

Cvičení z Hydropedologie (V) a Pedologie (Z)

Laboratorní cvičení č.1

Stanovení čáry zrnitosti (1-3) a měrné hmotnosti (4).

Úkoly:

- stanovte čáru zrnitosti pro předložený půdní vzorek, určete procentuální zastoupení jednotlivých frakcí (jíl, prach a písek) a půdu zaříd'te dle množství I. kategorie (dle Nováka) a podle trojúhelníkového diagramu zrnitosti půd (NRSC-USDA).
- stanovte měrnou hmotnost pro předložený půdní vzorek pomocí pyknometru
- výsledky zahrňte do Zprávy o půdních charakteristikách

Čára zrnitosti je součtová čára, která vypovídá o hmotnostním zastoupení dle velikosti zrn (nepřímo o velikosti pórů), určuje hmotnostní podíl vzorku půdy menší než velikost zrna d.

Měrná hmotnost je vlastní hustota zrn zeminy (půdy) – bez pórů

podrobný výklad teorie a přehled použitých metod naleznete v přednáškách on-line: *Půdní textura a Charakteristiky pórovitého prostředí* (Hydropedologie nebo Pedologie) na webu K143

Upozornění: Vzhledem k povaze prací jsou výše uvedené úkoly členěny do kroků v pořadí 1, 2+4 a 3

1. Čára zrnitosti – mechanická příprava půdního vzorku pro zrnitostní rozbor

čáru zrnitosti budeme stanovovat kombinací dvou metod – sedimentace a prosévání

princip metody: pro všechny metody zrnitostních rozborů, které jsou založeny na principu sedimentace částic je nutná standardní příprava vzorku před analýzou.

pomůcky: síto o průměru ok 2 mm, záchytná miska pod síto, třecí miska, varná nádoba, hexametfosforečnan sodný, stojan s plynovým kahanem, ev. třecí tyčinka, odměrný válec nebo kádinka 100 ml, destilovaná voda,

pracovní postup:

v pedologii nás především zajímá textura jemnozemě, proto se nebudeme zabývat složením skeletu, ten je důležitý například v geotechnice a stanovuje se proséváním na sítích jemnozemi je v pedologii uvažována zemina kde všechny částice jsou menší než 2 mm

Půdní hmotu (cca 100 g) vysušenou při laboratorní teplotě 20 °C rozdružíme třením (nikoliv tlučením) v třecí misce. Získaný materiál umístíme na síto 2 mm nad záchytnou miskou a třepáním oddělíme částice nad 2 mm (půdní skelet) a pod 2 mm (jemnozem)

Ze záchytné misky navážíme 40 g jemnozemě (zrna menší než 2 mm). Pro pozdější výpočty přepočteme naváženou hmotnost jemnozemě na sušinu (sušenou při 105 °C).

$$s = \frac{j}{w+1} \text{ (g)}$$

j – navážená jemnozem (sušená při laboratorní teplotě 20 °C) (g)

s – navážka zeminy k zrnitostní analýze přepočtená na sušinu (g)

w – hmotnostní vlhkost zbývající v jemnozemi při 20 °C (g g^{-1})

Dále si také navážíme do hliníkové váženky 10 g jemnozeme pro pozdější zjištění hmotnostní vlhkosti w .

$$w = \frac{m - m_s}{m} \quad (\text{g g}^{-1})$$

m – celková hmotnost jemnozeme (včetně vody)

m_s – hmotnost jemnozeme vysušené na 105 °C po 24 hodinách

40 g jemnozeme umístíme do varné nádoby a zalijeme 40 ml dispergačního činidla z kádinky (hexametrafosforečnan sodný s příměsí uhličitanu sodného) a 100 ml destilované vody. Suspenzi vaříme na mírném plameni cca 15 minut. Po částečném zchladnutí se jemná frakce suspenze přemístí do odměrného litrového válce postupným promýváním stříčkou. Pro dokonalé rozpojení půdních mikroagregátů je třeba vzorek dokonale rozetřít a dekantačně vpravovat do válce. Pro rychlejší vyrovnání teplot můžeme použít k dolití válce na objem 1000 ml zchlazenou destilovanou vodu. Písčité složky ve varné nádobě umístíme do sušárny a sušíme při 105 °C. Usušený písčítý podíl se dále zpracovává proséváním (viz 3).

2. Zrnitostní rozbor hustoměrnou metodou podle Casagrande.

princip metody:

hustoměrný zrnitostní rozbor spadá do skupiny metod nepřímých, založených na sledování kontinuální neopakované sedimentace standardně připraveného půdního vzorku podle Stokesova zákona. Všechna měření hustoty suspenze se provádějí v odměrném válci speciálním hustoměrem v daných časových intervalech během téhož usazovacího procesu. Poklesy hustoty suspenze se měří hustoměrem se stupnicí s rozsahem 1.000-1.030. Spodní hranice hustoměru vymezuje maximální koncentrace zeminných suspenzí, ve kterých ještě není platnost Stokesova zákona omezena vzájemnými interakcemi částic. Hustoměr měří hustotu suspenze v rozmezí válcového rozšíření (těla) hustoměru, pro praktické účely se při výpočtu průměru zrn uvažuje jako sedimentační dráha střední hloubka pod povrchem suspenze. Teorie hustoměrné metody je poměrně obsáhlá, proto je uveden jen postup rozboru.

pomůcky: odměrný válec s objemem 1 litr se suspenzí zeminy včetně dispergačního činidla, speciální míchadlo, hustoměr, teploměr, stopky

pracovní postup: suspenze připravená danou metodou (viz 1) s odpovídajícím množstvím dispergačního činidla (1 ml činidla / 1 g zeminy) se bezprostředně před začátkem hustoměrného rozboru dokonale promíchá. Míchat je třeba důkladně, ale pouze k hladině suspenze, aby se vypoříváním míchadla nezpěnil povrch suspenze.

Po dokonalém zamíchání změříme teplotu suspenze teploměrem a po odložení teploměru do záchytné misky, suspenzi znovu zamícháme.

Ukončení míchání a okamžité vyjmutí míchadla je počáteční čas t_0 , od kterého bude úbytek částic při sedimentačním procesu ve válci průběžně sledován hustoměrem. Časy měření od tohoto počátku jsou: 30 s, 1 min, 2 min, 5 min, 10 min (dále například 25 min, 50 min a 75 min). Delší časy odpovídají měření hustoty pro jemnější částice (větší a těžší částice sedimentují dříve).

První klidné a plynulé vnoření (nikoliv vhození) hustoměru do analyzované suspenze musí být provedeno ihned po domíchání zemité suspenze, kdy se začíná sledovat čas analýzy, aby byl hustoměr ustálen pro první odečítání hustoty ve 30 s. Čteme horní meniskus hustoměru. Hustota zemité suspenze se odečítá na horním vzlínajícím meniskovém okraji na stopce hustoměru, protože spodní úroveň menisku, která je směrodatná pro průhledné kapaliny, nelze v kalné zbarvené suspenzi

korektně odečíst. Při měření zaznamenáváme na hustoměru jen tisíce R = ($\rho \cdot 1000 - 1000$), tj. 5.2, 15, 30 nikoliv 1.0052, 1.015, 1.030.

Získané hustoměrné hodnoty budou po stanovení měrné hustoty zemin vyhodnoceny vzorci, založenými na platnosti Stokesova zákona. Naměřené hodnoty hustoty pro příslušné časy měření upravíme o meniskovou korekci ($c = 0.5$).

výpočet: Procentuální zastoupení hmotnostního podílu částic menších, než je spočtený průměr zrn v daném čase měření hustoty se spočte podle vzorce

$$O = \frac{100}{s} \frac{\rho_s}{\rho_s - 1} (R + c + m) \quad (\% \text{ hm.})$$

kde

O – poměrný obsah částic v daném čase měření (% hm.)

s – navážka zeminy k zrnitostní analýze přepočtená na sušinu (g)

ρ_s – měrná hmotnost zeminy (g cm^{-3}) (použijte hodnotu stanovenou pyknometrem (g cm^{-3}))

R – čtení na hustoměru

c – menisková korekce

m – teplotní korekce ($m = 0.0055T^2 - 0.0373T - 1.44$), kde T – teplota suspenze ($^{\circ}\text{C}$)

Velikost zrna D odpovídající vypočtenému hmotnostnímu podílu (Stokesův zákon)

$$D = 10 \sqrt{\frac{18\eta H}{gt(\rho_s - \rho_o)}}$$

D – průměr zrna (mm)

η – dynamická viskozita tekutiny (vody) ($\eta = 0.017e^{-0.025T}$) ($\text{g s}^{-1} \text{cm}^{-1}$)

ρ_s – měrná hmotnost zeminy (g cm^{-3}) (použijte hodnotu stanovenou pyknometrem)

ρ_o – měrná hmotnost vody (g cm^{-3}) ($\rho_o = -5.10^{-6} T^2 - 5.10^{-6} T + 1$)

H – odpovídající hloubka hustoměru v suspenzi (cm)

(H je počítáno pro konkrétní hustoměr, použijte soubor: kalibrace hustoměru Casagrande)

R – čtení na hustoměru

g – gravitační zrychlení (981 cm s^{-2})

t – čas měření (s), v – usazovací rychlost (cm s^{-1}), T – teplota suspenze ($^{\circ}\text{C}$)

Zjištěné poměrné podíly částic o daném průměru budou vyneseny ve formě součtové čáry v semilogaritmickém měřítku jako čára zrnitosti. Písečné podíly analyzované jemnozeme oddělené promýváním budou po usušení stanoveny proséváním.

3. Stanovení písečných podílů zemin

Princip metody: Vymyté písečné podíly analyzovaných zemin se po vysušení a zvažení separovaných frakcí vynesou v % hmotnostních do součtové zrnitostní čáry.

potřeby: miska, arch filtračního papíru, síta, váhy, prosévací stroj.

pracovní postup:

Před začátkem nepřímého zrnitostního rozboru se z navážky preparované rozpojené zeminy postupným sléváním jemných podílů suspenze do sedimentačního válce vyčlení hrubší frakce, která sedimentuje ke dnu misky (zde se jedná o varnou nádobu). Písečný zbytek je promýván stříčkou tak dlouho, až je slévaná fáze zcela čirá a sedimentační válec je slévanou tekutinou doplněn na objem 1 litr.

Vymytá zbylá písčítá zrna zbavená jemných podílů se po vysušení rozdělí přímou analýzou na sítěch s oky (1.25 mm, 0.8 mm, 0.5 mm, 0.25 mm a 0.1 mm). Sestavíme sadu sít na sebe od největšího oka síta nahoře po nejmenší oko síta dole. Pod sadu sít umístíme zachytnou misku. Na horní síto vsypeme usušený písčítý podíl a celou sestavu umístíme do prosévacího stroje. Na sestavu přiklopíme víko a pomocí šroubových tyčí pevně ukotvíme. Poté zapneme prosévací stroj přibližně na 5 minut. Po prosetí zastavíme stroj, síta rozebereme, písčíté podíly jednotlivě vsypeme na filtrační papír a postupně zvážíme. Zvážené podíly se vyjádří v % hmotnostních k původní navážce na zrnitostní analýzu.

výpočet:

$$p_i = \frac{m_i}{s} * 100 \quad (\% \text{ hm.})$$

kde

p_i je procento zrn zachycené na i-tém sítu (% hm.)

m_i je hmotnost frakce zachycené na i-tem sítu (g)

s – navážka zeminy k zrnitostní analýze přepočtená na sušinu (g)

celkový součtový procentní podíl stanovujeme odečítáním od 100 % od nejhrubší frakce 2 mm = 100 % po nejjemnější (nad 0.1 mm)

$$P_i = 100 - \sum_1^i p_i$$

kde

P_i je celkové procento zrn zachycené na sítěch 1 až i (% hm.)

p_i je procento zrn zachycené na i-tém sítu (% hm.)

4. Stanovení měrné hmotnosti (ρ_s) pevných částic

princip metody: z připraveného porušeného půdního vzorku se vážením v pyknometru zjistí objem pevné fáze (bez pórů)

potřeby: pyknometr (100 cm³), porcelánová miska, nálevka se stojanem, stříčka, váhy s přesností 0.01 g, skleněná tyčinka, propichovací drátek

pracovní postup: navážených 10 g zeminy (j_p) se v porcelánové misce krátce povaří v 10 ml roztoku hexametafosforečnanu sodného a po vychladnutí se zemina opatrně převede sestříknutím pomocí nálevky do pyknometru. Po vytemperování na 20 °C se pyknometr uzavře tak, aby v celém systému včetně kapiláry v zátce nebyl uzavřen vzduch. Pyknometr se po pečlivém usušení zváží. Stejně se vytemperuje a zváží tentýž pyknometr naplněný 90 ml destilované vody a 10 ml roztoku hexametafosforečnanu sodného. Při práci je třeba postupovat velmi pečlivě, pod pyknometr se při práci podkládá skleněná miska k zachycení eventuálních uniklých zrn zeminy.

Za průměrnou hodnotu měrné hmotnosti pevných částic se v našich podmínkách považuje 2.65 g cm⁻³ (křemen – SiO₂). Nižší hodnoty ukazují na vysoký obsah humusu nebo rašeliny, výrazné zvýšení pak vykazují zeminy s vysokým obsahem sloučenin železa a manganu (např. půdy vzniklé na sopečném substrátu).

výpočet:

$$V = a + m - b \quad (\text{cm}^3)$$

$$\rho_s = \frac{m}{V} = \frac{m}{a + m - b} \quad (\text{g cm}^{-3})$$

kde:

V – objem zeminy (cm^3), m – hmotnost vzorku zeminy přepočtená na sušinu (g),

$$m = \frac{j_p}{w+1}, j_p - \text{navážená jemnozem (g), } w - \text{hmotnostní vlhkost v jemnozemi při } 20 \text{ }^\circ\text{C (cm}^3 \text{ cm}^{-3}\text{)}$$

a – hmotnost pyknometru s destilovanou vodou (g),

b – hmotnost pyknometru se suspenzí zeminy (g).

Pro destilovanou vodu o teplotě 20 °C uvažujeme měrnou hustotu 1 g cm⁻³. Výsledky se udávají s přesností na setiny a jsou vždy průměrem nejméně dvou, lépe však tří a více stanovení.

5. Čára zrnitosti – laserová difrakce a sonikace

princip metody: pomocí laserové difrakce se změří velikost jednotlivých zrna a následně zatřídí

Měření je založeno na Mieho teorii rozptylu světla („light scattering“), přístroj je vybaven červeným ($\lambda = 633 \text{ nm}$) a modrým ($\lambda = 466 \text{ nm}$) laserem, který prochází skrze vzorek v tekutině. Vlivem částic dojde k rozptýlení světelného paprsku, rozptyl světla je následně zachycen a analyzován. Pro dopočítání velikosti částice, která způsobila konkrétní rozptýlení světelných paprsků je nutné znát světelné vlastnosti rozpouštědla a materiálu (index refrakce, index absorpce, hustota částic).

potřeby: 10 g jemnozeme, síto 2 mm, dno, destilovaná voda, roztok 2 g l⁻¹ hexametafosforečnan sodný nebo hydroxid sodný, kádinka 100 ml

pracovní postup: prosetou půdu vložíme do kádinky a přidáme destilovanou vodu, směs by měla mít konzistenci pasty, vytvořenou směs vložíme do přístroje a sleduje zvýšení hodnoty zatemnění (obscuration) která by měla být při vložení mezi 5-9 %. Přístroj sám zahájí měření, v první fázi je spuštěn ultrazvuk, který rozruší půdní agregáty spolu a následně proběhne měření. Výsledkem je pět unikátních měření, z nichž se jako výsledné bere průměr.

Porovnejte křivky zrnitosti získané v bodech 1, 2, 3 a 5

<https://doi.org/10.3390/app11104427>