**Student**

Ivica Kovačić, 0578/336

**Mentor**

Aleksej Aniskin, dipl.ing.geoteh.

Varaždin, srpanj 2016. godine

# Prijava završnog rada

## Definiranje teme završnog rada i povjerenstva

ODJEL	Odjel za graditeljstvo		
PRISTUPNIK	Ivica Kovačić	MATIČNI BROJ	0578/336
DATUM	21.IV.2016.	KOLEGIJ	Prometnice
NASLOV RADA	Terenska i laboratorijska ispitivanja materijala pri izgradnji prometnica		
NASLOV RADA NA ENGL. JEZIKU	Field and laboratory tests of materials in the road construction		
MENTOR	Aleksej Aniskin	ZVANJE	predavač
ČLANOVI POVJERENSTVA	1. dr.sc. Matija Orešković, dipl.ing.građ., pred. 2. Željko Kos, struč. spec.ing.aedif., predavač 3. Aleksej Aniskin, dipl.ing.geoteh., predavač 4. prof. dr.sc. Božo Soldo, dipl. ing. 5. mr.sc. Tomislav Koprek, dipl. ing., predavač		

## Zadatak završnog rada

BROJ	255/GR/2016
OPIS	Pristupnik treba u radu općenito opisati terenska i laboratorijska ispitivanja materijala izgradnje konstruktivnih elemenata prometnica te opisati osnovne procedure njihovog izvođenja u skladu sa važećim normama. U zaključku je potrebno rezimirati važnost rezultata ispitivanja ugrađenih materijala koji utječu na kvalitetu, stabilnost i trajnost prometnica. U radu je potrebno obraditi sljedeće teme: 1. Uvodni dio 2. Terenska ispitivanja 3. Laboratorijska ispitivanja 4. Analiza rezultata 5. Zaključak

ZADATAK URUČEN

05.05. 2016.



## Predgovor

Projektiranje i izgradnja prometnica u Republici Hrvatskoj provodi se sukladno Općim tehničkim uvjetima za radove na cestama OTU/2001. Njima su propisani uvjeti izvedbe radova i kontrole kvalitete materijala od Općih odredbe i pripremnih radova (OTU - knjiga I) do opremanja cesta (OTU knjiga VI).

U Općim tehničkim uvjetima postavljeni su kriteriji kakvoće za materijale, proizvode i radove. Sadrže i tehničke uvjete izvođenja, osiguranja i kontrole kakvoće izvedenih radova. Uz OTU treba spomenuti i Tehničke uvjete za asfalterske radove održavanja kolničkih konstrukcija na autocestama TU 2004 i Tehničke uvjete za izvanredno održavanje cesta.

Ako se tehničkim uvjetima predvide neki radovi koji nisu obuhvaćeni OTU, projektant ima pravo sastaviti posebne tehničke uvjete PTU.

U ovom radu prikazati će se kontrola kakvoće radova pri izgradnji prometnica, a promatrat će se:

- elementi nosivih slojeva temeljno tlo, nasip i
- elementi kolničke konstrukcije: posteljica i tampon.

U ovom radu prikazat će se dio terenskih i laboratorijskih ispitivanja materijala provedenih na izgradnji "Jugozapadne obilaznice grada Varaždina", dionica Knebinec-Nedeljanec, st. 5+272 do st. 13+320.

## Sažetak

Prilikom provođenja osiguranja kvalitete radova tijekom izvođenja potrebno je provest niz procedura ispitivanja materijala i ugrađenih slojeva koji se provode u svrhu dobivanja završne kolničke konstrukcije koja u potpunosti zadovoljava propisane uvjete.

Investitorsku kontrolu kvalitete obavlja naručitelj građevine tj. investitor u svrhu provjere kvalitete materijala i radova. Za provedbu kontrole izvodi se pokusna dionica te se uzimaju paralelni uzorci. Laboratorij koji izvodi kontrolna ispitivanja mora biti akreditiran prema HRN EN/ISO 17025, a osoblje mora imati položene stručne ispite za obavljane poslova ispitivanja. Rezultati prikupljeni tijekom ispitivanja sirovina, materijala, izvedenih slojeva u okviru izvođačke i investitorske kontrole služe za ocjenu kvalitete izvedenih radova. Na osnovi tih rezultata nadzorni inženjer izrađuje izvještaj s ocjenom kvalitete.

Program kontrole kakvoće materijala i radova provodi se prema unaprijed definiranim shemama ispitivanja sirovina i materijala u okviru izvođačke i investitorske kontrole kvalitete koji predlaže izvođač radova, a ovjerava investitor ili njegov nadzorni inženjer.

Na složenijim građevinama poput autoceste ili ceste s velikim prometnim opterećenjem, prije početka kontinuiranog izvođenja radova, predviđa se izvedba pokusne dionice. Lokaciju, veličinu pokusne dionice te broj strojeva i režim rada strojeva predlaže izvođač, a ovjerava nadzorni inženjer. Pokusna dionica služi kao dokaz da se sa izabranim materijalima, određenim strojevima te tehnologijom ugradbe mogu izraditi slojevi kolničke konstrukcije sukladno projektom ili tehničkim uvjetima (npr. OTU/2001).

Ukoliko su rezultati ispitivanja koje je provelo ovlašteno tijelo sukladni rezultatima Izvještaja o pokusnoj dionici, nadzorni inženjer će ovjeriti izvođačev Izvještaj o pokusnoj dionici i odobriti početak kontinuirane proizvodnje, a ako pak rezultati pokusne dionice nisu sukladni propisanim zahtjevima kakvoće iz projekta ili tehničkih uvjeta, izvođač će izvesti novu dionicu i prethodnu sanirati o vlastitom trošku. Po završetku radova rezultati se prikazuju u pisanom obliku. Nadzorni inženjer preuzima rezultate ispitivanja te na temelju istih donosi konačnu ocjenu o kakvoći izvedenog elementa. Sve moguće manjkavosti izvođač sanira o svom trošku, uključujući i sva dodatna mjerenja.

## Popis korištenih kratica

**OTU** Opći tehnički uvjeti za radove na cestama (Zagreb 2001)

Knjiga I Opće odredbe i pripremni radovi

Knjiga II Zemljani radovi, odvodnja, potporni i obložni zidovi

Knjiga III Kolnička konstrukcija

Knjiga IV Betonski radovi

Knjiga V Cestovni tuneli

Knjiga VI Oprema ceste

**POG** - Projekt organizacije građenja

**PTU** - Posebni tehnički uvjeti

**HRN** - hrvatska norma

**ISO** - međunarodna norma (International Organisation of Standardization)

**EN** - europska norma (European Standard)

**DIN** - njemačka norma (Deutsches Institut für Normung)

**ASTM** - američka norma za ispitivanje materijala (American Society for Testing and Materials)



# Sadržaj

1.	Uvod .....	1
1.1.	Tehnički uvjeti korišteni pri izgradnji prometnica.....	1
2.	Terenska i laboratorijska ispitivanja .....	2
2.1.	Određivanje vlažnosti uzoraka tla - (HRN U.B1.012/79).....	3
2.2.	Određivanje specifične težine tla - (HRN U.B1.014/68).....	6
2.3.	Određivanje zapreminske težine tla - (HRN U.B1.016/68).....	9
2.4.	Određivanje granulometrijskog sastava - (HRN U.B1.018/80).....	12
2.5.	Određivanje granica konzistencije tla - (HRN U.B1.020/80) .....	15
2.6.	Određivanje sadržaja sagorljivih i organskih materija tla - (HRN U.B1.024/68).....	18
2.7.	Određivanje optimalnog sadržaja vode - (HRN U.B1.038/68) .....	24
2.8.	Određivanje modula stišljivosti metodom kružne ploče - (HRN U.B1.046/68).....	29
2.9.	Ispitivanje ravnosti površine sloja letvom duljine 4 m.....	34
2.10.	Ispitivanje sloja po visini, položaju i nagibu geodetskim snimanjem. ....	35
2.11.	Ispitivanje stupnja zbijenosti - (ASTM 1556).....	35
3.	Analiza rezultata .....	39
3.1.	Sudionici u gradnji .....	39
3.2.	Kontrola kvalitete .....	39
4.	Zaključak.....	45
5.	Literatura.....	46

# 1. Uvod

## 1.1. Tehnički uvjeti korišteni pri izgradnji prometnica

Zakonom o gradnji (NN 153/2013) regulirane su obveze sudionika u gradnji o provođenju kontrole tijekom izgradnje cesta.

Treba spomenuti i ostale zakone i pravilnike koji reguliraju cestogradnju u Hrvatskoj, a to su:

- Zakon o poslovima i djelatnostima prostornog uređenja i gradnje ( NN 78/15).
- Pravilnik o tehničkim dopuštjenjima za građevne proizvode (NN 103/08)
- Pravilnik o nadzoru građevnih proizvoda (NN 113/08)
- Pravilnik o uvjetima i načinu vođenja građevinskog dnevnika (NN 142/2013)

Radovi na prometnicama podijeljeni su u slijedeće grupe

### *ZEMLJANI RADOVI:*

- temeljno tlo
- izrada nasipa
- izrada nasipa od zemljanih materijala
- izrada nasipa od miješanih materijala
- izrada nasipa od kamenitih materijala
- izrada klinova uz objekte
- izrada bankina

### *NOSIVE KONSTRUKCIJE:*

- nosivi sloj od zrnatog kamenog materijala bez veziva
- nosivi sloj od zrnatog kamenog materijala stabiliziranog hidrauličnim vezivom

### *ASFALTI:*

- nosivi slojevi
- vezni slojevi
- habajući slojevi

## 2. Terenska i laboratorijska ispitivanja

Terenska i laboratorijska ispitivanja provode u skladu sa usvojenim normama, a nužna su za ocjenu kvalitete izgrađenog elementa. U narednoj tablici dan je prikaz normi koje se primjenjuju kod izvođenja zemljanih radova dok je u nastavku rada prikazan je detaljan opis svake pojedine norme.

Tablica 1. Popis normi - zemljani radovi

R.br.	Norma	Naslov norme
1	HRN U.B1.012/79	Određivanje vlažnosti uzoraka tla
2	HRN U.B1.014/68	Određivanje specifične težine tla
3	HRN U.B1.016/68	Određivanje zapreminske težine tla
4	HRN U.B1.018/80	Određivanje granulometrijskog sastava
5	HRN U.B1.020/80	Određivanje granica konzistencije tla - Atterbergove granice
6	HRN U.B1.024/68	Određivanje sadržaja sagorljivih i organskih materija tla
7	HRN U.B1.038/68	Određivanje optimalnog sadržaja vode
8	HRN U.B1.046/68	Određivanje modula stišljivosti metodom kružne ploče
9	--	Ispitivanje ravnosti površine sloja letvom duljine 4 m
10	--	Ispitivanje sloja po visini, položaju i nagibu geodetskim snimanjem.
11	ASTM 1556	Ispitivanje stupnja zbijenosti

## 2.1. Određivanje vlažnosti uzoraka tla - (HRN U.B1.012/79)

### 2.1.1. Uređaj i dodatna oprema

Za provedbu ovog postupka nužni su slijedeći elementi uređaja i dodatne opreme:

- petrijeve posude, odnosno prikladne posude za ispitne uzorke koje su:
  - otporne na koroziju
  - stalne mase pri promjenama temperature uslijed ciklusa grijanja i hlađenja
  - kemijski stabilne u odnosu na materijale različitog pH, te
  - otporne na čišćenje
- laboratorijska vaga:
  - s očitanjem od 0.01 g za ispitne uzorke s masom od 200 g
  - s očitanjem od 0.1 g za ispitne uzorke s masom većom od 200 g
- sušionik ugođen na održavanju stalne temperature od  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$
- eksikator s kalcijevim kloridom
- pomoćni pribor za rukovanje s posudama (rukavice, kliješta za primanje ispitnog uzorka, držač za primanje i pomicanje vrućih posuda nakon sušenja, boca s cjevčicom)
- pomoćni pribor za pripremu i rad sa ispitnim uzorcima ( noževi, špatule, posude, podloga za podjelu uzorka na četvrtine, rezači uzoraka ako su potrebni).

### 2.1.2. Pripremne radnje ispitnog uzorka

Pripremne radnje obuhvaćaju one neophodne radnje koje se obavljaju prije početka ispitivanja.

Programom ispitivanja, ispitivanje vlažnosti uzorka se određuje što je prije moguće, i to posebno ako se uzorci čuvaju u spremnicima koji mogu korodirati (kao što su tankostijeni cilindri, posuda od boje i sl.) ili ako su korištene plastične posude za ispitne uzorke.

### 2.1.3. Količina ispitnog uzorka

Minimalna masa ispitnog uzorka treba biti u skladu sa slijedećom tablicom:

Tablica 2. Minimalne mase ispitnih uzoraka – vlažnost tla:

<b>Maksimalna veličina čestice (100% prolazi kroz sito)</b>	<b>Standardna veličina sita</b>	<b>Preporučena minimalna masa vlažnog ispitnog uzorka za sadržaj vode izmjerena na <math>\pm 0.1\%</math></b>	<b>Preporučena minimalna masa vlažnog ispitnog uzorka za sadržaj vode izmjerena na <math>\pm 1\%</math></b>
2 mm ili manje	Broj 10	20 g	20 g
4.75 mm	broj 4	100 g	20 g
9.50 mm	3/8-in	500 g	50 g
19.0 mm	3/4- in	2.5 kg	250 g
37.5 mm	1 1/2- in	10 kg	1 kg
75.0 mm	3- in	50 kg	5 kg

### 2.1.4. Tijek ispitivanja:

Uzorkuje se reprezentativni dio vlažnog uzorka koji se stavlja u petrijevu posudicu koja ima svoju masu zatim se važe i stavi na sušenje 24 sata na 105 ° C. Nakon 24 sata se izvaže te odnos između mase vode u uzorku i mase suhog uzorka je prirodna vlažnost.

## 2.1.5. Primjer :

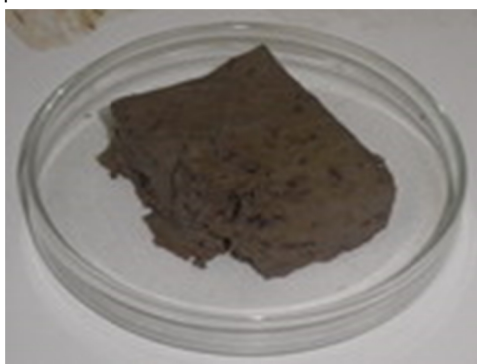
Slika 1. Neporemećeni ispitni uzorak



Slika 2. Rezanje reprezentativnog dijela



Slika 3. Ispitni uzorak u petrijevoj posudi



## 2.1.6. Obrada rezultata :

Vlažnost se analitički određuje prema sljedećoj formuli:

$$w = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W} \cdot 100$$

gdje su:

- $w$  = vlažnost %
- $W_1$  = masa posude (s poklopcem) i vlažnog ispitnog uzorka [g]
- $W_2$  = masa posude (s poklopcem) i osušenog ispitnog uzorka [g]
- $W$  = masa posude (s poklopcem) [g]

## 2.2. Određivanje specifične težine tla - (HRN U.B1.014/68)

Pod pojmom specifična težina materijala podrazumijeva se odnos težine prema volumenu kojeg zauzimaju čvrste čestice, odnosno volumen bez pora, pri propisanoj temperaturi i vlažnosti sredine u kojoj se određuje.

Specifična težina služi kao pomoćna orijentacijska vrijednost pri određivanju mineraloškog sastava materijala (udio organskih materijala i teških minerala).

### 2.2.1. Uređaj i dodatna oprema

Za provedbu ovog postupka nužni su slijedeći elementi uređaja i dodatne opreme:

- Piknometar koji bi trebao zadovoljavati:
  - minimalni volumen od 100 ml odnosno od 50 do 300 cm<sup>3</sup>
  - čep koji je napravljen od istog materijala kao i bočica, te koji ima otvor kroz koji može slobodno otjecati fluid kojeg ispituje
  - oznake i dijagrame baždarenja
- laboratorijska vaga s očitanjem od 0,1 % od ukupne mase uzorka
- sušionik termostatski kontroliran kako bi mogao održavati stalnu temperaturu od  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  u komori
- pribor za kuhanje uzorka u piknometru - vruću ploču
- eksikator s kalcijevim kloridom
- boca s cjevčicom
- posuda za sušenje materijala
- posuda s tučkom za drobljenje materijala
- mali ljevak
- termometar s skalom od 0 do 50°C te podjelom od 1°C takvog promjera da se može staviti u piknometar
- pipeta
- destilirana ili demineralizirana voda
- Vakuumski sistem, vakuumska pumpa ili vodeni aspirator sposoban proizvesti djelomični vakuum od 75 kPa ili manje apsolutnog pritiska
- ostala oprema - noževi, špatule, posude, podloga za rezanje uzorka

### 2.2.2. Tijek ispitivanja :

Ispitni uzorak od 20 – 100 g, ovisno o vrsti materijala se osuši na 105 °C te se usitni tučkom i prosije na sito od 2 mm. Osušeni i usitnjeni materijal se stavlja u izvagani piknometar ( u mali od 100 ml ili veliki od 500 ml, sve ovisno o česticama tla ).

U piknometar sa ispitnim uzorkom dodajemo destiliranu ili demineraliziranu vodu do približno polovice svoje zapremine. Uzorak u piknometru s vodom se kuha 15 minuta za pjeskovita tla, odnosno 30 minuta za glinovita tla.

Poslije kuhanja stavljamo piknometar da se ohladi na 20 °C, a zatim napunimo destiliranom vodom do vrha i stavljamo mu čep, te ga izvažemo.

### 2.2.3. Primjer :

Slika 4. Ohlašeni piknometri s materijalom na 20°C





#### 2.2.4. Obrada rezultata :

Specifičnu težinu računamo po slijedećoj formuli :

$$g_s = \frac{W}{W_2 + W - W_1} \left[ \frac{kN}{m^3} \right]$$

gdje su :

$\gamma_s$  - specifična težina

$W$  - težina suhog uzorka

$W_1$  - težina piknometra s uzorkom i destiliranom vodom pri određenoj temperaturi

$W_2$  - baždareni piknometar ( težina piknometra napunjenog destiliranom vodom pri određenoj temperaturi )

## 2.3. Određivanje zapreminske težine tla - (HRN U.B1.016/68)

Pod pojmom zapreminska težina materijala podrazumijeva se odnos težine prema ukupnom volumenu, zajedno sa porama i šupljinama, pri propisanoj temperaturi i vlažnosti sredine.

### 2.3.1. Uređaj i dodatna oprema

Za provedbu ovog postupka nužni su slijedeći elementi uređaja i dodatne opreme:

- metalni cilindar promjera od  $f$  60 do  $f$  120 mm, visine 50 do 150 mm, debljine stjenke zida od 0,5 do 2 mm (preporučuje se što tanja stjenka cilindra)

dijelovi cilindra:

- srednji dio pomoću čijeg se volumena određuje zapreminska gustoća
- gornji dio koji se može lako odvojiti od srednjeg dijela i služi kako bi se cilindar mogao utisnuti u tlo
- donji dio koji je obrađen u vidu prstenastog noža
- istiskivač uzoraka
- drveni ili gumeni malj ili preša za nabijanje cilindra
- laboratorijska vaga s očitanjem od 0,1 % od ukupne mase uzorka
- sušionik termostatski kontroliran kako bi mogao održavati stalnu temperaturu od  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  u komori
- ostala oprema - noževi, špatule, posude, rezači uzoraka ako su potrebni

### 2.3.2. Tijek ispitivanja

Gornju i donju površinu cilindra potrebno je obraditi tako da budu potpuno ravne.

Ukoliko površine nisu potpuno ravne (posljedica ispadanja manjih ili većih čestica tla koje su otpale uslijed ravnjanja površine ispitnog uzorka) potrebno ih je ispuniti istim materijalom te zaravnati.

Vaganjem odrediti masu cilindra s ispitnim uzorkom u prirodnom stanju,  $M_{cp}$ .

Vaganjem odrediti masu cilindra bez ispitnog uzorka,  $M_c$ .

Razlika između mase cilindra s ispitnim uzorkom u prirodnom stanju i mase cilindra bez ispitnog uzorka jednaka je masi ispitnog uzorka u prirodnom stanju, ( $M = M_{cp} - M_c$ ).

Ukoliko se zahtijeva određivanje i suhe jedinične gustoće cilindra s ispitnim uzorkom staviti u sušionik i sušiti na temperaturi od 100 do 110°C do konstantne. Nakon sušenja, a prije vaganja cilindra s ispitnim uzorkom staviti u eksikator.

Slika 5. Ispitni uzorak izvađen iz kalupa za određivanje zapreminske težine



### 2.3.3. Obrada rezultata

Vaganjem odrediti masu cilindra s ispitnim uzorkom u suhom stanju,  $M_{cd}$ .

Razlika između mase cilindra s ispitnim uzorkom u suhom stanju i mase cilindra bez ispitnog uzorka jednaka je masi ispitnog uzorka u suhom stanju, ( $M_d = M_{cd} - M_c$ ).

Gustoću tla,  $r$ , izračunati prema izrazu:

$$r_w = \frac{(M_{cp} - M_c)}{V} = \frac{M}{V} \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

a ako je zahtijevano gustoću suhog tla,  $r_d$ , izračunati prema izrazu:

$$r_d = \frac{(M_{cd} - M_c)}{V} = \frac{M_d}{V} \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

gdje su:

$M_{cp}$	masa cilindra s ispitnim uzorkom u prirodnom stanju	[g]
$M_{cd}$	masa cilindra s ispitnim uzorkom u suhom stanju	[g]
$M_c$	masa cilindra bez ispitnog uzorka	[g]
$M$	masa ispitnog uzorka u prirodnom stanju	[g]
$M_d$	masa suhog ispitnog uzorka	[g]
$V$	volumen cilindra	[cm <sup>3</sup> ]

Odnosno formula za izračun zapreminske ili obujamske težine tla glasi:

vlažna zapreminska težina:

$$g_w = r_w \times g \left[ \frac{N}{cm^3} \right] ili \left[ \frac{kN}{m^3} \right]$$

suha zapreminska težina:

$$g_d = r_d \times g \left[ \frac{N}{cm^3} \right] ili \left[ \frac{N}{cm^3} \right]$$

## 2.4. Određivanje granulometrijskog sastava - (HRN U.B1.018/80)

### 2.4.1. Uređaj i dodatna oprema

Za provedbu ovog postupka nužni su slijedeći elementi uređaja i dodatne opreme:

- sita prema HRN U.B1 018 (1980) s poklopcem na vrhu i posudom na dnu:

Otvor sita	
100,0	mm
63,0	mm
20,0	mm
10,0	mm
5,0	mm
2,0	mm
1,4	mm
1,0	mm

Otvor sita	
710	µm
500	µm
315	µm
200	µm
140	µm
100	µm
63	µm

- uređaj za vibriranje,
- plitka limena posuda kapaciteta 25 l,
- posuda kapaciteta 10 l,
- lopatica za vađenje materijala,
- posuda za odlaganje ispitnih uzoraka u sušionik,
- čelična četka
- četka za čišćenje sita,
- gumene cijevi unutarnje promjera 6 mm
- stakleni ljevak za sito,
- laboratorijska vaga s očitanjem od 0,1 % od ukupne mase uzorka, odnosno od 0.01 g za vaganje materijala koji prolaze kroz sito br. 200 (0.075 mm),
- sušionik termostatski kontroliran kako bi mogao održavati stalnu temperaturu od  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  u komori,
- eksikator,
- uređaj za miješanje otopljenog uzorka
- menzure visine 457 mm i promjera 63.5 mm sa oznakom 1000 mL na visini od  $36 \pm 2$  cm od dna cilindra (menzure),

- termometar područja mjerenja temperature pri kojoj se provodi ispitivanje rezolucije 0.5°C,
- areometar,
- štoperica,
- petrijeve posudice,
- boca s prskalicom kapaciteta 1000 ml,
- stakleni štapić za miješanje (dužine 150 mm i promjera 5 mm),
- destilirana ili demineralizirana voda
- reagensi:
- Otopina natrijevog-heksametafosfata, u dovoljnoj koncentraciji koja može uzrokovati razdvajanje čestica. Uobičajena koncentracija iznosi 40 g po 1000 ml vode ili,
- vodeno staklo ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) koncentracije 40% (obnavljaju se jedanput mjesečno), i
- vodik superoksid (20 % otopina).

## 2.4.2. Tijek ispitivanja

Količina ispitnog uzorka

Ovisno o veličini najvećih zrna minimalne mase materijala za ispitivanje pruža slijedeća tablica:

Tablica 3. Minimalne mase ispitnih uzoraka – granulometrijski sastav

Otvor sita na kojem pri sisanju ostaje 10 % najvećeg promjera zrna [mm]	Minimalna masa ispitnog uzorka [kg]
100	50
50	35
20	2
10	0,5
5	0,2
2	0,1

Za određivanje sitnozrnih i koloidnih čestica čija je veličina zrna manja od 0,063 mm uzima se najmanje 200 g.

### **2.4.3. Priprema ispitnog uzorka**

Ovisno o vrsti materijala tla uzorak se suši u sušioniku i to koherentni materijal na temperaturi od 60 °C, a nekoherentni materijal na temperaturi od 105 °C.

Ukoliko ispitni uzorak sadrži koherentne materijale, mora se sav materijal koji ostaje na situ veličine otvora od 20 mm i iščerkati kako bi se sitne čestice odvojile od krupnih.

Ispitni uzorak od koherentnog materijala mora se usitniti gumenim čekićem na podlozi od gume ili nekim drugim priborom i načinom koji osigurava da osnovna struktura čestica neće biti razorena.

### **2.4.4. Ispitivanje ispitnog uzorka**

Za ispitni uzorak tla koji sadrži koherentni materijal primjenjuje se "metoda mokrog sisanja", a za ispitni uzorak tla koji prema ocjeni Ispitivača ne sadrži koherentni materijal primjenjuje se "metoda suhog sisanja".

Za ispitni uzorak tla od koherentnog materijala (veličina zrna manja od 0,063 mm) primjenjuje se "metoda areometriranja".

## **2.5. Određivanje granica konzistencije tla - (HRN U.B1.020/80)**

### **2.5.1. Uređaj i dodatna oprema**

Zajednički elementi opreme za određivanje granice tečenja,  $w_L$ , i granice plastičnosti,  $w_p$  su:

- staklena ploča dimenzija 50 x 50 x 1 cm
- špatula
- zdjelice promjera 15 cm
- pribor za ispitivanje vlažnosti materijala
- boca destilirane vode kapaciteta 1 litra
- metalno ravnalo
- sito otvora 0,5 mm

### **2.5.2. Određivanje granice tečenja, $w_L$ , Casagrandeovim uređajem**

Pored navedenih zajedničkih elemenata za određivanje granice tečenja,  $w_L$ , Casagrandeovim uređajem nužni su slijedeći elementi opreme:

- 1) Casagrandeov uređaj
- 2) standardizirani ravan nož za formiranje utora napravljen od nehrđajućeg materijala, mjerač visine pada zdjelice

### **2.5.3. Tijek ispitivanja:**

Atterbergove granice se dobiju granicom tečenja i granicom plastičnosti. Da bi dobili granicu tečenja usitnimo uzorak u prirodnom stanju u posudu, te miješamo dok ne dobijemo homogenu smjesu, zatim tu smjesu nanosimo na Casagrandeov uređaj te razrežemo nožem za pravljenje žljebova, zatim ga upalimo i čekamo da se uzorak spoji. Trebamo dobiti tri točke. Prva točka mora biti između 10 i 20 udaraca, druga između 20 i 30 udaraca te treća između 30 i 40 udaraca.

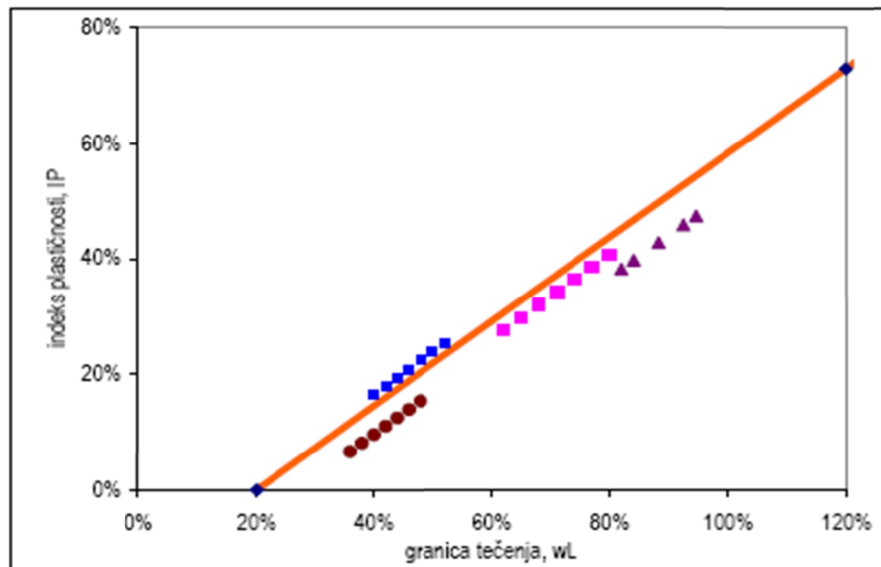


Kako bi dobili granicu krutosti trebamo uzorak dovesti na granicu raspadanja, zatim se na staklenoj površini valjaju valjčići koji su promjera 3 mm, a na valjčićima moraju biti vidljive pukotine.

Te izvažemo postojeće vlažno stanje, a nakon 24 sata izvažemo suhu masu.

#### 2.5.4. Obrada rezultata :

Slika 6. Linija A- Dijagram plastičnosti



Slika 7. Casagrandeov uređaj



Slika 8. Casagrandeov uređaj sa ispitnim uzorkom



Slika 9. Radni stol - granice plastičnosti



## **2.6. Određivanje sadržaja sagorljivih i organskih materija tla - (HRN U.B1.024/68)**

Pod sadržajem gorivih tvari tla podrazumijeva se odnos mase gorivih čestica tla prema ukupnoj masi čvrstih čestica tla.

Pod sadržajem organskih tvari tla podrazumijeva se odnos mase organskih čestica tla prema ukupnoj masi čvrstih čestica tla.

Poznavanje sadržaja gorivih i organskih tvari služi za klasifikaciju tla, te neizravnu procjenu fizičkih, mehaničkih svojstava tla

Prema normi HRN U.B1.024 (1968) određivanje sadržaja gorivih i organskih tvari provodi se zasebnim metodama, pa se tako:

za određivanje sadržaja gorivih tvari primjenjuje

- Metoda žarenja tla na temperaturi od 700 do 800 oC,

za određivanje sadržaja organskih tvari primjenjuje

- Metoda miješanja tla s vodikovim peroksidom.

Prema normi HRN U.B1.024 (1968) za određivanje sadržaja gorivih tvari primjenjuje se Metoda žarenja tla na temperaturi od 700 do 800 °C. Princip određivanja je da se iz uzorka tla odstrani gorive tvari žarenjem na temperaturi od 700 do 800 °C.

Kod tumačenja rezultata Metoda žarenja za određivanje sadržaja gorivih tvari nije izravno primjenjiva kod uzoraka tla koji pokazuju reakciju na HCL i sadrže sulfate i hidratizirane alumosilikate, jer oni žarenjem gube dio svoje mase. Stoga se programom ispitivanja mogu zadati i ispitivanja kojima bi se odredile navedene reakcije.

## **Metoda žarenja tla na temperaturi od 700 do 800 °C**

### **2.6.1. Uređaj i dodatna oprema**

Za provedbu metode žarenja nužni su slijedeći elementi uređaja i dodatna opreme:

- laboratorijska vaga s očitanjem od 0,1 % od ukupne mase uzorka, odnosno od 0.01 g za vaganje materijala koji prolaze kroz sito br. 200 (0.075 mm),
- sušionik termostatski kontroliran kako bi mogao održavati stalnu temperaturu od  $50 \pm 5^{\circ}\text{C}$  u komori,
- eksikator,
- vatrostalna porculanska posuda, promjera od 30 do 50 mm, i volumena cca  $30 \text{ cm}^3$ ,
- električna peć za žarenje do  $1100 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ,
- kliješta za prihvat užarenih predmeta

### **2.6.2. Pripremne radnje ispitnog uzorka**

Ispitni uzorak se pregleda.

Ispitni uzorak se suši u sušioniku na temperaturi od  $50 \text{ }^{\circ}\text{C}$ .

Ispitni uzorak je suh kada nema promjena u masi.

### **2.6.3. Količina ispitnog uzorka**

Količina ispitnog uzorka za određivanje sadržaja gorivih tvari je od 10 do 20 g.

### **2.6.4. Tijek ispitivanja:**

Vatrostalna porculanska posuda se izvaži ( $m_p$ )

Osušen i usitnjen ispitni uzorak tla se stavi u vatrostalnu porculansku posudu.

Ispitni uzorak tla s posudom se izvaže i na taj način se odredi masa uzorka prije žarenja ( $m_0$ ). U obrazac se zapiše masa uzorka s posudom prije žarenja i oznaka posude.

Prije stavljanja ispitnog uzorka u peć za žarenje u peći mora biti stalna temperatura od 700 do 800 °C.

Ispitni uzorak koji se nalazi u posudi stavi se u zagrijanu peć. Žarenje traje od 20 do 30 minuta.

Nakon završetka žarenja posuda s ispitnim uzorkom se stavlja u eksikator, kako bi se uzorak ohladio na sobnu temperaturu.

Ispitni uzorak tla s posudom se izvaže i na taj način se odredi masa uzorka nakon žarenja ( $m$ ). U obrazac se zapiše masa uzorka nakon žarenja i oznaka posude.

#### 2.6.5. Obrada rezultata :

Sadržaj gorivih tvari tla,  $O_g$ , (odnos mase gorivih čestica tla prema ukupnoj masi čvrstih čestica tla), izražen u postocima određuju se prema izrazu:

$$O_g = \frac{m_0 - m}{m_0 - m_p} \cdot 100 \quad [\%]$$

gdje je

$m_p$	masa vatrostalne porculanske posude,	[g]
$m_0$	masa uzorka s posudom prije žarenja,	[g]
$m$	masa uzorka s posudom nakon žarenja ,	[g]

## **Metoda miješanja tla s vodikovim peroksidom**

Prema normi HRN U.B1.024 (1968) za određivanje sadržaja organskih tvari primjenjuje Metoda miješanja tla s vodikovim peroksidom. Princip određivanja je da se iz uzorka tla odstrani organske tvari miješanjem i potapanjem uzorka u vodikovom peroksidu.

Metoda daje dobre rezultate za uzorke tla s humusom i koloidnim organskim materijalom. Ograničeno se može upotrebljavati za materijale s neraspadnutim biljnim ostacima (korijenje, grane, lišće i sl.)

### **2.6.6. Uređaj i dodatna oprema**

Za provedbu metode miješanja tla s vodikovim peroksidom nužni su slijedeći elementi uređaja i dodatna opreme:

- laboratorijska vaga s očitanjem od 0,1 % od ukupne mase uzorka, odnosno od 0.01 g za vaganje materijala koji prolaze kroz sito br. 200 (0.075 mm),
- sušionik termostatski kontroliran kako bi mogao održavati stalnu temperaturu od 50 do 110°C u komori,
- eksikator,
- vatrostalna staklena čaša, promjera cca 14 cm, i volumena min 1000 cm<sup>3</sup>,
- kliješta za prihvat toplih predmeta,
- stakleni štapić za miješanje,
- vodena kupelj,
- litra vodikovog peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), razrijeđena destiliranom vodom u omjeru 1:3.

### **2.6.7. Pripremne radnje ispitnog uzorka**

Ispitni uzorak se pregleda. U obrazac se zapiše masa prije sušenja.

Ispitni uzorak se suši u sušioniku na temperaturi od 50 °C.

Ispitni uzorak je suh kada nema promjena u masi.

Osušeni ispitni uzorak potrebno je usitniti

### **2.6.8. Količina ispitnog uzorka**

Količina ispitnog uzorka za određivanje sadržaja organskih tvari je cca 100 g.

### **2.6.9. Tijek ispitivanja:**

Vatrostalna staklena čaša se izvažuje (mp)

Usitnjeni osušen ispitni uzorak tla se stavi u vatrostalnu staklenu čašu.

Ispitni uzorak tla s čašom se izvažuje i na taj način se odredi masa uzorka s čašom prije sušenja ( $m_0$ ). U obrazac se zapiše masa uzorka prije sušenja i oznaka čaše.

U čašu s ispitnim uzorkom stavi se 200 do 400 cm<sup>3</sup> vodikovog peroksida (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>), razrijeđenog destiliranom vodom u omjeru 1:3 i to pri većem sadržaju organske tvari veća količina razrijeđenog vodikovog peroksida, a pri manjem sadržaju manja količina razrijeđenog vodikovog peroksida.

Tako pripremljena suspenziju stavlja se u vodenu kupelj zagrijanu na temperaturu od približno 60°C, u kojoj se odvija reakcija tla.

Ispitni uzorak je potrebno stalo miješati. Ukoliko uslijed reakcije s vodikovim peroksidom ispitni uzorak iskipi, potrebno je ponoviti ispitivanje. Ispitnom uzorku kod kojeg se utvrdi veća količina organskih materijala, vodikov peroksid se dodaje nekoliko puta i to po 100 cm<sup>3</sup> u intervalima po jedan sat. Vodikov peroksid se dodaje sve dok traje reakcija

Po završetku reakcije, čaša sa suspenzijom se izvadi iz vodene kupelji, napuni demineraliziranom vodom i dobro se izmiješa sa staklenim štapićem te se ostavi kako bi se ispitni uzorak staložio. Nakon taloženja čista voda se odlije i ispitni uzorak se ostavi. Postupak odlijevanja se ponavlja sve dok se većina čiste vode ne ukloni. Mokri ispitni uzorak se stavlja u sušionik na temperaturu od 105°C. Ispitni uzorak je suh kada više nema promjene mase.

Ispitni uzorak tla s čašom se izvažuje i na taj način se odredi masa uzorka s čašom nakon sušenja ( $m$ ). U obrazac se zapiše masa uzorka nakon sušenja i oznaka čaše.

## 2.6.10. Obrada rezultata :

Sadržaj organskih tvari tla,  $O_o$ , (odnos mase organskih čestica tla prema ukupnoj masi čvrstih čestica tla), izražen u postocima određuju se prema izrazu:

$$O_o = \frac{m_0 - m}{m_0 - m_p} \cdot 100 \quad [\%]$$

gdje je

$m_p$	masa vatrostalne staklene čaše,	[g]
$m_0$	masa uzorka s čašom prije sušenja,	[g]
$m$	masa uzorka s čašom nakon sušenja,	[g]



## 2.7. Određivanje optimalnog sadržaja vode - (HRN U.B1.038/68)

Ovaj postupak se primjenjuje samo na tlima (materijalima) koji imaju 30% ili manje čestica materijala zadržanih na 19 mm situ (3/4 –in). Ispitivanje se ne provodi na već zbijenom materijalu.

### 2.7.1. Uređaj i dodatna oprema

Za provedbu ovog postupka nužni su slijedeći elementi uređaja i dodatne opreme:

- kalup se sastoji od šupljeg cilindra stjenke sa nastavkom, podložne ploče i spojnih elemenata

	promjer [mm]	visina [mm]	volumen [cm <sup>3</sup> ]
Cilindar 10 cm	101,6±0,4	116,4±0,4	944±14
Cilindar 15 cm	152,4±0,7	116,4±0,4	2124±25

- udarač (bat), ručni ili strojni mase 2,5 kg koji slobodno pada s visine od 304,8±1,3 mm
- ekstruder za istiskivanje uzoraka iz cilindra
- laboratorijska vaga s očitanjem od 1 g
- sušionik termostatski kontroliran kako bi mogao održavati stalnu temperaturu od 110 ± 5°C u komori,
- sita; barem No. 4 (4.75-mm), 9,5 mm (3/8 in) i 19,0 mm (3/4 in)
- pribor za pripremu uzorka kao što su nož, posuda, žlica, špatula i dr.

### 2.7.2. Pripremne radnje ispitnog uzorka

Uzorak se priprema prema jednoj od dvije slijedeće metode:

- vlažna priprema uzorka      uzorak se ne suši
  - obavezno za vrste materijala tla za koje se iskustveno ili na drugi način zna da se rezultati ispitivanja razlikuju ako su sušeni na zraku

- suha priprema uzorka uzorak se suši
  - materijal koji je previše vlažan da bi se mogao mrviti, treba osušiti na zraku sve dok ne bude dovoljno suh da se može mrviti

Ostali koraci pripreme su zajednički za sve tri metode ispitivanja (A, B i C), a razlike se posebno naznačuju:

- ovisno o odabranoj metodi ispitivanja prosijati uzorak tla, odrediti postotak ostatka na odgovarajućem situ
  - metoda A      4.75-mm      No. 4,
  - metoda B      9,5 mm      (3/8 in)
  - metoda C      19,0 mm      (3/4 in).
- ostatak na odgovarajućem situ isključiti iz ispitivanja
- pripremi barem četiri ispitna uzorka različitih vlažnosti bliskoj optimalnoj (ili granici plastičnosti). Razlika u vlažnosti od 2%, do 4% za materijale kod kojih se očekuje visoka optimalna vlažnost. Težina uzorka cca 2,3 kg za metodu A i B, te 5,9 za metodu C. Za povećanje vlažnosti uzorak se prska. Za smanjenje vlažnosti uzorak se suši na zraku ili u sušioniku na temperaturi do 60°C.
- za osiguranje homogene vlažnosti ovisno o vrsti materijal treba pustiti uzorak da odstoji. Za GW, GP, SW i SP nema zahtijeva. Za GM i SM zahtijeva se barem 3 sata. Za sve ostale materijale barem 16 sati.

### 2.7.3. Količina ispitnog uzorka

Nije dozvoljena upotreba materijala koji je već zbijan. Minimalna masa ispitnog uzorka treba biti u skladu sa slijedećom tablicom:

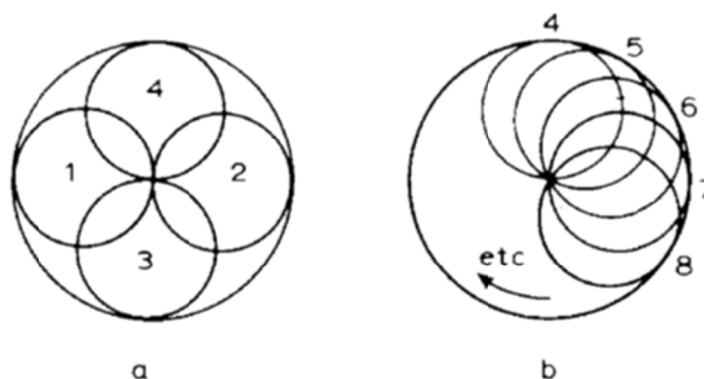
Tablica 4. Minimalne mase ispitnih uzoraka - određivanje optimalnog sadržaja vode

Metoda	A	B	C
masa suhog tla [kg]	16	16	29
masa vlažnog tla sa terena [kg]	23	23	45

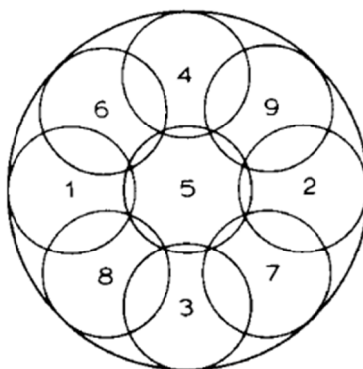
## 2.7.4. Tijek ispitivanja:

Ovo poglavlje opisuje zajednički postupak ispitivanja za sve tri metode ispitivanja (A, B i C).

Slika 10. Shema zbivanja – 101,6 mm kalup



Slika 11. Shema zbivanja - -152,4 mm kalup



- 1) priprema kalupa i provjera ostale aparature,
- 2) izmjeri i zapiši masu cilindra ili masu kalupa (cilindra i podložne ploče),
- 3) sklopiti kalup, provjeriti da li su spojevi dobro sjeli i prema potrebi ih popraviti. Kalup treba postaviti na čvrstu podlogu, kako bi se nakon zbivanja mogao jednostavno rastaviti na sastavne dijelove.

#### 4) Mehaničko zbijanje

- Mehaničko zbijanje uzorka u tri sloja, svaki sloj nakon zbijanja treba biti približno jednake debljine slojeva.
  - Prije zbijanja stavi tlo u kalup i rasprostirati ga jednoliko po cijelom volumenu. Nakon što smo postigli jednoliko rasprostiranje tlo, lagano zbijemo kako bi se uvjerali da nema zračnih rupa u uzorku i kako je površina poravnata.
  - Ukupna količina zbijenog tla treba biti takva da viri barem malo iznad ruba donjeg kalupa tla. No ako tlo viri iznad cilindra više od 6 mm uzorak se isključuje iz obrade rezultata ispitivanja
  - Nadalje točka se isključuje kada zadnji udarac bata propadne ispod vrha kalupa, osim ako tlo nije dovoljno mekano da se tlo može lagano poravnati tijekom trimanja.
  - Nakon zbijanja zadanim brojem udaraca, sav višak materijala koji se zalijepio na stjenke te višak materijala koji se izdiže treba ukloniti.
  - Prije odvajanja nastavka sa cilindra, potrebno je nožem razrhliti tlo na način da nakon odvajanja ne dođe do poremećaja uzorka u cilindru.
  - Svaki sloj se zbija s 25 udaraca u kalupu promjera 101,6 mm ili s 56 udaraca u kalupu promjera 152,4 mm.
  - Ako zbijamo s ručnim batom, potrebno je bat držati vertikalno s najvećim mogućim otklonom od 5°. Nanositi udarce jednoličnim intenzitetom od 25 udaraca u minuti, na takav način da udarci daju potpunu jednoličnu pokrivenost površine uzorka.
  - Kada se koristimo kalupom promjera 101,6 mm zbijamo ručnim batom prema slici 3a i slici 3b, a kada zbijamo mehanički, tada koristimo uzorak slike 3b.
  - Kada se koristimo kalupom promjera 152,4 mm zbijamo ručnim batom prema slici 4 do devetog udarca tada zbijamo prema uzorku sa slike 3b i slici 2,
  - kada se koristimo kalupom promjera 152,4 mm zbijamo mehanički s batom ne kružne površine tada zbijamo prema slici 3b, a kada zbijamo mehanički, tada koristimo uzorak slike 2.
  - Kada se koristimo kalupom promjera 152,4 mm zbijamo mehaničkim s batom kružne površine tada zbijanje treba biti jednolično rasprostranjeno na cijeloj površini. Ako površina nakon zbijanja bude jako neravna tada treba namjestiti uzorak zbijanja prema slici 3 ili 4 .
  - Nakon zbijanja pažljivo odvojiti gornji dio kalupa i donju ploču, pažljivo poravnati gornju i donju plohu od uzorka u cilindru. Rotiranjem kalupa postizemo lakše odvajanje kalupa od donje ploče. Prilikom vaganja jako vlažna ili jako suha tla treba paziti na odvajanje donje ploče jer bi se s njom izgubio dio vlage. Ako se važe s njom onda treba uključiti i njenu masu u proračun.
- 5) Zagladiti stranice kako bi spriječili poremećaje uzorka koji je u cilindru. Eventualne rupe zapuniti istim materijalom pomoću prstiju i poravnati. Zagladiti uzorak pomoću noža

- 6) Ako naiđemo na kakav kamenčić šljunka trebamo ga izbaciti i njegovo mjesto zapuniti i poravnati
- 7) Ako se kod sipkih ili jako vlažnih uzoraka očekuje da će uklanjanjem podložne ploče doći do gubitka vode ili tla, tada se ostavlja podložna ploča na vaganju. Paziti u proračunima na masu podložne ploče.
- 8) Izmjeri i zabilježi masu uzorka sa tarom (cilindar ili cilindar sa podložnom pločom)
- 9) Ukloni materijal iz kalupa.
- 10) Nakon zbivanja svi slojevi trebaju biti iste debljine
- 11) Odredi vlažnost uzorka na način uzimanja reprezentativnog uzorka koji se rasprostire cijelom dužinom uzorka.

### 2.7.5. Obrada rezultata :

Gustoću tla  $r$ , izračunati prema izrazu:

$$r = \frac{(M_{cp} - M_c)}{V} \left[ \frac{g}{cm^3} \right]$$

te gustoću suhog tla  $r_d$ , izračunati prema izrazu:

$$r_d = \frac{r}{1 + \frac{w}{100}} \left[ \frac{g}{cm^3} \right]$$

gdje su:

$M_{cp}$	masa cilindra s ispitnim uzorkom u vlažnom stanju,	[g],
$M_c$	masa cilindra bez ispitnog uzorka,	[g],
$V$	volumen cilindra,	[cm <sup>3</sup> ],
$w$	vlažnost,	[%]

Izračunati vlažnosti na liniji "100% saturacije" prema izrazu:

$$w_{sat} = \frac{r_s - r_d}{\frac{r_d r_s}{r_w}} \cdot 100 [\%]$$

gdje su:

$r_s$	specifična masa ispitnog uzorka,	[g/cm <sup>3</sup> ],
$r_w$	jedinična masa vode,	[g/cm <sup>3</sup> ].

## 2.8. Određivanje modula stišljivosti metodom kružne ploče - (HRN U.B1.046/68)

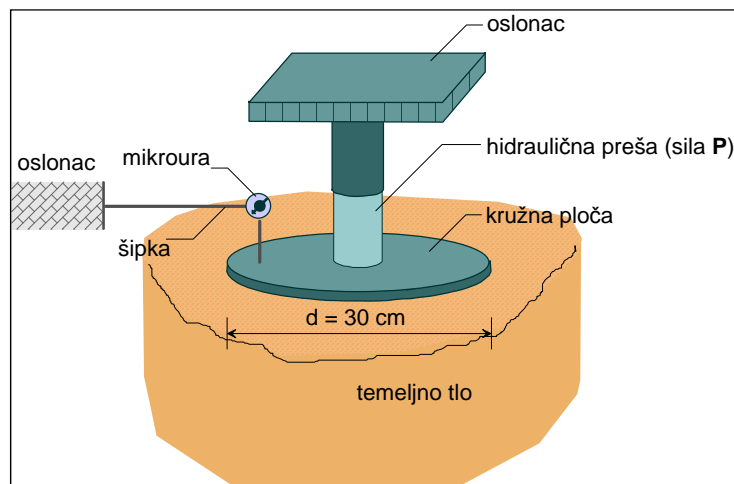
Kružna ploča određuje način određivanja modula stišljivosti metodom kružne ploče koji uključuje pripreme radnje, označavanje ispitivanja, ispitivanje na terenu, obradu rezultata, završne radnje te upravljanje daljnjom dokumentacijom.

### 2.8.1. Uređaj i dodatna oprema

Za provedbu ovog postupka nužni su slijedeći elementi uređaja i dodatne opreme:

- hidraulička preša sa uređajem za određivanje pritisne sile,
- ovisno o odabiru promjera kružne ploče (15,96 ili 29,86 cm), kapacitetom i regulacijom hidraulička preša sa uređajem za određivanje pritisne sile treba biti takva da omogući nametanje opterećenje od  $0,5 \text{ MN/m}^2$  (5 bara) u koracima manjim od  $0,01 \text{ MN/m}^2$ ,
- tri mjerne urice sa područjem mjerenja minimalno 10 mm i rezolucijom od 0,01 mm,
- stabilni držač mjerne urice čiji su oslonci udaljeni cca 1,5 m od ploče opterećivanja,
- čelična kružna ploča promjera 15,96 ili 29,86 cm (površina 200 ili  $700 \text{ cm}^2$ ),
- oslonac preše pri opterećivanju ploče (natovareni kamion ili slično),
- kronometar,
- libela.

Slika 12. Shema ispitivanja i elementi



## 2.8.2. Postavljanje opreme

Oprema se postavlja u slijedećim koracima:

- odabir mjesta ispitivanja,
- mjesto ispitivanja treba biti dovoljno veliko za smještaj uređaja i dodatne opreme,
- uređenje mjesta ispitivanja,
- površina terena na mjestu ispitivanja mora biti isplanirana i horizontalna. Horizontalnost površine ispitivanja provjera se libelom.
- kako bi se osigurao ravnomjeren prijenos opterećenja, prije postavljanja ploče, potrebno je ukloniti sve dijelove koji strše, te nakon toga ispuniti i zbiti sve šupljine.
- postavljanje ploče,
- postavljanje preše,
- preša se postavlja u ležište koje se nalazi u osi ploče.
- postavljanje držača mjernih ura sa mjernim urama,
- oslonci držača mjernih urica trebaju biti udaljeni od zone utjecaja ploče, odnosno barem 1,5 m od ploče,
- držač mjerene ure mora se namjesti tako da mjerne ure budu ravnomjerno raspoređene po rubu ploče,
- dodir mjerne ure i ploče mora osigurati mjerenje slijeganja

## 2.8.3. Ispitivanje

Ispitivanje se provodi u slijedećim koracima:

- Ploča se najprije optereti sa  $0,02 \text{ MN/m}^2$ . To opterećenje se održava 1 min, te se nakon toga ploča rastereti.
- Mjerne ure se namjeste na nulti položaj.
- Ploča se optereti sa  $0,05 \text{ MN/m}^2$ ,
- Mjeri se vrijeme i očitavaju mjerne ure na 1/2, 1, 2 i 3 minute. Očitavanje se nastavlja i dalje sve dok slijeganje u 3 minute kod ispitivanja posteljice, odnosno kod ispitivanja nosećeg u 2 minute, nije manje od 0,05 mm.
- Nakon toga ploča se opterećuje u koracima od  $0,05 \text{ MN/m}^2$  sve do konačnog zahtijevanog opterećenja ( $0,25 \text{ MN/m}^2$  za posteljicu;  $0,45 \text{ MN/m}^2$  za noseće slojeve;  $0,55 \text{ MN/m}^2$  za gotov put i aerodromsku pistu bez zastora).
- Mjerenje vremena i očitavanja mjernih ura


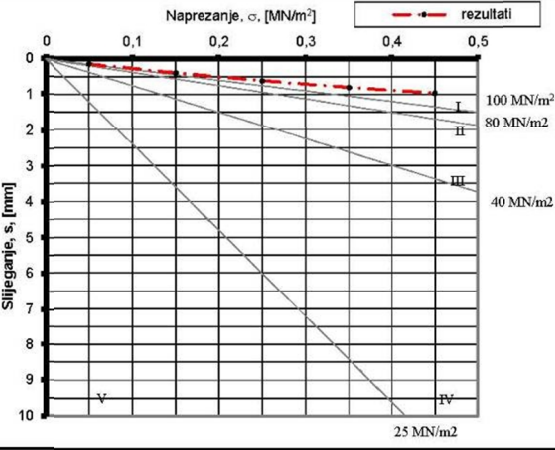
## 2.8.4. Obrada rezultata mjerenja

Tablica 5. Izračun modula stišljivosti:

izraz	tumačenje	primjer obrade
$M_{\text{prosijek}} = \frac{(M1+M2+M3)}{300}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>prosječna vrijednost slijeganja izmjerenih mjernim urama</li> <li>izraz je prilagođen izražavanju vrijednosti <math>M_{\text{prosijek}}</math> u milimetrima</li> </ul>	za $p_i = 0,15$ [MN/m <sup>2</sup> ] $M1=36; M2=38; M3=43;$ $M_{\text{prosijek}, i} = (36+38+43)/300 = 0,39$ [mm]  za $p_{i-1} = 0,25$ [MN/m <sup>2</sup> ] $M1=64; M2=62; M3=57;$ $M_{\text{prosijek}, i-1} = (64+62+57)/300 = 0,61$ [mm]
$ds = M_{\text{prosijek}, i} - M_{\text{prosijek}, i-1}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>slijeganje između promatranih etapa nanošenja opterećenja</li> </ul>	$ds = M_{\text{prosijek}, i} - M_{\text{prosijek}, i-1} = 0,61 - 0,39 = 0,22$ [mm]
$dp = p_i - p_{i-1}$	<ul style="list-style-type: none"> <li>promjena opterećenja između promatranih etapa nanošenja opterećenja izražena u MN/m<sup>2</sup></li> </ul>	$dp = p_i - p_{i-1} = 0,25 - 0,15 = 0,10$ [MN/m <sup>2</sup> ]
$M_s = D_{\text{ploča}} * dp / ds$	<ul style="list-style-type: none"> <li>proračunati modul stišljivosti</li> <li><math>D_{\text{ploča}}</math> promjer ploče izražen u milimetrima</li> </ul>	za $D_{\text{ploča}} = 300$ [mm] $M_s = D_{\text{ploča}} * dp / ds = 300 * 0,1 / 0,22 \approx 136$ [MN/m <sup>2</sup> ]



Formular ispitivanja:

 <b>LABORATORIJ</b> <b>Geokon Zagreb</b> d.d. ZA PROJEKTIRANJE, NADZOR I RAZVOJ U GRADITELJSTVU <small>Starotmjanska 16a, 10 000 Zagreb, Hrvatska</small>		Ispitni izvještaj: Određivanja modula stišljivosti metodom kružne ploče promjera D=300 mm prema HRN U.B1.046/68 Obrazac: OL-5.4-30-01 [2/01.16.]			Investitor:				
Oznaka ispitivanja:		Oznaka radnog naloga:		Oznaka točke:		Oznaka tab. isp.:		Oznaka uređaja:	
Građevina:				Segment:					
Sloj:				Element:		nasip			
Datum i vrijeme ispitivanja:		(dd.mm.yy)				(HH:MM)			
$\sigma$	t	M1	M2	M3	$M_{\text{prosjeck}}$	$d_s$	$M_s$	$M_{s,R}$	
[MN/m <sup>2</sup> ]	[min]	[pars]	[pars]	[pars]	[mm]	[mm]	[MN/m <sup>2</sup> ]	[MN/m <sup>2</sup> ]	
0,05	0,5	5	14	12	0,14				<p>p naprezanje t vrijeme M1,M2,M3 očitavanje komparatora 1 pars = 0,01 mm <math>M_{\text{prosjeck}} = (M1+M2+M3)/300</math> <math>\Delta s</math> deformacija za pojedinu etapu <math>\Delta p</math> promjena naprezanje za etapu <math>M_s = \Delta p / \Delta s \times 300</math> modul stišljivosti dobiveni <math>M_{s,R}</math> modul stišljivosti zahtijevani</p>
	1	6	18	15					
	2	7	19	16					
0,10	0,5	24	24	19	0,27				
	1	26	26	21					
	2	27	28	22					
0,15	0,5	32	33	36	0,39				
	1	33	36	40					
	2	35	38	43					
0,20	0,5	48	47	45	0,50				
	1	50	49	46					
	2	52	50	47					
0,25	0,5	59	57	55	0,61	0,22	136	I zona / 100 MN/m <sup>2</sup>	
	1	62	60	56					
	2	63	62	57					
0,30	0,5								
	1								
	2								
0,35	0,5								
	1								
	2								
0,40	0,5								
	1								
	2								
0,45	0,5								
	1								
	2								
napomene									
skica položaja točke									
 <p>Naprezanje, <math>\sigma</math>, [MN/m<sup>2</sup>]</p> <p>Slijeganje, s, [mm]</p> <p>—•— rezultati</p> <p>I 100 MN/m<sup>2</sup> II 80 MN/m<sup>2</sup> III 40 MN/m<sup>2</sup> IV 25 MN/m<sup>2</sup> V</p>									
Ispitao:					Ovjerio:				
ime i prezime					potpis				

Rezultati ispitivanja odnose se na samo ispitane lokacije  
Izvještaj se ne smije preslikavati dje lomično ili u cjelosti bez pisanog odobrenja voditelja laboratorija



Slika 13. Postavljena kružna ploča



Slika 14. Postavljena kružna ploča



Slika 15. Manometar preše



Slika 16. Mjerne urice u položaju ispitivanja



Slika 17. Uređeni sloj nasipa od prirodnog šjunka, Varaždin 2006 g.



## 2.9. Ispitivanje ravnosti površine sloja letvom duljine 4 m

Ravnost površine mjeri se kao odstupanje površine sloja od letve duljine 4 m. Odstupanje od letve smije biti najviše 20 mm.

Na svakom poprečnom profilu postavlja se mjerna letva duljine 4 m na površinu izvedenog tampona (i asfalta) kako bi se utvrdila odstupanja od ravnine letve do profila kolnika u ekstremnoj točki. Letva se pri mjerenju povlači, pri čemu se mjere odstupanja uzdužno po profilu mjerne dionice na kojoj se mjeri ravnost.

Slika 18. Ispitivanje ravnosti uređenog sloja tampona



Mjerenje ravnosti kolnika letvom vrlo je sporo, nije praktično, niti je precizno.

Rizik operatera od moguće pogreške pri mjerenju je visok, a stupanj učinkovitosti na cesti tijekom mjerenja malen.

## **2.10. Ispitivanje sloja po visini, položaju i nagibu geodetskim snimanjem.**

Kontrola ravnosti, točnosti profila i debljine ugrađenog sloja na svakom poprečnom profilu služi za ocjenu kvalitete izvedenih radova, a ponajviše u kontroli količina ugrađenih materijala sa raznim cijenama.

## **2.11. Ispitivanje stupnja zbijenosti - (ASTM 1556)**

Tla koja su postavljena u prometnice, nasipe, temeljne stope, posteljice su zbijena u određeno stanje kako bi dobili zadovoljavajuće inženjerske osobine kao što su zahtijevani modul stišljivosti, posmična čvrstoća, i vodopropusnost . Također temeljna tla su često zbijena kako bi se poboljšala njihova nosivost. Ispitivanja laboratorijske zbijenosti daju temelj za određivanje postotak zbijenosti i sadržaja vode potreban kako bi zadovoljili zahtijevane nove osobine, te za kontrolu radova kako bi se uvjerali da je materijal zbijen na određenu gustoću uz određeni sadržaj vode.

Stupanj zbijenosti tla potreban kako bi se postigle projektirane osobine, a određen je kao postotak maksimalne suhe gustoće.

Ako je zahtijevani stupanj zbijenosti značajnije manji od zahtijevanog potrebno je primijeniti drugu tehnologiju zbijanja i/ili provjeriti materijal kako bi utvrdili dali je došlo do promjene u odnosu na referentni materijal na kojemu su izvršena ispitivanja.

### **2.11.1. Uređaj i dodatna oprema**

Zapreminska težina je odnos težine iskopanog materijala tla i težine kalibriranog pijeska (poznate zapreminske težine) kojim se ispunjava iskopana rupa.

Za provedbu ispitivanje nužni su slijedeći elementi i oprema:

- Kalibrirani pijesak
- Cilindrična posuda sa lijevkom poznatog volumena za kalibrirani pijesak
- kvadratno dno sa otvorom dimenzija vrha lijevka cilindrične posude
- vaga
- sušionik
- alati za iskapanje materijala kojeg ispitujemo, posude, plastične vrećice.

Slika 19. Terensko ispitivanje stupnja zbijenosti



Slika 20. Terensko ispitivanje stupnja zbijenosti



### 2.11.2. Pripremne radnje

Površinu sloja kojeg ispitujemo potrebno je očistiti, poravnati i horizontirati.

### 2.11.3. Tijek ispitivanja:

Na uređenu površinu postavlja se metalni okvir sa otvorom.

Kroz otvor se iskopa materijal u promjeru kao na metalnom okviru. Materijal se pažljivo prikupi u plastičnu vrećicu te se izvaže ( $M_w$ ). Na otvor se postavlja izvagana cilindrična posuda sa lijevkom ( $M_o$ ).

Otvora se ventil kako bi pijesak ispunio iskopano udubljenje na materijalu kojeg ispitujemo. Nakon što pijesak ispunji rupu, zatvaramo ventil i važemo posudu sa preostalim pijeskom ( $M_1$ ). Masa pijeska ispod lijevka se izračunava ( $M_2$ ). Iskopani uzorak podloge ( $M_w$ ) sušimo na  $105^{\circ}\text{C}$  i važemo ( $M_d$ )

### 2.11.4. Obrada rezultata :

Iz prikupljenih podataka na terenu i otprije poznatih podataka izračunavamo zapreminsku težinu suhu i vlažnu kasnije se određuje stupanj zbijenosti.

zapreminsku težinu suha $r_w = \frac{r_p \times M_w}{M_o - M_1 - M_2} \left[ \frac{g}{cm^3} \right]$	stupanj zbijenosti u suhom stanju $S_{zw} = \frac{r_w \times 100}{r_{ref}} \quad [\%]$
zapreminsku težinu vlažna $r_w = \frac{r_p \times M_d}{M_o - M_1 - M_2} \left[ \frac{g}{cm^3} \right]$	stupanj zbijenosti u suhom stanju $S_{zd} = \frac{r_d \times 100}{r_{ref}} \quad [\%]$

gdje je

$M_w$ .- masa vlažnog uzorka

$M_o$ .- masa cilindrične posude sa lijevkom i pijeskom

$M_1$  - masa cilindrične posude sa lijevkom i preostalim pijeskom

$M_2$  -Masa pijeska u lijevku (izračunava se u laboratoriju)

$M_d$  - masa suhog uzorka

$r_p$  - gustoća pijeska

$r_{ref}$  - referentna gustoća materijala

## 3. Analiza rezultata

### 3.1. Sudionici u gradnji

Prema članku 48., Zakona o gradnji sudionici u gradnji jesu:

- INVESTITOR - pravna ili fizička osoba u čije ime se gradi građevina.
- PROJEKTANT - fizička osoba koja prema posebnom zakonu ima pravo uporabe strukovnog naziva ovlaštenu arhitekt ili ovlaštenu inženjer. Projektant je odgovoran da projekt koji je izradio ispunjava propisane uvjete, da je građevina projektirana u skladu s lokacijskom dozvolom, odnosno uvjetima za građenje građevina propisanim prostornim planom te da ispunjava temeljne zahtjeve za građevinu, zahtjeve propisane za energetska svojstva zgrada i druge propisane zahtjeve i uvjete.
- IZVOĐAČ – osoba koja gradi ili izvodi pojedine radove na građevini
- NADZORNI INŽENJER - fizička osoba koja prema ima pravo uporabe strukovnog naziva ovlaštenu arhitekt ili ovlaštenu inženjer. On provodi u ime Investitora stručni nadzor nad građenjem.
- REVIDENT - osoba ovlaštena za kontrolu projekata.

### 3.2. Kontrola kvalitete

Radovi izgradnje moraju biti obavljani od stručno osposobljenih osoba, uz stalni stručni nadzor.

Nadzorni inženjer nadzire izvođenje faza radova i odobrava građenje po fazama.

U slučaju odstupanja od projekta potrebno je odobrenje Projektanta.

Izvoditelj je dužan u potpunosti poštivati sve mjere osiguranja i kontrole kakvoće.

Materijali i izvedeni radovi moraju ispunjavati zahtjeve važećih zakona, pravilnika, normi i pravila struke.



Za vrijeme izvođenja radova nužna je stalna nazočnost nadzornog inženjera, kontinuirani geodetski nadzor i povremeni projektantski nadzor.

Svi ugrađeni materijali moraju imati dokaz o njegovoj uporabljivosti, tj. njegova tehnička svojstva moraju biti sukladna svojstvima odgovarajućom HRN normom ili HRN EN normom.

### **Ispitivanja i atesti**

Nužno je provoditi kontinuiranu kontrolu kvalitete materijala ugradnje, a za odgovarajući uvid u kvalitetu sastavnih materijala potrebno je

- a.) Kontrolirati kvalitetu materijala,
- b.) Osigurati odgovarajuću dokumentaciju o kvaliteti materijala,
- c.) Za ispitivanje materijala primjenjivati metode ispitivanja, standarde i propise dane u Projektu i Općim tehničkim uvjetima.

### **Kontrola kvalitete**

Kontrola kvalitete sastoji se od:

- ispitivanja pogodnosti materijala,
- tekuće kontrole,
- kontrolnog ispitivanja

### **Ispitivanje pogodnosti**

Pogodnost materijala s obzirom na njegovu namjenu utvrđuje se prethodnim laboratorijskim ispitivanjima. Svojstva materijala moraju zadovoljiti zahtjeve Općih tehničkih uvjeta. Uzorkovanje i ispitivanje obavlja licencirana institucija za kontrolu kvalitete.

### **Tekuća kontrola**

Tekuća kontrola obavlja se radi kontrole tehnološkog procesa. Tekuća ispitivanja obavlja proizvođač u vlastitom laboratoriju ili ih o njegovom trošku obavlja organizacija za kontrolu kvalitete. Učestalost i vrste tekućih ispitivanja propisani su Općim tehničkim uvjetima, ovisno o vrsti i namjeni materijala.

## Kontrolno ispitivanje

Kontrolno ispitivanje obavlja se radi provjere usklađenosti kvalitete proizvoda sa svojstvima i karakteristikama propisanim Općim tehničkim uvjetima. Kontrolna ispitivanja može obavljati jedino organizacija za kontrolu kvalitete, koja obavlja i uzrokovanje materijala. Učestalost i vrste ispitivanja propisani su Općim tehničkim uvjetima, ovisno o vrsti i namjeni materijala. Za materijale kojii podliježu Naredbi o obaveznom atestiranju Državnog Zavoda za normizaciju, uzorkovanje i ispitivanje radi izdavanja atesta obavlja isključivo ovlaštena organizacija.

## **Dokumentacija**

### Izveštaj o prethodnom ispitivanju kvalitete s ocjenom pogodnosti materijala

Izveštaj o pogodnosti materijala mora sadržavati ove podatke:

- opći dio: naziv materijala, mjesto uzorkovanja, podatke o naručiocu ili proizvođaču, datum uzorkovanja i završetku ispitivanja, namjenu materijala i laboratorijsku oznaku uzorka,
- rezultate svih laboratorijskih ispitivanja propisanih Općim tehničkim uvjetima za tu vrstu materijala,
- ocjenu kvalitete materijala s obzirom na vrstu i namjenu,
- mišljenje o pogodnosti materijala s obzirom na namjenu.

### Izveštaj o tekućoj kontroli

Rezultati tekućih ispitivanja moraju se redovito upisivati u laboratorijsku dokumentaciju (laboratorijski dnevnik, knjigu i slično). Uz dokumentaciju koja prati isporuku proizvođač je dužan priložiti rezultate tekućih ispitivanja koji se odnose na isporučene količine.

### Izveštaj o kontrolnom ispitivanju

Izveštaj o kontrolnom ispitivanju mora sadržavati ove podatke:

- opći dio: naslov proizvoda, podatke o proizvođaču i naručiocu, mjesto, način i datum uzorkovanja, količinu uzorka, završetak ispitivanja i laboratorijsku oznaku uzorka,
- rezultate laboratorijskih ispitivanja,
- ocjenu kvalitete materijala obzirom na vrstu i namjenu.

## Atest

Za proizvode koji podliježu Naredbi o obaveznom atestiranju Državnog Zavoda za normizaciju, izdaje se atestna dokumentacija propisana Naredbom. (Naredba o obaveznom atestiranju frakcioniranog kamenog agregata za beton i asfalt - Narodne novine br. 53/91).

## Uvjerenje o kvaliteti proizvoda

Uvjerenje o kvaliteti proizvoda izdaje se poslije najmanje tri uzastopna kontrolna ispitivanja proizvoda kojima je ustanovljena propisana kvaliteta. Uvjet za izdavanje uvjerenja o kvaliteti je redovita evidencija rezultata tekuće kontrole. Rok važenja uvjerenja o kvaliteti proizvoda može biti najviše jedna godina.

Uvjerenje o kvaliteti proizvoda mora sadržavati ove podatke:

- opći dio: naziv proizvoda, deklaraciju, mjesto, podatke o proizvođaču i naručiocu, datum uzorkovanja, te laboratorijske oznake uzorka,
- pregledni prikaz rezultata kontrolnih ispitivanja na osnovi kojih se izdaje uvjerenje,
- ocjenu kvalitete i mišljenje o upotrebljivosti s obzirom na stalnost kvalitete proizvoda, namjeni materijala i svojstva primarne sirovine,
- rok važenja uvjerenja.

Stalnost kvalitete proizvoda do isteka roka važenja uvjerenja o kvaliteti prati se kontrolnim ispitivanjima.

## Uvjerenje o kvaliteti sirovine

Kvaliteta i svojstva sirovine koja se koristi za proizvodnju pojedinih vrsta sastavnih materijala asfaltnih mješavina utvrđuju se laboratorijskim ispitivanjem.

Po završenim ispitivanjima izdaje se uvjerenje o kvaliteti i upotrebljivosti sirovine s obzirom na namjenu.

Uvjerenje o kvaliteti primarne sirovine mora sadržavati ove podatke:

- opći dio: naziv materijala, mjesto, podatke o naručiocu, datum uzorkovanja i završetak ispitivanja, te laboratorijsku oznaku uzorka,
- rezultate laboratorijskih ispitivanja,
- ocjenu kvalitete i mišljenje o upotrebljivosti sirovine s obzirom na vrstu i namjenu,
- rok važenja uvjerenja.

### Izveštaj o provjeri kvalitete uskladištenog materijala

Izveštaj o provjeri kvalitete materijala deponiranog na deponijama ili uskladištenog u silose, cisterne i sl., izdaje se na osnovi laboratorijskih ispitivanja i mora sadržavati ove podatke:

- opći dio: naziv materijala, mjesto uzorkovanja, podatke o naručiocu i proizvođaču, datum uzorkovanja i završetka ispitivanja, laboratorijsku oznaku uzorka,
- približnu količinu uskladištenog materijala,
- način uzorkovanja i približnu količinu skupnog uzorka,
- rezultate laboratorijskih ispitivanja propisanih Općim tehničkim uvjetima za tu vrstu materijala,
- ocjenu kvalitete,
- mišljenje o kvaliteti i upotrebljivosti uskladištenog materijala s obzirom na namjenu.

Tablica 6. Tablica učestalosti ispitivanja prema elementima

TEKUĆA ISPITIVANJA									
	NORMA	TEMELJNO TLO	NASIP	POSTELJICA	BANKINA	KLIN	TAMPON		
Uzimanje uzoraka tla	HRN U.B1.010/79	1000 m <sup>2</sup>	4000 m <sup>2</sup>	--	--	--	--		
Određivanje vlažnosti uzoraka tla	HRN U.B1.012/79								
Određivanje specifične težine tla	HRN U.B1.014/68								
Određivanje zapreminske težine tla	HRN U.B1.016/68								
Određivanje granulometrijskog sastava	HRN U.B1.018/80							6000 m <sup>2</sup>	3000 m <sup>2</sup>
Određivanje granica konzistencije tla.	HRN U.B1.020/80								
Određivanje sadržaja sagorljivih i organskih materija tla	HRN U.B1.024/68							--	--
Određivanje optimalnog sadržaja vode	HRN U.B1.038/68	--	--						
Određivanje stupnja zbijenosti	ASTM 1556	1000 m <sup>2</sup>	1000 m <sup>2</sup>	1000 m <sup>2</sup>		svaki sloj	1000 m <sup>2</sup>		
		ILI	ILI	ILI		ILI	I		
Određivanje modula stižljivosti metodom kružne ploče	HRN U.B1.046/68	1000 m <sup>2</sup>	1000 m <sup>2</sup>	1000 m <sup>2</sup>	100 m <sup>l</sup>	svaki sloj	500 m <sup>2</sup>		

KONTROLNA ISPITIVANJA									
	NORMA	TEMELJNO TLO	NASIP	POSTELJICA	BANKINA	KLIN	TAMPON		
Uzimanje uzoraka tla	HRN U.B1.010/79	1.000 m <sup>2</sup>	8.000 m <sup>2</sup>	--	--	--	--		
Određivanje vlažnosti uzoraka tla	HRN U.B1.012/79								
Određivanje specifične težine tla	HRN U.B1.014/68								
Određivanje zapreminske težine tla	HRN U.B1.016/68								
Određivanje granulometrijskog sastava	HRN U.B1.018/80							10.000 m <sup>2</sup>	6.000 m <sup>2</sup>
Određivanje granica konzistencije tla.	HRN U.B1.020/80								
Određivanje sadržaja sagorljivih i organskih materija tla	HRN U.B1.024/68							--	--
Određivanje optimalnog sadržaja vode	HRN U.B1.038/68	--	--						
Određivanje stupnja zbijenosti	ASTM 1556	1.000 m <sup>2</sup>	2.000 m <sup>2</sup>	2.000 m <sup>2</sup>		svaki sloj	2.000 m <sup>2</sup>		
		ILI	ILI	ILI		ILI	I		
Određivanje modula stižljivosti metodom kružne ploče	HRN U.B1.046/68	1000 m <sup>2</sup>	2000 m <sup>2</sup>	2000 m <sup>2</sup>	200 m <sup>l</sup>	svaki sloj	1.000 m <sup>2</sup>		

## 4. Zaključak

Tema ovog rada bilo je prikaz osnovnih terenskih i laboratorijskih ispitivanja zemljanih radova pri izgradnji prometnica.

Zadaci koji su bili postavljeni na početku ovog rada odnosili su se na definiciju zakonske regulative, sudionika gradnje i analize potrebnih ispitivanja pri izgradnji prometnica.

U prvom dijelu rada prikazana su i definirana potrebna terenska i laboratorijska ispitivanja materijala pri izgradnji prometnica. Prikazani su detaljni radni postupci zahtijevanih metoda ispitivanja.

Ispitivanja zemljanih radova prikazana su na praktičnim primjerima laboratorijskog i terenskog ispitivanja.

U drugom dijelu rada prikazani su sudionici gradnje, te uloga kontrole kvalitete materijala na osnovu kojih se donosi ocjena o izvedenom stanju koja je sastavni dio Završnog izvještaja nadzornog inženjera.

Ispitivanja materijala nužno je raditi u akreditiranim laboratorijima (HRN EN ISO/IEC 17025) kako bi se osigurala kvaliteta rezultata, a time i povećala kvaliteta, trajnost i sigurnost prometnica.

Varaždin, 08.07.2016

Ivica Kovačić

IZJAVA O AUTORSTVU  
I  
SUGLASNOST ZA JAVNU OBJAVU

Završni/diplomski rad isključivo je autorsko djelo studenta koji je isti izradio te student odgovara za istinitost, izvornost i ispravnost teksta rada. U radu se ne smiju koristiti dijelovi tuđih radova (knjiga, članaka, doktorskih disertacija, magistarskih radova, izvora s interneta, i drugih izvora) bez navođenja izvora i autora navedenih radova. Svi dijelovi tuđih radova moraju biti pravilno navedeni i citirani. Dijelovi tuđih radova koji nisu pravilno citirani, smatraju se plagijatom, odnosno nezakonitim prisvajanjem tuđeg znanstvenog ili stručnoga rada. Sukladno navedenom studenti su dužni potpisati izjavu o autorstvu rada.

Ja, IVICA KOVAČIĆ (*ime i prezime*) pod punom moralnom, materijalnom i kaznenom odgovornošću, izjavljujem da sam isključivi autor/ica završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom TERENSKA I LABORATORIJSKA ISPIITIVANJA MATERIJALA PRI IZGRADNJI PROMETNICA te da u navedenom radu nisu na nedozvoljeni način (bez pravilnog citiranja) korišteni dijelovi tuđih radova.

Student/ica:

*(upisati ime i prezime)*

IVICA KOVAČIĆ

I. Kovačić  
(vlastoručni potpis)

Sukladno Zakonu o znanstvenoj djelatnosti i visokom obrazovanju završne/diplomske radove sveučilišta su dužna trajno objaviti na javnoj internetskoj bazi sveučilišne knjižnice u sastavu sveučilišta te kopirati u javnu internetsku bazu završnih/diplomskih radova Nacionalne i sveučilišne knjižnice. Završni radovi istovrsnih umjetničkih studija koji se realiziraju kroz umjetnička ostvarenja objavljuju se na odgovarajući način.

Ja, IVICA KOVAČIĆ (*ime i prezime*) neopozivo izjavljujem da sam suglasan/na s javnom objavom završnog/diplomskog (*obrisati nepotrebno*) rada pod naslovom TERENSKA I LABORATORIJSKA ISPIITIVANJA MATERIJALA PRI IZGRADNJI PROMETNICA čiji sam autor/ica.

Student/ica:

*(upisati ime i prezime)*

IVICA KOVAČIĆ

I. Kovačić  
(vlastoručni potpis)

## 5. Literatura

Zakoni i propisi:

[1.] Opći tehnički uvjeti za radove na cestama (Zagreb 2001)

Norme:

[2.] Određivanje vlažnosti uzoraka tla - (HRN U.B1.012/79)

[3.] Određivanje specifične težine tla - (HRN U.B1.014/68)

[4.] Određivanje zapreminske težine tla - (HRN U.B1.016/68)

[5.] Određivanje granulometrijskog sastava - (HRN U.B1.018/80)

[6.] Određivanje granica konzistencije tla - (HRN U.B1.020/80)

[7.] Određivanje sadržaja sagorljivih i organskih materija tla - (HRN U.B1.024/68)

[8.] Određivanje optimalnog sadržaja vode - (HRN U.B1.038/68)

[9.] Određivanje modula stišljivosti metodom kružne ploče - (HRN U.B1.046/68)

[10.] Ispitivanje ravnosti površine sloja letvom duljine 4 m

[11.] Ispitivanje sloja po visini, položaju i nagibu geodetskim snimanjem.

[12.] Ispitivanje stupnja zbijenosti - (ASTM 1556)

Internet izvori:

[13.] <http://www.hrvatske-ceste.hr/default.aspx?ID=176>



## Popis slika

Slika 1.	Neporemećeni ispitni uzorak .....	5
Slika 2.	Rezanje reprezentativnog dijela .....	5
Slika 3.	Ispitni uzorak u petrijevoj posudi.....	5
Slika 4.	Ohlađeni piknometri s materijalom na 20°C.....	7
Slika 5.	Ispitni uzorak izvađen iz kalupa za određivanje zapreminske težine .....	10
Slika 6.	Linija A- Dijagram plastičnosti.....	16
Slika 7.	Casagrandeov uređaj .....	17
Slika 8.	Casagrandeov uređaj sa ispitnim uzorkom.....	17
Slika 9.	Radni stol - granice plastičnosti .....	17
Slika 10.	Shema zbivanja – 101,6 mm kalup .....	26
Slika 11.	Shema zbivanja - –152,4 mm kalup .....	26
Slika 12.	Shema ispitivanja i elementi .....	29
Slika 13.	Postavljena kružna ploča.....	33
Slika 14.	Postavljena kružna ploča.....	33
Slika 15.	Manometar preše .....	33
Slika 16.	Mjerne urice u položaju ispitivanja.....	33
Slika 17.	Uređeni sloj nasipa od prirodnog šjunka, Varaždin 2006 g. ....	33
Slika 18.	Ispitivanje ravnosti uređenog sloja tampona.....	34
Slika 19.	Terensko ispitivanje stupnja zbijenosti .....	36
Slika 20.	Terensko ispitivanje stupnja zbijenosti .....	36

## SADRŽAJ TABLICA:

Tablica 1.	Popis normi - zemljani radovi .....	2
Tablica 2.	Minimalne mase ispitnih uzoraka – vlažnost tla:.....	4
Tablica 3.	Minimalne mase ispitnih uzoraka – granulometrijski sastav .....	13
Tablica 4.	Minimalne mase ispitnih uzoraka - određivanje optimalnog sadržaja vode	25
Tablica 5.	Izračun modula stišljivosti:.....	31
Tablica 6.	Tablica učestalosti ispitivanja prema elementima.....	44