



## TSC 06.712 : 2002

### MERITVE GOSTOTE

### Nadomestni postopki

---

**Uporaba: neobvezna**

---

**Pripravlil:**

Tehnični odbor za pripravo tehničnih  
specifikacij za javne ceste TO 06.

**Soglasje ministra:**

Soglasje ministra, pristojnega za promet , je bilo  
izdano, dne 12.12.2001, pod št. 2641-6/2001/20-  
0403.

Soglasje ministra, pristojnega za graditev, je bilo  
izdano dne 16. 7. 2001, pod št . 343-9/98.

---

**Ključne besede:**

Gostota, vlaga, nosilnost.

---

**Objava izdaje:**

Sporočila - objave, Slovenski inštitut za standardizacijo, Ljubljana, letnik 5/2002

**Izdajatelj:**

Tehnično specifikacijo za javne ceste je založila in izdala Direkcija Republike Slovenije za ceste.

## VSEBINA

<b>1</b>	<b>Predmet tehnične specifikacije.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>Referenčna dokumentacija.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Pomen izrazov .....</b>	<b>3</b>
<b>4</b>	<b>Fizikalne osnove.....</b>	<b>4</b>
4.1	Meritve gostote .....	4
4.2	Meritve vlažnosti .....	4
<b>5</b>	<b>Postopki za izvajanje meritev.....</b>	<b>4</b>
5.1	Vrste opisanih postopkov.....	4
5.2	Postopek s kalibriranimi valji.....	4
5.2.1	Uporabnost postopka.....	4
5.2.2	Oprema za izvedbo meritev .....	4
5.2.3	Izvedba meritev.....	5
5.2.4	Izračun rezultatov.....	5
5.3	Postopek z nadomeščanjem s peskom za drobnozrnate in srednjezrnate zemljine .....	6
5.3.1	Uporabnost postopka.....	6
5.3.2	Oprema za izvedbo meritev .....	6
5.3.3	Kalibracija .....	7
5.3.3.1	Določitev mase peska v konusu sipalnika .....	7
5.3.3.2	Določitev nasipne gostote peska .....	7
5.3.4	Izvedba meritev – osnovna varianta .....	7
5.3.5	Izvedba meritev – alternativna varianta .....	8
5.3.6	Izračun rezultatov.....	8
5.3.7	Poročilo o preiskavi.....	9
5.4	Postopek z nadomeščanjem s peskom za drobnozrnate, srednjezrnate in grobozrnate zemljine.....	9
5.4.1	Uporabnost postopka.....	9
5.4.2	Oprema za izvedbo meritev .....	9
5.4.3	Kalibracija .....	10
5.4.3.1	Določitev mase peska v konusu sipalnika .....	10
5.4.3.2	Določitev nasipne gostote peska .....	10
5.4.4	Izvedba meritev.....	10
5.4.5	Izračun rezultatov.....	10
5.4.6	Poročilo o preiskavi.....	11
5.5	Postopek z nadomeščanjem z vodo, primeren za grobozrnate zemljine.....	11
5.5.1	Uporabnost postopka.....	11
5.5.2	Oprema za izvedbo meritev .....	11
5.5.3	Kalibracija posod za vodo .....	12
5.5.4	Izvedba meritve.....	12
5.5.4.1	Izvedbe meritve gostote vsega materiala v preskušani plasti.....	12
5.5.4.2	Izvedba meritve gostote materiala v preskušani plasti do določene nazivne velikosti zrn .....	13
5.5.5	Izračun rezultatov.....	14
5.5.5.1	Izračun gostote vsega materiala.....	14
5.5.5.2	Izračun gostote zemljine brez upoštevanja zrn nadmerne velikosti.....	14
5.5.6	Poročilo o preiskavi.....	14

## 1 Predmet tehnične specifikacije

Tehnična specifikacija za ceste TSC 06.712 določa osnove za izvajanje meritev ter za vrednotenje in podajanje rezultatov meritev gostote in vlažnosti zemljin z nadomestnimi postopki.

V TSC 06.712 so opisani nadomestni postopki za izvajanje meritev gostote in vlažnosti zemljin ter nevezanih in s hidravličnimi vezivi vezanih plasti, ki temeljijo na direktnih, to je gravimetričnih meritvah gostote in vlažnosti. Postopki za izvajanje indirektnih meritev gostote in vlažnosti z izotopskim merilnikom so opisani v TSC 06.711.

V cestogradnji so meritve gostote in vlažnosti sestavni del kontrole kakovosti izvedenih zemeljskih del ter del na nevezanih in vezanih plasteh voziščnih konstrukcij. Zaradi enostavne in hitre izvedbe se glavnina meritev gostote in vlažnosti izvaja z indirektnimi postopki z uporabo izotopskega merilnika. Ker pa se pri indirektnih meritvah lahko pojavijo napake, ki so posledica objektivne napake postopka, je praviloma potrebno na vseh značilnih materialih in na vseh značilnih plasteh voziščne konstrukcije meritve z izotopskimi merilniki dopolniti tudi z direktnimi meritvami gostote in vlažnosti z nadomestnimi postopki.

Pri presoji pomembnih rezultatov meritev in v spornih primerih imajo rezultati, pridobljeni z nadomestnimi postopki, prednost pred rezultati meritev, pridobljenimi z izotopskim merilnikom.

Vsebine te TSC ni mogoče tolmačiti in izvajati na takšen način, ki bi preprečeval ali pogojeval ustrezno uporabo gradbenih proizvodov, danih v promet v skladu z zahtevami Zakona o gradbenih proizvodih.

## 2 Referenčna dokumentacija

Tehnična specifikacija TSC 06.712 je zasnovana na naslednji referenčni dokumentaciji:

**ASTM D 2167 – 84** Density and unit weight of Soil in Place by the Rubber balloon Method

**BS1377: Part 2:1990** Soils for civil engineering purposes, Classification tests

**BS1377: Part 4:1990** Soils for civil engineering purposes, Compaction related tests

**BS1377: Part 9:1990** Soils for civil engineering purposes, In situ tests

**TSC 06.711: 2001** Meritve gostote in vlage - Postopek z izotopskim merilnikom

**TSC 06.720: 2001** Meritve in preiskave - Deformacijski moduli vgrajenih materialov

Navedeni TSC sta v postopku za izdajo soglasja MP.

V tehnično specifikacijo TSC 06.712 so z datiranimi referencami vključena določila drugih publikacij. Poznejša dopolnila ali spremembe morajo biti upoštewane, če so vključene z dopolnilom ali revizijo.

## 3 Pomen izrazov

V tej tehnični specifikaciji imajo uporabljeni strokovni izrazi naslednji pomen:

**Delež vlage** (moisture content, Feuchtigkeitsgehalt) pomeni masni delež vode, izražen glede na delež suhe snovi ( m.-% )

**Gostota** (density, Dichte) pomeni maso materiala, vključno z vlago in votlinami, na enoto prostornine ( kg/m<sup>3</sup> ali t/m<sup>3</sup>).

**Izotopski merilnik** (isotope gauge, Isotopensonde) je naprava za nedestruktivno merjenje gostote in vlage gradbenih materialov; v osnovi sestoji iz vira sevanja (gama žarki, hitri nevtroni) in detektorja.

**Kakovost** (quality, Qualität) je stanje neke snovi glede primernosti, da izpolnjuje določene in vnaprej postavljene zahteve.

**Nadomestni postopek** (substitute procedure, Ersatzverfahren) je postopek, pri katerem se gostoto materiala meri tako, da se maso materiala določi gravimetrično s tehtanjem izkopanega materiala, prostornino, ki jo je zavzemal izkopani material, pa se določi z nadomestitvijo izkopanega materiala z drugim – nadomestnim materialom, katerega gostota je točno znana.

**Postopek po Proctorju** (Proctor compaction test, Proctor-Verfahren) je preskus zgoščevanja zemljin ali zmesi kamnitih zrn pod določenimi pogoji za določitev odvisnosti med deležem vlage in gostoto suhega materiala.

**Planum** (formation, Planum) pomeni površino z določenimi predpisanimi značilnostmi kakovosti (višina, ravnost, zgoščenost in podajnost).

**Preskus** (test, Prüfung/Versuch) je tehnično opravilo, s katerim se po točno določenem postopku izvede določitev ene ali več značilnosti obravnavanega izdelka, procesa ali storitve.

**Stopnja zgoščenosti** (compaction degree, Verdichtungsgrad) je razmerje med izmerjeno suho gostoto materiala in maksimalno suho gostoto, določeno po Proctorjevem postopku, izraženo v %.

**Suha gostota** (dry density, Trockenraumdicthe) je masa suhega materiala v enoti prostornine (ki jo zavzema material, vključno z zrakom in/ali z vodo zapolnjenimi porami) ( $\text{kg/m}^3$  ali  $\text{t/m}^3$ ).

**Vlaga** (moisture, Feuchte) je masa vode v enoti prostornine snovi ( $\text{kg/m}^3$  ali  $\text{t/m}^3$ ).

## 4 Fizikalne osnove

### 4.1 Meritve gostote

Meritve gostote zemljine z nadomestnimi postopki temeljijo na merjenju (tehtanju) mase zemljine, izkopane iz temeljnih tal ali vgrajene plasti in prostornine, ki jo je v preiskovani plasti zavzemala izkopana zemljina.

Merjenje prostornine se izvaja z zapolnjevanjem praznine, ki je nastala ob izkopu znane mase zemljine, z nadomestnim materialom, katerega gostota je točno poznana. Najbolj pogosto uporabljena nadomestna materiala za merjenje prostornine sta kalibrirani pesek in voda, uporablja pa se lahko tudi olje ali druge tekočine. Kadar se kot nadomestni material uporablja olje, živo srebro ali kakšen drugačen nadomestni material, ki je nevaren za okolje, so potrebni pri delu ustrezni varovalni ukrepi, da ne pride do izlitja oziroma do onesnaženja okolja s temi materiali.

Pri postopku s kalibriranimi valji je prostornina praznine, nastale z odvzemom znane mase zemljine, določena s prostornino vzorčnega valja.

### 4.2 Meritve vlažnosti

Pri vseh postopkih meritev gostote z nadomestnim postopki se za določanje vlažnosti uporablja gravimetrično določanje vlažnosti s sušenjem izkopanega materiala v

sušilniku pri temperaturi 105 do 110 °C do konstantne mase.

Kadar material vsebuje minerale, ki vsebujejo kemijsko ali elektrokemijsko vezano vodo, ki izstopa iz kristalne rešetke minerala že pri nižjih temperaturah, se za sušenje uporablja temperatura sušenja, ki je nižja od temperature prehoda mineralne faze. Takšen značilen primer predstavljajo, npr., prehodi sadre v polhidrat in anhidrit, ki se pričnejo že pri 40 °C, zelo visoko organske zemljine idr.

## 5 Postopki za izvajanje meritev

### 5.1 Vrste opisanih postopkov

V TSC 06. 712 Meritve gostote – Nadomestni postopki so obravnavani naslednji štiri nadomestni postopki:

- postopek s kalibriranimi valji,
- postopek z nadomeščanjem s peskom, primeren za drobno- in srednjezrnate zemljine,
- postopek z nadomeščanjem s peskom, primeren za drobno-, srednje- in grobozrnate zemljine,
- postopek z nadomeščanjem z vodo, primeren za grobozrnate zemljine.

### 5.2 Postopek s kalibriranimi valji

#### 5.2.1 Uporabnost postopka

Postopek s kalibriranimi valji je uporaben za naravna tla in za umetno nasute in zgoščene plasti vezljivih (kohezivnih) drobnozrnatih zemljin, ki ne vsebujejo grobih zrn.

Prednost postopka s kalibriranimi valji je v hitri in enostavni izvedbi.

Natančnost tega postopka je manjša od natančnosti ostalih postopkov.

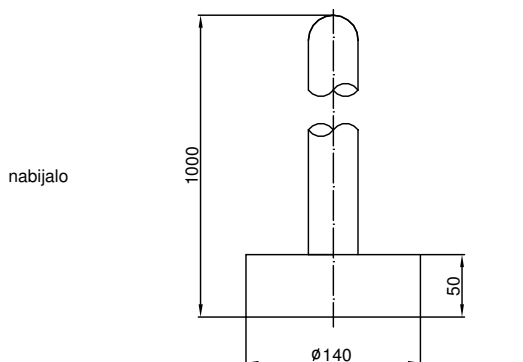
#### 5.2.2 Oprema za izvedbo meritev

Za izvedbo meritev je potrebna naslednja osnovna oprema:

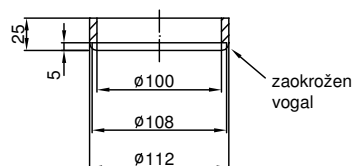
- jekleni kalibrirani valj (slika 1) dolžine 130 mm, z notranjim premerom 100 mm in debelino stene 3 mm; spodnji utrjeni rob valja mora biti obrušen v obliki noža in ojačen; valj mora biti pred uporabo namaščen,
- jekleni valjasti obroč dolžine 25 mm, z notranjim premerom 100 mm in debelino

stene 5 mm, z nastavkom, ki omogoča nastavev na zgornji del kalibriranega valja,

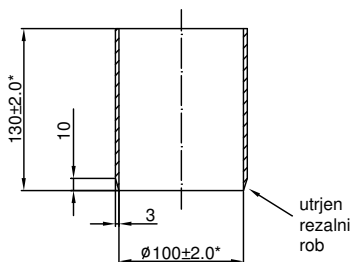
- jekleno nabijalo,
- tehtnica z natančnostjo 1 g,
- ploščati nož (lopatica),
- jekleno ravnilo, graduirano na 0,5 mm,
- orodje, primerno za izkopavanje zemljine in za iztiskanje zemljine iz valja,
- jekleni nož (za ravnanje) z obrušenim robom, priporočljive dolžine 300 mm, širok 25 mm in debel 3 mm,
- oprema, primerna za določanje vlažnosti (po BS 1377: Part 2:1990).



valjasti obroč z nastavkom



kalibrirani valj



\* Vse dimenzije so v milimetrih.

Možna je tudi izvedba valja drugačne oblike ali zasnove, vendar pa morajo biti osnovne zahteve vedno izpolnjene.

Slika 1: Kalibrirani valj za določanje gostote zemljin

### 5.2.3 Izvedba meritev

V sklopu meritev gostote zemljine s kalibriranimi valji je potrebno:

- izračunati (notranjo) prostornino kalibriranega valja  $V_c$  v  $\text{cm}^3$ ; meritve dimenzij valja morajo biti izvedene na 0,5 mm natančno,
- stehtati maso valja  $m_c$  na 1 g natančno,
- izbrati območje površine plasti, na kateri bodo izvedene meritve gostote in jo v kvadratu s stranico cca 300 mm poravnati; odstraniti zemljino, ki je ostala po ravnanju površine; položiti valj na površino, tako da naostreni konec valja – nož – naleže na površino; položiti cilindrični nastavek na zgornji del valja in z nabijalom potiskati valj v zemljino tako dolgo, da bo prosta višina cilindričnega nastavka, ki sega nad površino plasti, le še cca 10 mm,
- pazljivo izkopati valj, tako da bo tudi na spodnjem robu valja del zemljine pod spodnjim robom noža; pazljivo poravnati površino zemljine v valju z jeklenim nožem,
- določiti maso valja z zemljino  $m_z$  na 1 g natančno,
- iztisniti zemljino iz valja in jo shraniti v vodotesno posodo za določitev vlažnosti reprezentativnega preskušanca ( $w$ ), skladno s standardnim postopkom za določanje vlažnosti.

### 5.2.4 Izračun rezultatov

Gostoto naravno vlažne zemljine  $\rho$  je treba izračunati po enačbi:

$$\rho = \frac{m_z - m_c}{V_c}$$

kjer pomeni:

$m_z$  - masa zemljine in valja (g)

$m_c$  - masa praznega valja (g)

$V_c$  - notranja prostornina valja ( $\text{cm}^3$ )

Suho gostoto zemljine  $\rho_d$  je treba izračunati po enačbi:

$$\rho_d = \frac{100 \times \rho}{100 + w}$$

kjer pomeni:

$w$  - vlažnost zemljine (m.-%)

### 5.2.5 Poročilo o preiskavi

V poročilu o preiskavi zemljine je potrebno navesti:

- vrsto uporabljenega postopka,

- gostoto zemljine in gostoto suhe zemljine na najmanj  $0,01 \text{ g/cm}^3$  natančno,
- vlažnost zemljine v m.-%, izraženo na dve mesti natančno
- ostale podatke oziroma opombe, ki so pomembne pri vrednotenju rezultata, kot so: vrsta zemljine, izvor, značilnost plasti, razmere ob izvajanju meritev idr.

V poročilu o preiskavi je tudi potrebno navesti, da je bila preiskava izvedena po tej tehnični specifikaciji.

### 5.3 Postopek z nadomeščanjem s peskom za drobnozrnate in srednjezrnate zemljine

#### 5.3.1 Uporabnost postopka

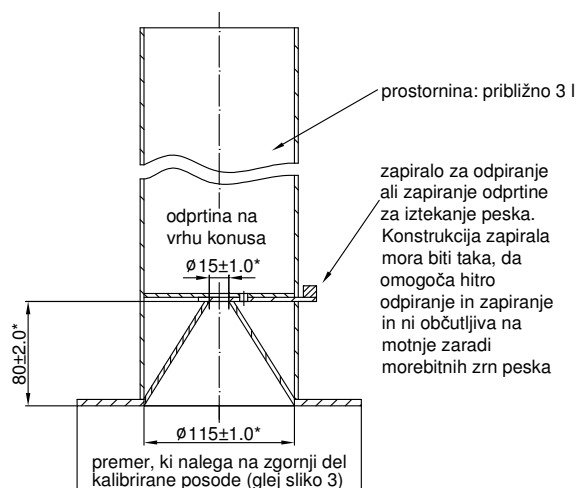
Postopek z nadomeščanjem s peskom (z uporabo sipalnika s premerom 115 mm) je primeren za določanje gostote drobnozrnatih in srednjezrnatih zemljin v plasteh, ki niso debelejše od 150 mm).

Opomba: Pri zrnatih zemljinah brez kohezije, še posebej, če so zelo vlažne, obstoji nevarnost napake, ki je posledica luščenja zrn iz sten izkopa; ta rezultira v višji gostoti od tiste, ki realno nastopa v plasti vgrajene zrnate zemljine.

#### 5.3.2 Oprema za izvedbo meritev

Za izvedbo meritev je potrebna naslednja osnovna oprema:

- sipalnik za pesek, kot je prikazan na sliki 2,



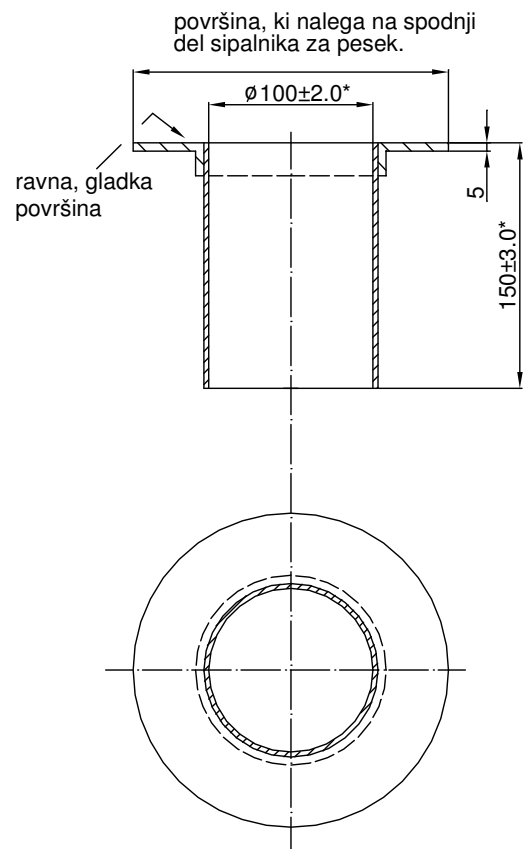
\* Vse dimenzije so v milimetrih.

Možna je tudi izvedba valja drugačne oblike ali zasnove, vendar pa morajo biti osnovne zahteve vedno izpolnjene.

Slika 2: Sipalnik za pesek za določanje gostote drobn- in srednjezrnatih

zemljin

- oprema, primerna za izvedbo izkopa v tleh: jeklena žlica, jeklena palica, zajemalka,
- umerjena valjasta kovinska posoda z notranjim premerom 100 mm in zunanjo višino 150 mm, z nastavkom, širokim 50 mm in debelino cca 5 mm, ki je privarjen na zgornji prosti rob posode (slika 3),



\* Vse dimenzije so v milimetrih.

Možna je tudi izvedba valja drugačne oblike ali zasnove, vendar pa morajo biti osnovne zahteve vedno izpolnjene.

Slika 3: Kalibrirana posoda za uporabo pri kalibriranju sipalnika za pesek za drobnozrnate in srednjezrnate zemljine

- tehničnica z natančnostjo 1 g,
- steklena plošča primerne velikosti; priporočljiva je kvadratna oblika s stranico cca 500 mm in debelino 10 mm,
- metalna posoda ali druge vrste oprema za začasno shranjevanje izkopane zemljine; priporočljiva je posoda kvadratne oblike s stranico 300 mm in višino 40 mm,

- metalna posoda s stranico 300 mm in višino 40 mm, z okroglo odprtino (s premerom 100 mm) v sredini,
- tankostenski kovinski valj z obrušenim robom na spodnjem koncu, visok 130 mm, z notranjim premerom 100 mm in z debelino stene 3 mm; valj je potrebno vzdrževati rahlo namaščen,
- posoda, primerna za shranjevanje in transport zemljine,
- oprema, primerna za določanje vlažnosti (po predpisanem postopku),
- kalibrirani silikatni pesek za nadomeščanje, ki mora zagotavljati stalno, ponovljivo in sledljivo nasipno gostoto; zrnavost peska mora biti takšna, da se 100 m.-% peska preseje skozi sito 600  $\mu\text{m}$  in da 100 m.-% peska ostane na situ 63  $\mu\text{m}$ ; kalibrirani pesek ne sme vsebovati zrn ploščate oblike ter melja, glin ali organskih primesi; pred uporabo mora biti pesek posušen v sušilniku in nato hranjen v nepopolnoma zaprti posodi, da se vlažnost peska uravnoteži z zračno vlago.

Opomba: Za uravnoteženje vlage običajno zadošča 7 dnevno hranjenje. Pred uporabo mora biti pesek premešan. Pesek, ki je po preskusu izkopen iz kontrolnega izkopa v kontrolirani plasti, mora biti pred ponovno uporabo presejan, posušen in ponovno hranjen do uravnoteženja vlage.

### 5.3.3 Kalibracija

#### 5.3.3.1 Določitev mase peska v konusu sipalnika

Za določitev mase peska v konusu sipalnika je potrebno:

- napolniti sipalnik s peskom do višine, ki je približno 15 mm pod zgornjim robom valja in določiti maso valja s peskom  $m_1$  do 1 g natančno; za vsako nadaljnjo kalibracijo je treba uporabiti isto začetno maso peska; odpreti zapiralo in pustiti da izteče prostornina peska, ki je enaka prostornini izkopane praznine ali kalibrirane posode,
- zapreti zapiralo in postaviti sipalnik s preostalim peskom na ravno podlago – na stekleno ploščo,
- ponovno odpreti zapiralo in izpustiti pesek; med tečenjem peska se sipalnik in podstavek ne smeta tresti; ko pesek ne izteka več iz posode, zapreti zapiralo in pazljivo odstraniti sipalnik,
- pazljivo zbrati pesek, ki se je nabral v

konusu sipalnika in ga stehatati do 1 g natančno ( $m_2$ ),

- ponoviti postopek najmanj 3x in izračunati povprečno vrednost mase peska  $m_2$ .

#### 5.3.3.2 Določitev nasipne gostote peska

Za določitev nasipne gostote peska je potrebno:

- položiti prazno posodo na tehtnico in se prepričati, da je zgornji rob posode horizontalen,
- stehatati prazno posodo do 1 g natančno in zabeležiti maso ( $m_5$ ),
- napolniti posodo z vodo, tako da gladina vode doseže natančno zgornji rob posode; za preveritev natančnosti gladine vode je treba postaviti čez rob posode ravnilo in pazljivo dodajati vodo po kapljicah, dokler se gladina ne dotakne spodnjega roba ravnila,
- odstraniti ravnilo in zabeležiti maso posode in vode do 1 g natančno ( $m_6$ ); meritev nekajkrat ponoviti, tako da je povprečna vrednost  $m_6$  zanesljiva,
- prostornina tako kalibrirane posode znaša:

$$V = m_6 - m_5 \text{ (ml)},$$

- sipalnik, ki je napolnjen s peskom (konstantna masa  $m_1$ ), položiti centrično na kalibrirano posodo, odpreti zapiralo in pustiti, da pesek prosto izteka iz sipalnika; vibracije ali tresenje posode ali sipalnika niso dopustne; med postopkom mora kalibrirana posoda stati na večji lovilni posodi, na kateri se bo ujel pesek, ki bo po odstranitvi sipalnika iztekel iz konusa,
- ko pesek ne izteka več, zapreti zapiralo in stehatati sipalnik skupaj s preostalim peskom do 1 g natančno ( $m_3$ ),
- opisani postopek ponoviti vsaj 3x in izračunati povprečno vrednost  $m_3$ .

#### 5.3.4 Izvedba meritev – osnovna varianta

Pri meritvi nasipne gostote po osnovni varianti je potrebno:

- določiti površino plasti, na kateri je predvidena meritev gostote, in jo na površini kvadrata s stranico cca 450 mm poravnati; odstraniti zemljino, ki je ostala po ravnanju površine,
- položiti kovinsko posodo s krožno odprtino na površino, predvideno za meritev gostote; odprtina v posodi naj služi kot okvir za oblikovanje izkopa, ki naj ima premer približno 100 mm in globino cca 150 mm; pazljivo zbrati izkopano zemljino in jo

shraniti v tesno zaprto posodo ter stati na 1 g natančno ( $m_w$ ); paziti, da v izkopu ne ostanejo drobcji izkopyane zemljine,

- odstraniti posodo s krožno odprtino,
- na odprtino postaviti sipalnik, napolnjen s peskom konstantne mase  $m_1$ , tako da spodnji del sipalnika centrično nalega na zgornji del izkopa; odpreti zapiralo in pustiti, da pesek prosto izteka v izkopano jamo; ko pesek ne izteka več, zapreti zapiralo in določiti maso sipalnika s preostalim peskom  $m_4$  do 1 g natančno,
- iz odvzetega vzorca zemljine odvzeti reprezentativni preskušaneec in mu določiti vlago po postopku za določanje vlage ( $w$ ); alternativno je mogoče po določitvi mase izkopyane zemljine ( $m_w$ ) celotno maso zemljine posušiti in določiti maso suhe zemljine ( $m_d$ ).

### 5.3.5 Izvedba meritev – alternativna varianta

Pri alternativni varianti meritev za določitev nasipne gostote je potrebno:

- na poravnano površino plasti, ki jo želimo preiskati, položiti kalibrirani valj in ga pazljivo vtisniti v tla, tako da je zgornji rob valja poravnano s površino plasti,
- izkopati zemljino iz valja do globine cca 120 mm in jo shraniti v nepredušno zaprto posodo ter stati do 1 g natančno ( $m_w$ ),
- na odprtino položiti sipalnik, napolnjen do konstantne mase  $m_1$ , tako da spodnji del sipalnika centrično nalega na zgornji del izkopa; odpreti zapiralo in pustiti, da pesek prosto izteka v valj, iz katerega je bila izkopana zemljina; ko pesek ne izteka več, zapreti zapiralo in določiti maso sipalnika s preostalim peskom  $m_4$  do 1 g natančno,
- iz odvzetega vzorca zemljine odvzeti reprezentativni preskušaneec in mu določiti vlago po postopku za določanje vlage ( $w$ ); alternativno je mogoče po določitvi mase izkopyane zemljine ( $m_w$ ) celotno maso zemljine posušiti in določiti maso suhe zemljine ( $m_d$ ).

### 5.3.6 Izračun rezultatov

Maso peska  $m_a$ , potrebno za napolnitev kalibrirane posode, je treba določiti po enačbi:

$$m_a = m_1 - m_3 - m_2$$

kjer pomeni:

$m_1$  - masa sipalnika s peskom pred polnjenjem

kalibrirane posode (g)

$m_2$  - povprečna masa peska v konusu sipalnika (g)

$m_3$  - povprečna masa sipalnika in peska po izpustu peska v kalibrirano posodo (g)

Nasipno gostoto peska  $\rho_a$  je treba določiti po enačbi:

$$\rho_a = \frac{m_a}{V}$$

kjer pomeni:

$m_a$  - masa peska, potrebna za napolnitev kalibrirane posode (g)

$V$  - prostornina kalibrirane posode ( $\text{cm}^3$ )

Maso peska  $m_b$ , s katerim je bil izveden zasip izkopa, je treba določiti po enačbi:

$$m_b = m_1 - m_4 - m_2,$$

kjer pomeni:

$m_1$  - masa sipalnika in peska pred polnjenjem izkopa (g)

$m_2$  - povprečna masa peska v konusu sipalnika (g)

$m_4$  - masa sipalnika in peska po izpustu peska v izkop (g).

Gostoto naravno vlažne zemljine  $\rho$  je treba izračunati po enačbi:

$$\rho = \frac{m_w}{m_b} \rho_a$$

kjer pomeni:

$m_w$  - masa izkopyane zemljine (g)

$m_b$  - masa peska za zapolnitev izkopa (g)

$\rho_a$  - nasipna gostota peska ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

Suho gostoto zemljine  $\rho_d$  je treba določiti po enačbi:

$$\rho_d = \frac{100 \cdot \rho}{100 + w}$$

kjer pomeni:

$\rho$  - gostota naravno vlažne zemljine ( $\text{g}/\text{cm}^3$ )

$w$  - vlažnost zemljine (m.-%)

ali pa po enačbi :

$$\rho_d = \frac{m_d}{m_b} \rho_a$$

kjer pomeni:



$m_d$  - masa suhe zemljine iz izkopa ( g )  
 $m_b$  - masa peska za zapolnitev izkopa ( g )  
 $\rho_a$  - nasipna gostota peska.

### 5.3.7 Poročilo o preiskavi

V poročilu o preiskavi je potrebno navesti:

- vrsto uporabljenega postopka,
- naravno gostoto in suho gostoto zemljine, izmerjeno in izračunano pri preiskavi na  $0,01 \text{ g/cm}^3$  natančno,
- vlažnost zemljin, zaokroženo na  $0,01 \text{ m.-%}$  natančno,
- ostale podatke oziroma opombe, ki so pomembne pri vrednotenju rezultata, kot so: vrsta in izvor zemljine, značilnost plasti, razmere ob izvajanju meritev idr.

V poročilu o preiskavi je tudi potrebno navesti, da je bila preiskava izvedena v skladu s to tehnično specifikacijo.

## 5.4 Postopek z nadomeščanjem s peskom za drobnozrnat, srednje-zrnat in grobozrnat zemljine

### 5.4.1 Uporabnost postopka

Postopek je uporaben za določanje gostote zemljin, za katere postopek, opisan v tč. 5.3, ni primeren. Postopek predstavlja alternativo postopku, opisanemu v tč. 5.3, s to razliko, da je primeren za preiskave plasti, ki so debelejšje od 150 mm, a tanjšje od 250 mm.

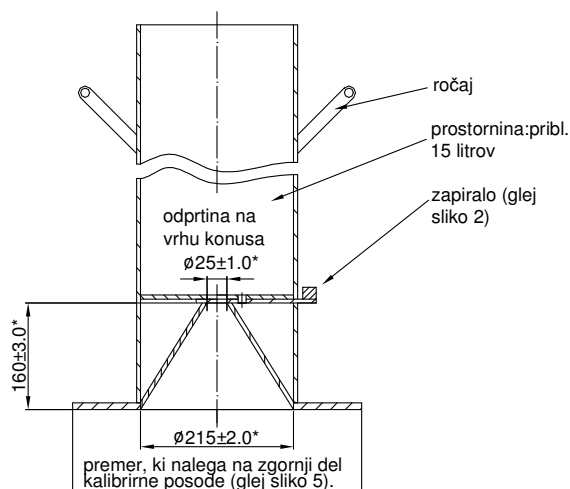
Opomba: Pri zrnatih zemljinah brez kohezije, še posebej, če so močno vlažne, obstoji nevarnost napake, ki je posledica luščenja zrn iz sten izkopa; ta rezultira v višji gostoti od tiste, ki realno nastopa v plasti vgrajene zrnate zemljine. V tem primeru je potrebno za preiskavo izbrati postopek, opisan v tč. 5.5.

### 5.4.2 Oprema za izvedbo meritev

Za izvedbo meritev je potrebna naslednja osnovna oprema:

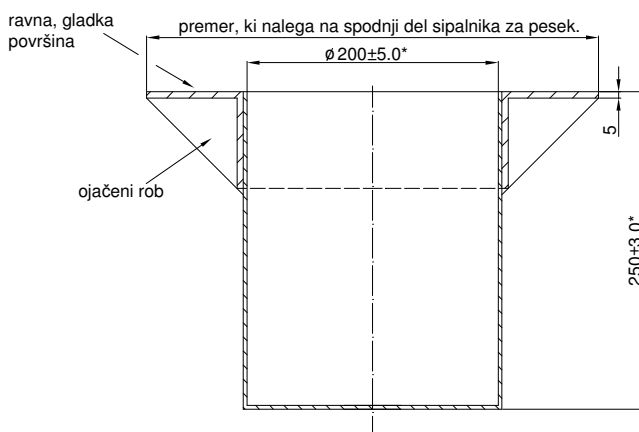
- sipalnik za pesek, kot je prikazan na sliki 4
- oprema, primerna za izvedbo izkopa in odvzem izkopane zemljine iz tal: jeklena žlica, jeklena palica z nabijalno glavo, nabijalno kladivo, zajemalka,
- umerjena valjasta kovinska posoda z notranjim premerom 200 mm in zunanjo višino 250 mm, opremljena z nastavkom, širokim 75 mm in debelim cca 5 mm,

privarjenim na zgornji rob posode, tako da tvori obod na odprtem koncu posode (slika 5),



\* Vse dimenzije so v milimetrih.  
 Možna je tudi izvedba valja drugačne oblike ali zasnove, vendar pa morajo biti osnovne zahteve vedno izpolnjene.

Slika 4: Veliki sipalnik za pesek, primeren za določanje gostote drobn-, srednje- in grobozrnatih zemljin



\* Vse dimenzije so v milimetrih.  
 Možna je tudi izvedba valja drugačne oblike ali zasnove, vendar pa morajo biti osnovne zahteve vedno izpolnjene.

Slika 5: Kalibrirana posoda za uporabo pri kalibriranju sipalnika za pesek za drobn-, srednje- in grobozrnat zemljine

- tehtnica z natančnostjo 10 g,
- steklena plošča primerne velikosti; priporočljiva je kvadratna oblika s stranico

- cca 500 mm in debelino 10 mm,
- metalna posoda ali druge vrste oprema za shranjevanje izkopane zemljine,
- metalna posoda kvadratne oblike s stranico 500 mm in višino 50 mm, z okroglo odprtino s premerom 200 mm v sredini,
- oprema, primerna za določanje vlažnosti po predpisanem postopku,
- kalibrirani silikatni pesek za nadomeščanje, ki mora zagotavljati stalno, ponovljivo in sledljivo nasipno gostoto; zrnavost peska mora biti takšna, da se 100 m.-% peska preseje skozi sito 600  $\mu\text{m}$  in da 100 m.-% peska ostane na situ 63  $\mu\text{m}$ ; kalibrirani pesek ne sme vsebovati zrn ploščate oblike, melja, gline ali organskih primeri; pred uporabo mora biti pesek posušen v sušilniku in nato hranjen v nepopolnoma zaprti posodi, da se vlažnost peska uravnoteži z zračno vlago.

Opomba: Za uravnoteženje vlage običajno zadošča 7 dnevno hranjenje. Pred uporabo mora biti pesek premešan. Pesek, ki je po preskusu izkopen iz kontrolnega izkopa v kontrolirani plasti, mora biti pred ponovno uporabo presejan, posušen in ponovno hranjen do uravnoteženja vlage.

### 5.4.3 Kalibracija

#### 5.4.3.1 Določitev mase peska v konusu sipalnika

Za določitev mase peska v konusu sipalnika je potrebno:

- napolniti sipalnik s peskom znane mase, stehtane do 10 g natančno ( $m_1$ ); za vsako nadaljnjo kalibracijo nato uporabljati isto začetno maso peska; odpreti zapiralo in izpustiti, da izteče količina peska, ki je enaka prostornini izkopane praznine ali kalibrirane posode,
- zapreti zapiralo in postaviti sipalnik s preostalim peskom na ravno podlago – na stekleno ploščo,
- ponovno odpreti zapiralo in izpustiti pesek; med tečenjem peska se sipalnik in podstavek ne smeta tresti; ko pesek ne izteka več iz posode, zapreti zapiralo in pazljivo odstraniti sipalnik,
- pazljivo zbrati pesek, ki se je nabral v konusu sipalnika in ga stehtati do 10 g natančno ( $m_2$ ),
- ponoviti postopek najmanj 3x in izračunati povprečno vrednost  $m_2$ .

#### 5.4.3.2 Določitev nasipne gostote peska

Za določitev nasipne gostote peska je potrebno:

- določiti prostornino kalibrirane posode po postopku, opisanemu v tč. 5.3.3.2,
- sipalnik, ki je napolnjen s peskom (konstantna masa  $m_1$ ), položiti centrično na kalibrirano posodo, odpreti zapiralo in pustiti, da pesek prosto izteka iz sipalnika; tresenje posode ali sipalnika ni dopustno; med postopkom mora kalibrirana posoda stati na večji lovilni posodi, v katero se bo ujel pesek, ki bo po odstranitvi sipalnika iztekel iz konusa,
- ko pesek ne izteka več, zapreti zapiralo in stehtati sipalnik skupaj s preostalim peskom do 10 g natančno ( $m_3$ ),
- opisani postopek ponoviti vsaj 3x in izračunati povprečno vrednost  $m_3$ .

#### 5.4.4 Izvedba meritev

Pri izvajanju meritev gostote je potrebno:

- izmeriti površino plasti, na kateri je predvidena meritev gostote in jo na površini kvadrata s stranico cca 600 mm poravnati; zemljino, ki je ostala po ravnanju površine, pa odstraniti,
- položiti kovinsko posodo z odprtino na površino, predvideno za meritev gostote; odprtina v posodi naj služi kot okvir za obliko izkopa, ki naj ima premer približno 200 mm in globino cca 250 mm; pazljivo zbrati izkopano zemljino in jo shraniti v tesno zaprto posodo ter stehtati do 1 g natančno ( $m_w$ ); paziti, da v izkopu ne ostanejo drobcji izkopane zemljine,
- odstraniti posodo s krožno odprtino,
- na odprtino postaviti sipalnik, napolnjen s peskom konstantne mase  $m_1$ , tako da spodnji del sipalnika centrično nalega na zgornji del izkopa; odpreti zapiralo in pustiti, da pesek prosto izteka v izkopano jamo; ko pesek ne izteka več, zapreti zapiralo in določiti maso sipalnika s preostalim peskom  $m_4$  do 10 g natančno,
- iz odvzetega vzorca zemljine odvzeti reprezentativni preskušanelec in mu določiti vlago po postopku za določanje vlage ( $w$ ); alternativno je mogoče po določitvi mase izkopane zemljine ( $m_w$ ) celotno maso zemljine posušiti in določiti maso suhe zemljine ( $m_d$ ).

#### 5.4.5 Izračun rezultatov

Maso peska  $m_a$ , potrebno za napolnitev kalibrirane posode, je treba določiti po enačbi:

$$m_a = m_1 - m_3 - m_2$$

kjer pomeni:

$m_1$  - masa sipalnika s peskom pred polnjenjem kalibrirane posode (g)

$m_2$  - povprečna masa peska v konusu sipalnika (g)

$m_3$  - povprečna masa sipalnika in peska po izpustu peska v kalibrirano posodo (g).

Nasipno gostoto peska  $\rho_a$  je treba določiti po enačbi:

$$\rho_a = \frac{m_a}{V}$$

kjer pomeni:

$m_a$  - masa peska, potrebna za napolnitev kalibrirane posode (g)

$V$  - prostornina kalibrirane posode (cm<sup>3</sup>)

Maso peska  $m_b$ , s katerim je bil izveden zasip izkopa, je treba določiti po enačbi:

$$m_b = m_1 - m_4 - m_2,$$

kjer pomeni:

$m_1$  - masa sipalnika in peska pred polnjenjem izkopa (g)

$m_2$  - srednja masa peska v konusu sipalnika (g)

$m_4$  - masa sipalnika in peska po izpustu peska v izkop (g).

Gostoto naravno vlažne zemljine  $\rho$  je treba izračunati po enačbi:

$$\rho = \frac{m_w}{m_b} \rho_a$$

kjer pomeni:

$m_w$  - masa izkopane zemljine (g),

$m_b$  - masa peska za zapolnitev izkopa (g),

$\rho_a$  - nasipna gostota peska (g/cm<sup>3</sup>)

Suho gostoto zemljine  $\rho_d$  je treba določiti po enačbi:

$$\rho_d = \frac{100 \cdot \rho}{100 + w}$$

kjer pomeni:

$\rho$  - gostota naravno vlažne zemljine (g/cm<sup>3</sup>)

$w$  - vlažnost zemljine (m.-%)

ali pa po enačbi :

$$\rho_d = \frac{m_d}{m_b} \rho_a$$

kjer pomeni:

$m_d$  - masa suhe zemljine iz izkopa (g)

$m_b$  - masa peska za zapolnitev izkopa (g)

$\rho_a$  - nasipna gostota peska (g/cm<sup>3</sup>)

.

#### 5.4.6 Poročilo o preiskavi

V poročilu o preiskavi je potrebno navesti:

- vrsto uporabljenega postopka,
- naravno gostoto in suho gostoto zemljine, izmerjeno in izračunano pri preiskavi do 0,01 g/cm<sup>3</sup> natančno,
- vlažnost zemljine, zaokroženo na 0,01 m.-% natančno,
- ostale podatke oziroma opombe, ki so pomembne pri vrednotenju rezultata, kot so: vrsta in izvor zemljine, značilnost plasti, razmere ob izvajanju meritev.

V poročilu o preiskavi je potrebno navesti, da je bila preiskava izvedena v skladu s to tehnično specifikacijo.

### 5.5 Postopek z nadomeščanjem z vodo, primeren za grobozrnate zemljine

#### 5.5.1 Uporabnost postopka

Postopek je uporaben za določanje gostote grobo zrnatih zemljin, ki se nahajajo v naravnih tleh ali v umetno nasutih in zgoščenih plasteh in pri katerih ostali postopki niso primerni zaradi težav pri vzdrževanju stabilnih sten izkopa.

Določitev gostote zemljin se lahko izvede na dva načina:

- kot določitev gostote za celotno maso zemljine iz izkopanega prostora
- kot določitev gostote zemljine izbrane zrnivosti, praviloma ne manjše od 0/32 mm oziroma 0/63 mm.

#### 5.5.2 Oprema za izvedbo meritev

Oprema za izvajanje meritev je odvisna od vrste

zemljine, predvsem od velikosti zrn v zemljini, ki se preiskuje. Osnovna oprema obsega:

- togi valjasti obroč, visok cca 100 mm za premera do 500 mm in cca 200 mm za večje premere; obroč mora imeti nastavke, ki omogočajo pričvrstitev na planum podlage, npr. kovinske zatiče, mozničke ipd.; premer obroča mora biti nekajkrat večji od premera največjega zrna v zemljini

Opomba: Praviloma mora biti premer obroča 5 x večji od premera največjega zrna zemljine v plasti, ki se preskuša. Velikosti obročev so praviloma med 500 in 2500 mm. Obroči, ki so večji od 500 mm, se praviloma sestavijo iz več lokov, ki se nato na mestu preskusa sestavijo v obroč in pričvrstijo na planum.

- ravnilo ustrezne dolžine, prilagojene premeru obroča,
- vodno tehtnico primerne dolžine za uravnavo obroča,
- merni okvir ali drugo obliko merne naprave, ki sestoji iz ustreznega stojala ali okvirja z merno skalo in nastavljivim kazalom, ki ga je možno fiksirati na stalno mesto, odstraniti in nato ponovno namestiti na popolnoma isto mesto na obroču ali ob obroču

Opomba: Pri majhnih mernih obročih je lahko kazalo nameščeno na nosilec, ki je opremljen s posebnimi nogami, s katerimi se ga vpne v tla na zunanji strani mernega obroča. V tem primeru ostane kazalo na stalnem mestu ves čas izvajanja preiskave. Pri velikih obročih pa je zaželeno, da je merni okvir nekoliko daljši od premera obroča, tako da ga je možno položiti na obroč in označiti točno mesto naleganja. V tem primeru je kazalo nameščeno na sredini mernega okvirja.

- kalibrirane posode za vodo različnih izmer; vsaka posoda mora biti opremljena s kazalom za prostornino in izpustno cevjo za vodo, opremljeno z ventilom; kazalo prostornine mora biti jasno označeno in mora omogočati natančnost odčitkov 0,3 % prostornine kontrolnega izkopa,
- opremo, primerno za izvedbo izkopa in odvzem izkopane zemljine iz tal: jeklena žlica, jeklena palica z nabijalno glavo, nabijalno kladivo, lopata, kramp, zajemalka,
- tehtnico z natančnostjo 100 g,
- posodo ali druge vrste opremo za shranjevanje izkopane zemljine,
- črpalko, posodo in ustrezne cevi za praznjenje preskusnega izkopa,
- ustrezno posodo in pribor za pripravo mavčne paste,
- opremo, primerno za določanje gostote velikih kamnitih zrn (če je to potrebno),
- opremo, primerno za določanje vlažnosti,
- kontrolna sita, če je to potrebno,
- gibljive plastične membrane ustrezne debeline, da ne pride do preboda z zrni

zemljine in dovolj fleksibilne, da se lepo oprimejo sten izkopa ob polnjenju z vodo,

Opomba: Polietilenske membrane, debele 0,1 mm in oblike kvadrata velikosti 2 – 4 m, so primerne za obroč premera do 1,5 m. Za obroč s premerom do 0,5 m se lahko uporabijo že izdelane polietilenske vreče z debelino stene do 0,1 mm. Za velike obroč s premerom nad 1,5 m so primerne membrane, debele 0,2 mm in oblike kvadrata velikosti 6 do 8 m.

- mavec ali drugačen hitro vezoči material,
- čista voda.

### 5.5.3 Kalibracija posod za vodo

Vsaka posoda za vodo, opremljena z graduirano skalo za merjenje prostornine in z izpustno cevjo in ventilom, mora biti kalibrirana. Posodo je treba postaviti na ravno podlago in jo napolniti s čisto vodo do zgornjega robu graduirane skale. Nato je treba odpreti ventil in izpuščati vodo v posamezne posode zaporedoma, tako kot upada gladina vode v posodi za vodo.

S tehtanjem ali z merjenjem prostornine v ustrezni kalibrirani posodi je treba določiti prostornino izpuščene vode v vsaki lovilni posodi. Na graduirani skali vsake posode za vodo je treba označiti dejansko izmerjeno prostornino, ki je na ta način umerjena.

### 5.5.4 Izvedba meritve

#### 5.5.4.1 Izvedbe meritve gostote vsega materiala v preskušani plasti

Za izvedbo meritve je potrebno:

- izbrati obroč ustrezne velikosti, tako da je premer obroča cca 5x večji od premera največjega zrna zemljine v plasti,
- pripraviti gladko ravno podlago na planumu plasti, ki jo želimo preiskati; odstraniti je treba vse drobce zemljine s površine,
- pripraviti mavčno ali drugo hitro vezočo pasto, poskusno položiti obroč na planum in označiti mesto naleganja; odstraniti obroč in označeno mesto prekriti s tanko plastjo vezivne paste, nanjo položiti obroč in ga pritrditi v tla; odstraniti vso odvečno pasto, ki se je iztisnila izpod obroča,
- naravnati merilnik v mernem stojalu, tako

da se bo merno stojalo lahko odstranilo z območja meritve in da se bo kazalo lahko pritrdilo na povsem isto mesto pod robom obroča po ponovni vrnitvi na območje meritve; odstraniti merno stojalo,

- izbrati ustrezno membrano, preveriti, če je nepoškodovana, jo razgrniti čez merni obroč in pazljivo namestiti v obroč; ponovno namestiti merni okvir in naravnati kazalo,

preskusu, pronical skozi membrano, je potrebno preskus ponoviti.

#### **5.5.4.2 Izvedba meritve gostote materiala v preskušani plasti do določene nazivne velikosti zrn**

Za izvedbo meritve je potrebno:

- napolniti prostor v obroču z vodo iz kalibrirane posode z vodo; med polnjenjem paziti, da se membrana lepo in tesno prilega steni in opazovati, ali ne prihaja morda do pronicanja vode skozi membrano; gladina vode v obroču naj doseže višino kazala v mernem okvirju; zabeležiti količino vode  $R_i$  v litrih,
- odstraniti merni okvir in pritrditi kazalo; odstraniti vodo in plastično membrano in preveriti, ali je planum podlage suh; v primeru, da so opazni znaki puščanja vode, je treba preskus ponoviti,
- pričeti z izkopom zemljine; pri izvajanju izkopa paziti, da se obroč ne premakne ali da se zemljina pod obročem ne spodkoplje; velikih zrn oziroma blokov kamnine ne poskušati izkopati iz sten izkopa; oblikovati stene izkopa tako, da bodo čim bolj gladke; globina izkopa naj bo približno enaka njegovemu premeru, razen v izjemnih primerih, če se preverja gostoto na točno določeni globini pod planumom,
- vso izkopano zemljino shraniti v ustrezne tesne posode za kasnejšo določitev mase in vlažnosti; masa vse izkopane zemljine je  $m_w$ ,
- izbrati ustrezno membrano in preveriti, da ni poškodovana; membrano položiti čez obroč in jo nato pazljivo spustiti v izkopano jamo; ponovno namestiti merni okvir,
- napolniti jamo z vodo iz kalibrirane posode; med polnjenjem občasno odmakniti zgornji rob membrane od stene izkopa, tako da se med polnjenjem izkopane jame z vodo membrana lepo oprime sten izkopa,
- vodo dolivati, dokler gladina ne doseže višine kazala na mernem stojalu; ko gladina vode doseže kazalo, opazovati stanje gladine nekaj minut in se prepričati, da ne prihaja do pronicanja vode skozi membrano; izmerjena prostornina mora biti v mejah 0,1 % celotne merjene prostornine  $R_i$ , zabeležena v litrih,
- odstraniti merni okvir, izčrpati vodo, odstraniti membrano in preveriti, ali je prišlo med preiskavo do prepuščanja vode skozi membrano; če je del vode, uporabljen pri
- izbrati obroč ustrezne velikosti, tako da je premer obroča cca 5x večji od premera največjega zrna zemljine v plasti,
- pripraviti gladko ravno podlago na planumu plasti, ki jo želimo preiskati; odstraniti vse drobce zemljine s površine,
- pripraviti mavčno ali drugo hitro vezočo pasto, poskusno položiti obroč na planum in označiti mesto naleganja; odstraniti obroč in označeno mesto prekriti s tanko plastjo vezivne paste, nanjo položiti obroč in ga pritrditi v tla; odstraniti vso odvečno, ki se je iztisnila izpod obroča,
- naravnati merilnik v mernem stojalu, tako da se bo merno stojalo lahko odstranilo z območja meritve in da se bo kazalo lahko pritrdilo na povsem isto mesto pod robom obroča po ponovni vrnitvi na območje meritve; odstraniti merno stojalo,
- izbrati ustrezno membrano, preveriti, če je nepoškodovana, jo razgrniti čez merni obroč in pazljivo namestiti v obroč; ponovno namestiti merni okvir in naravnati kazalo,
- napolniti prostor v obroču z vodo iz kalibrirane posode; med polnjenjem paziti, da se membrana lepo in tesno prilega steni in opazovati, ali prihaja morda do pronicanja vode skozi membrano; gladina vode v obroču naj doseže višino kazala v mernem okvirju; zabeležiti količino vode  $R_i$  v litrih,
- odstraniti merni okvir in pritrditi kazalo; odstraniti vodo in plastično membrano in preveriti, ali je planum podlage suh; v primeru, da so opazni znaki puščanja vode, je treba preskus ponoviti,
- pričeti z izkopom zemljine; pri izvajanju izkopa paziti, da se ne premakne obroč ali da se ne spodkoplje zemljine pod obročem; velikih zrn oziroma blokov kamnine ne poskušati izkopati iz sten izkopa; oblikovati stene izkopa tako, da bodo čim bolj gladke; globina izkopa naj bo približno enaka njegovemu premeru, razen v izjemnih primerih, če se preverja gostoto na točno določeni globini pod planumom,
- vso izkopano zemljino shraniti v ustrezne tesne posode za kasnejšo določitev mase

in vlažnosti; masa vse izkopane zemljine je  $m_w$ ,

- iz stehane izkopane zemljine odstraniti vsa zrna, ki so večja od izbrane mejne velikosti; po potrebi uporabiti sita normiranih dimenzij; zabeležiti maso zrn velikosti nad izbrano mejo  $m_s$  v kilogramih,
- na preostali izkopani zemljini, iz katere so bila odstranjena nadmerna zrna, določiti vlago  $w_p$ ,
- določiti gostoto zemljine na enega od navedenih dveh načinov:
  - v izkop namestiti membrano in po namestitvi membrane vrniti v izkopano jamo vsa nadmerna zrna; paziti, da se z njimi ne poškoduje membrane; namestiti merni okvir, pritrditi kazalo višine in napolniti izkop z vodo iz kalibrirane posode; zabeležiti volumen  $R_p$ ,
  - v celoti izvesti postopek polnjenja izkopa z vodo, kot je opisan v tč. 5.5.4.1; prostornino nadmernih zrn določiti v laboratoriju po predpisanem postopku potapljanja zrn v vodo ali z izračunom prostornine zrn, upošteva je njihovo specifično gostoto.

## 5.5.5 Izračun rezultatov

### 5.5.5.1 Izračun gostote vsega materiala

Prostornino izkopa  $V_i$  (v  $m^3$ ) je treba izračunati po enačbi:

$$V_i = \frac{R_t - R_i}{1000}$$

kjer pomeni:

$R_t$  – celotna prostornina vode v izkopu in v obroču (l)

$R_i$  – prostornina vode v obroču (l)

Gostoto naravno vlažne zemljine  $\rho$  je treba izračunati po enačbi:

$$\rho = \frac{m_v}{V_i}$$

kjer pomeni:

$m_w$  - masa izkopane zemljine (kg),

$V_i$  - prostornina izkopa ( $m^3$ )

Suho gostoto zemljine  $\rho_d$  je treba določiti po enačbi:

$$\rho_d = \frac{100 \cdot \rho}{100 + w}$$

kjer pomeni:

$\rho$  - gostota naravno vlažne zemljine ( $kg/m^3$ )

$w$  - vlažnost zemljine (m.-%)

### 5.5.5.2 Izračun gostote zemljine brez upoštevanja zrn nadmerne velikosti

Kadar so nadmerna zrna vrnjena v izkop, je treba suho gostoto naravno vlažne zemljine  $\rho_{dp}$  izračunati po enačbi:

$$\rho_{dp} = \left( \frac{m_w - m_s}{R_p - R_i} \right) \left( \frac{100}{100 + w_p} \right)$$

kjer pomeni:

$m_w$  - masa izkopane zemljine (kg),

$m_s$  - masa prekomernih zrn (kg)

$R_p$  - prostornina vode v izkopu z nadmernimi zrn

$R_i$  - prostornina vode v obroču

$w_p$  - vlažnost zemljine po odstranitvi nadmernih zrn (m.-%)

V primeru, ko je prostornina nadmernih zrn določena v laboratoriju ali z izračunom, je treba izračunati suho gostoto naravno vlažne zemljine  $\rho_{dp}$  po enačbi:

$$\rho_{dp} = \left( \frac{m_w - m_s}{V_i - V_s} \right) \left( \frac{100}{100 + w_p} \right)$$

kjer pomeni:

$m_w$  - masa izkopane zemljine (kg),

$m_s$  - masa prekomernih zrn (kg)

$V_i$  - prostornina vode v izkopu z nadmernimi zrn (l)

$V_s$  - prostornina vode v obroču (l)

$w_p$  - vlažnost zemljine po odstranitvi nadmernih zrn (m.-%)

### 5.5.6 Poročilo o preiskavi

V poročilu o preiskavi je potrebno navesti:

- vrsto uporabljenega postopka,
- naravno gostoto in suho gostoto zemljine, izmerjeno in izračunano pri preiskavi do  $0,01 \text{ g/cm}^3$  natančno,
- vlažnost zemljine do 0,5 m.-% natančno,
- velikost zrn zemljine, za katero je bila določena gostota,
- sestavo zrnivosti (po potrebi),

- 
- velikost izkopa,
  - postopek izračuna prostornine nadmernih zrn, če ta niso bila vrnjena v izkop.

V poročilu o preiskavi je tudi potrebno navesti, da je bila preiskava izvedena v skladu s to tehnično specifikacijo.

Ljubljana, februar 2002