

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

*KATEDRA VODNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ A
ENVIRONMENTÁLNÍHO MODELOVÁNÍ*



Možnosti stanovení zrnitostního složení půd
Possibilities of estimation of grain size distribution
(Bakalářská práce)

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jirka Pavlásek, Ph.D.

Autor práce: Veronika Petrželková

© Praha 2011

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma „ Možnosti stanovení zrnitostního složení půd“ vypracovala samostatně a použila jsem pouze literární prameny a publikace uvedené v seznamu použité literatury.

.....
podpis

V Praze dne 29. 4. 2011

Poděkování

Ráda bych poděkovala svému vedoucímu bakalářské práce Ing. Jirkovi Pavláskovi, Ph.D. a svému konzultantovi Ing. Lukášovi Jačkovi za vstřícnost, pomoc a poskytnutí cenných rad.

Abstrakt

Předmětem této bakalářské práce je teoretický popis půdy, jejích fyzikálních vlastností. V teoretické části je uvedena nejen charakteristika půdní zrnitosti, ale také její klasifikace, která je důležitým krokem ke správnému zhodnocení půdních vlastností. Pozornost je věnována i charakteristice půdního typu podzol, který je předmětem vlastního měření. Popsány jsou zde i metody zrnitostních rozborů. Praktická část se zabývá vlastním měřením zrnitosti jednotlivých půdních horizontů podzolu, který se nachází na území povodí Modrava 2. Poslední část se zabývá porovnáním výsledků z jednotlivých horizontů.

Klíčová slova: Zrnitost, hustoměrná metoda, podzol.

Abstract

The subject of this bachelor thesis is a theoretical description of the soil and its physical properties. In the theoretical part is characteristic of grain size and classification that is very important step to the right decision of its properties. The next important step is characteristic of soil type podzol that is subject of the measurement. There are described methods of grain size analysis. The practical part is measurements the grain size of podzol soil horizons. The samples of podzol are from Modrava 2. The last part deals with contains of results from individual horizons.

Keywords: grain size, areometric method, podzol.

OBSAH

1	ÚVOD A CÍLE	7
2	LITERÁRNÍ REŠERŠE	8
2.1	Definice půdy	8
2.2	Fyzikální a mechanické vlastnosti půd.....	8
2.2.1	Pevná fáze.....	8
2.2.1.1	Minerální složení půd.....	9
2.2.1.2	Jílové minerály	9
2.2.2	Půdní voda a půdní vzduch	10
2.2.3	Půdní struktura	10
2.2.3.1	Pórovitost.....	12
2.2.3.2	Charakteristika hlavních půdních typů	13
2.2.3.3	Zrnitostní složení	13
2.2.3.4	Skeletovitost	14
2.3	Zrnitostní klasifikace	14
2.3.1	Zrnitostní křivka	18
2.4	Příprava vzorků pro zrnitostní rozborý	18
2.5	Zrnitostní rozbor půd.....	19
2.5.1	Metody zrnitostních rozborů	19
2.5.1.1	Pipetovací metoda.....	22
2.5.1.2	Areometrická (hustoměrná) metoda (podle A. Casagrande).....	22
3	METODIKA.....	24
3.1	Charakteristika povodí Modrava 2.....	24
3.2	Preparace vzorku	25
3.3	Provedení laboratorních zrnitostních rozborů hustoměrnou metodou.....	26
3.4	Rozbor skeletovosti.....	26
3.5	Vyhodnocení	26
4	VÝSLEDKY	28
5	DISKUZE	34
6	ZÁVĚR	35
7	POUŽITÁ LITERATURA	36
8	PŘÍLOHY	37

1 ÚVOD A CÍLE

Vše co kdy na naší planetě žilo a zemřelo, tvoří nyní součást půdy a ve formě různých látek se dostává zpět do života a tvoří nekonečný koloběh života a smrti. Bez půdy není života a naopak bez života není půdy. Veškerý život na Zemi potřebuje ke svému růstu a vývoji energii, která závisí na půdě. Je to stavební kámen života. Půda slouží hlavně jako stanoviště pro produkci poživatin, krmiv a rostlinných surovin, jako filtr a zásobárna podzemních vod, jako plocha pro výstavbu všeho druhu i pro dopravu, jako plocha pro těžbu nerostných surovin všeho druhu. Mezi nejcennější vlastnost půdy patří bezesporu její úrodnost, neboli schopnost půdy poskytnout rostlinám dostatek živin, vody a vzduchu. Půda je tedy základní předpoklad pro pěstování plodin, na němž závisí výživa lidstva. Člověk záměrně úrodnost půdy zvyšuje vhodným obděláváním tisíce let. K tomuto efektivnímu využívání půdy vede jediná cesta a to je její detailní poznání a její ochrana. Zájem o pedologii vzrůstá, neboť dosavadní obdělávané půdy nestačí krýt zvyšující se potřeby přibývajícího lidstva. Zrinitost půdy je spolu s jílovými minerály významná zejména pro strukturu půd, která určuje její úrodnost.

Bakalářská práce popisuje půdu z hlediska pedologického, její základní charakteristiku a vlastnosti. Práce se především zabývá zrinitostí půdy, její klasifikací, zvláště rozdíly v jednotlivých klasifikacích. Na základě nejlépe zhodnocené klasifikace jsou dále vyhodnocovány výsledky vlastního měření zrinitostního složení hustoměrnou metodou. Laboratorní měření zrinitostního složení probíhá ze vzorků odebraných z jednotlivých horizontů podzolových půd z kopané sondy v oblasti povodí řeky Modrava 2. V závěru se porovnají výsledky jednotlivých půdních horizontů.

Cíle práce

Cílem této bakalářské práce je popsat fyzikální vlastnosti půd, zejména pak zrinitost, dále její klasifikaci a zrinitostní rozbor. Provést správnou přípravu vzorků a následně laboratorně provést zrinitostní rozbor dostupnými metodami na půdních vzorcích z povodí Modrava 2. Porovnat výsledky vlastního měření zrinitosti v jednotlivých horizontech podzolu z povodí Modrava 2.

2 LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Definice půdy

Půdu lze pojmenovat mnoha způsoby, následující definice lze zařadit mezi ty nejvýstižnější.

Kutílek (1978) definuje půdu jako přírodní útvar vzniklý na rozhraní atmosféry s litosférou (případně hydrosférou) za působení pedogenetických faktorů v určitém pedogenetickém procesu. Obsahuje živé organismy a je členěná na horizonty.

Marshall, Holmes, Rose (2001): „Půdní hmota, které se nachází v relativně tenké vrstvě na zemském povrchu jako porézní materiál různých vlastností, se skládá z anorganických částí zvětralých hornin nebo transportovaných materiálů společně s organickými produkty rostlin a živočichů obývajících toto prostředí.“

Dokučajev: „Půda je samostatný přírodně-historický útvar, který vzniká a vyvíjí se zákonitým procesem, jenž probíhá působením několika půdotvorných činitelů.“

Novák: „Půda je přírodní útvar, který se vyvíjí z povrchových zvětralin kůry zemské a ze zbytků ústrojenců a jehož stavba a složení jsou výsledkem podnebí a jiných faktorů půdotvorných.“

2.2 Fyzikální a mechanické vlastnosti půd

Fyzikální vlastnosti půdy jsou podmíněny působením fyzikálních sil na pevnou půdní hmotu, vztahy mezi pevnou, kapalnou a plynnou složkou půdy a vztahy půdy k vnějším činitelům. Při studiu půdních vlastností se předmětem studia stávají půdní horizonty. U nichž je možno sledovat tyto fyzikální vlastnosti: obsah a formy půdní vody, vzdušný půdní režim, teplotní a tepelný půdní režim, barva půdy, textura (zrnitostní složení), struktura, konzistence a pórovitost. (Matula a Pašek, 1986)

Půda obsahuje složku pevnou, kapalnou a plynnou. Mezi těmito třemi fázemi probíhá přenos hmoty a energie. (Bajer a kol., 2004) Poměr mezi zmíněnými třemi fázemi se v různých půdách liší. V půdách terestrických se uplatňuje na prvním místě fáze pevná, která většinou tvoří o něco větší polovinu celkového objemu půdy, na druhém místě pak přichází fáze kapalná a teprve potom plynná. V půdách subhydrických je na prvním místě fáze kapalná, plynná fáze je zcela zanedbatelná. (Smolík, 1957)

2.2.1 Pevná fáze

Anorganická složka pevné fáze vzniká zvětráváním matečné horniny, při čemž pevná hornina byla rozrušována, drobena, takže z ní vznikla směs částic od nejjemnějších až po hrubozrnné. (Smolík, 1957)

Organickou hmotou v půdě se rozumí souborem všech odumřelých organických látek rostlinného a živočišného původu. Výchozí organická hmota podléhá přeměnám (mineralizace, humifikace, unifikace) a část z ní přechází v sekundárně nově vytvořené vlastní humusové látky. Důležitým znakem humusu je jeho kvalita. (Valla a kol., 2002)

2.2.1.1 Minerální složení půd

Minerální část půdy tvoří převážnou většinu hmotnosti půdy. Skládá se především z těchto prvků: Si, Al, Fe, Ti, Mn, Ca, Mg, K, Na, P, S, N. Dále jsou přítomny stopové prvky (mikroelementy): B, Co, Cu, Mo, Zn, Pb, Ni, Cr aj. (Kutílek, 1963)

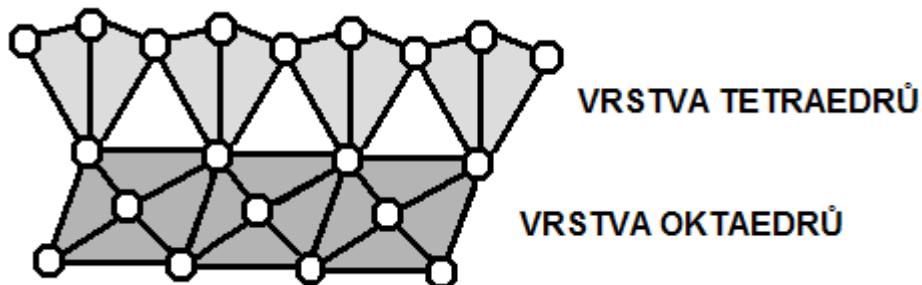
Z pedologického hlediska je třeba znát matečné horniny a substráty nejen petrograficky, nýbrž i mineralogicky. V půdotvorném procesu dochází ke změnám, které spočívají ve zvětrávání horninotvorných minerálů i vytváření minerálů nových. Z tohoto hlediska se minerály dělí na primární a sekundární.

Primární minerály v půdě jsou zbytky magmatických hornin. Mezi primární minerály patří: křemen, živce, slídy, augit, amfibol, hematit, magnetit, apatit. Sekundární, jílové minerály, se liší od primárních svým chemickým složením, vrstevnatou krystalovou mřížkou. (Drbal, 1969)

2.2.1.2 Jílové minerály

Jedná se o zbytky primárních zvětralých silikátů, nebo nové krystalické minerály v koloidním stavu, vzniklé z rozkladných složek uvolněných při zvětrávání. Chemické vazby, které jsou typické pro jílové minerály, jsou tetraedrické a oktaedrické, jejich vzájemná vazba je schematicky znázorněna na Obr. č.: 1. tvoří jednotlivé jílové minerály, jejich vazby ovlivňují chování jílu. (Horníček L., 2011)

Obr. č.:1. Schéma vazeb čtyřstěnů (tetraedrů) a osmistěnů (oktaedrů). (autor)



Mezi jílové minerály převážně patří:

- Typ kaolinitický (charakteristický pro staré zvětralinu),
- typ illitický (nejčastější jílový minerál u nás),
- typ montmorillonitický (vyskytující se v křídových slínovcích)
- typ allofanický (u nás vzácný, typický pro andosoly).
- typ chlorotický.

Většinou se uvádí pouze první tři typy, poslední chlorotický typ jílových minerálů zařadil až Kutílek (1963). Tyto typy jílových minerálů mají většinou krystalickou strukturu, pouze alofány jsou amorfny. (Tomášek, 2000)

Jílové minerály mají velmi nepatrné rozměry, takže jsou patrné jen elektronovým mikroskopem. Jílové minerály se vyskytují jen v nejmenší zrnitostní frakci - jílu. (Smolík, 1957)

Určování jílových minerálů se v praxi provádí nejčastěji rentgenometrickými, elektronoskopickými, termickými a jinými specializovanými metodami. (Jan Petránek, 2011)

2.2.2 Půdní voda a půdní vzduch

Půdní póry jsou vyplňovány vzduchem a vodou. Kapalná složka půdy vyplňuje póry pevné složky. Plynná složka vyplňuje některé póry pevné složky a je přesouvána a uzavírána v půdním prostoru kapalnou složkou. (Kutílek, 1963)

Půdní voda

Půdní voda označuje veškerou vodu v půdě ve skupenství kapalném, plynném i pevném. Patří sem i vodní pára obsažená v půdním vzduchu. Půdní voda je obohacována o látky z pevné i plynné složky a dochází ke vzniku půdního roztoku. Kapalná část v půdě má jiné chemické složení než voda srážková. (Bajer a kol., 2004)

Voda v půdě je tedy součástí celkového oběhu vody v přírodě. Půda má v tomto oběhu úlohu prostředníka mezi vodou litosféry, hydrosféry a atmosféry. Půdní voda se vyskytuje přímo v půdním profilu. Tedy i podzemní voda je uvažována jako půdní, pokud se její hladina vyskytuje v rozmezí hloubky půdního profilu nebo pokud do půdního profilu zasahuje vztlínající voda. (Drbal, 1969)

Půdní vzduch

Půdní vzduch je velice důležitý pro dýchání půdních organismů. (Bajer a kol., 2004) Chemické složení půdního vzduchu se svým složením liší od atmosférického a je závislé na intenzitě biologických procesů a na jeho spojitosti s atmosférou. Obsah CO_2 , vznikající dýcháním kořenů a žijících půdních organismů i oxidací mrtvých organických látek, je zhruba desetkrát až stokrát vyšší než ve vzduchu atmosférickém a s přibývajícím hloubkou vzrůstá. Zvýšení obsahu CO_2 probíhá na úkor obsahu kyslíku. Menší obsah O_2 v půdním vzduchu zpomaluje humifikační procesy a podporuje vznik humusových složek, jež vytvářejí trvalý humus. Další prvek v půdním vzduchu je N_2 . V malém množství je přítomen amoniak, sirovodík, metan, či radon. S přibývajícím hloubkou a se zvyšováním vlhkosti klesá propustnost půd pro plyny. (Kutílek, 1963; Smolík, 1957)

2.2.3 Půdní struktura

Struktura půdy je dána vzájemným seskupením a uspořádáním pevných půdních složek neboli agregátů. Tyto shluky jsou ve vodě stabilní. T tomuto stmelení dochází díky jílovým substancím, organickým látkám, sloučeninami železa. Podle velikosti agregátů se provádí dělení:

- a) makroagregáty s průměry $> 0,25\text{mm}$,
- b) mikroagregáty s průměry $< 0,25\text{mm}$. (Bajer a kol., 2004)

Půdní struktura je závislá na mikroagregátech. K mikroagregátům se řadí koagulované půdní koloidy, útvary vzniklé spojením jílových a prachových částic, hrubé půdní částice a krystaly s povlakem koloidních gelů. Nejúčinnější stmelení zapříčiňují organické látky. Změny půdní struktury jsou vyvolány účinkem

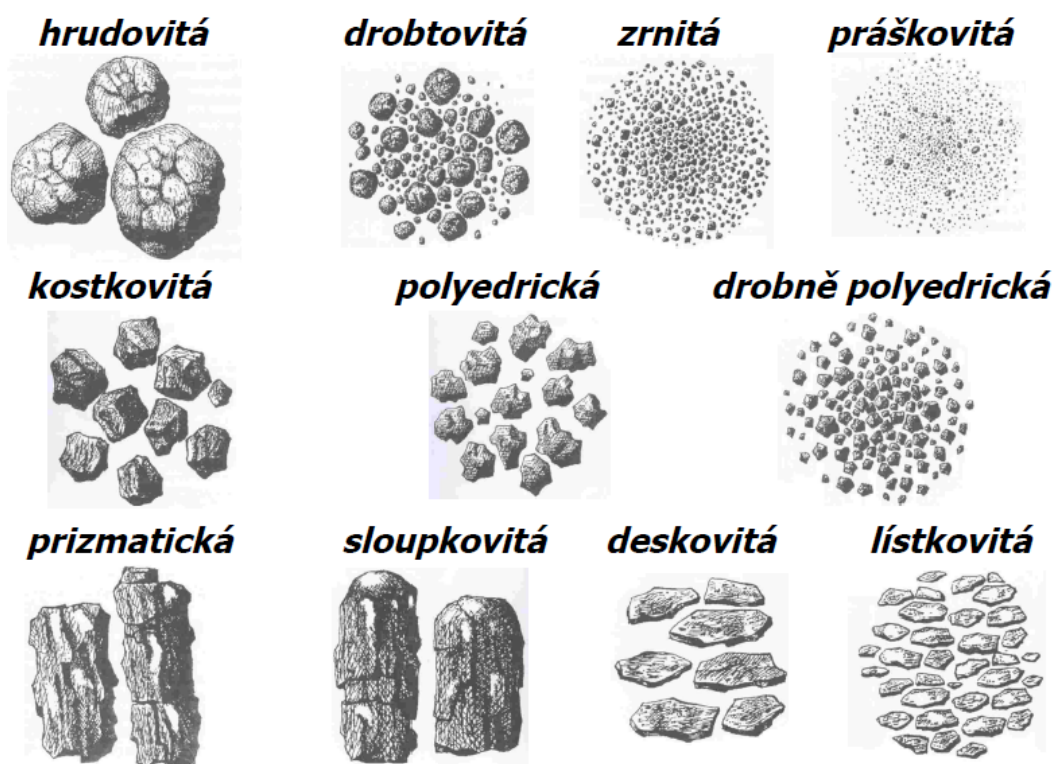
povětrnostních a mechanických vlivů např. dešťové kapky, kolísání teploty a vlhkosti, přejíždění půdy stroji. (Drbal, 1969)

Klasifikace půdní struktury podle tvaru agregátů se dělí na:

- I. třída – všechny tři osy jsou stejně dlouhé, tvar zaoblený,
- II. všechny tři osy jsou stejně dlouhé, plochy a hrany zřetelné,
- III. svislá osa je protažena,
- IV. vodorovné osy jsou protaženy.

Do první třídy se zahrnují půdní shluky hrudovité, droptovité, zrnité a práškovité. Do druhé patří kostkovité, polyedrické a drobně polyedrické. Do třídy čtvrté spadají prizmatické a sloupkovité shluky, tato třída se vyskytuje zejména ve spodních horizontech. A do poslední čtvrté se řadí shluky deskovité a lístkovité. Na obr. č.: 2. jsou vypodobněny všechny čtyři třídy a jejich další členění.

Obr. č.: 2. Klasifikace půdní struktury. (Tomášek, 2000)



Na základě struktury lze půdy rozlišit na 4 skupiny půd:

- 1) nestrukturní půdy,
- 2) půda se slabě vyvinutou strukturou,
- 3) půda se středně vyvinutou strukturou,
- 4) půdy s výraznou strukturou. (Kutílek, 1963)

Význam půdní struktury

Struktura půdy je indikátorem ukazujícím zlepšení či zhoršení stavu půdy. Zánik struktury znamená vážné ohrožení pro půdu i vegetaci. Bezstrukturní půda přijímá jen malou část srážek, většina jich povrchově odtéká a na svazích hrozí nebezpečí eroze. Nedochází zde k uvolňování živin pro rostliny. Nejpříznivější struktura je droptovitá. Ta optimálně upravuje poměr jemných a hrubých pórů tak, že dochází k příznivému poměru vláhý a vzduchu. Strukturní stav půdy je tedy významný pro obdělávání půdy. Většina agrotechnických opatření směřuje k vytváření a uchování optimální struktury půdy. Také z hlediska vodohospodářského droptovitá struktura zabezpečuje využití srážek i závlah tím, že ji půda v dostatečné míře přijme a zbytečně neztrácí. (Drbal, 1969)

Zlepšení půdní struktury

Zlepšení lze provést dvěma způsoby. Za prvé využitím přírodních faktorů jako je regenerace půdní struktury, omezením destrukčních vlivů nebo hnojením organickými hnojivy. Za druhé umělým zlepšením půdní struktury jako je agregace půdních částic pomocí tmelů dodaných do půdy. (Kutílek, 1963)

2.2.3.1 Pórovitost

Objem pórů vyjádřený v procentech k celkovému objemu půdy v přirozeném uložení, nazýváme pórovitostí. Většinou bývá v pórech voda i vzduch. V nenasyceném půdním prostředí jsou velké póry zaplněny vzduchem, naopak menší póry jsou vyplněny vodou. O pórovitosti nerozhoduje jen zrnitost, ale i struktura půdy. (Kutílek, 1963; Smolík, 1957)

Význam pórovitosti

Objem, tvar i velikost půdních pórů má vliv na vlastnosti vody obsažené v půdě. Dochází k ovlivňování hydrologických vlastností půdy, intenzita migrace látek v půdě a tedy i proces pedogeneze. Voda i vzduch se tedy v půdě pohybuje prostřednictvím pórů. Pórovitost podmiňuje obsah i složení půdního vzduchu.

Jíly, jejichž pórovitost je vyšší, mají menší póry, jež podstatně přispívají ke zvýšení vodní jímavosti půd a ke snížení propustnosti pro vodu a vzduch. V písčích bývá naproti tomu převaha pórů velkých, které napomáhají odvodnění a snižují jímavost pro vodu. (Smolík, 1957)

Bližší podrobnosti o kvalitě pórů podává jejich dělení na póry kapilární, semikapilární a nekapilární. Podle hodnoty pórovitosti se posuzuje také ulehlost půdy. Optimální zastoupení kapilárních pórů má být asi 2/3 z pórovitosti (zbytek má být přibližně rovným dílem rozdělen mezi póry semikapilární a nekapilární). Nadbytečné zastoupení kapilárních pórů znesnadňuje vnikání vody do půdy (infiltrace), půda přijímá málo vody, provlhuje se do malé hloubky, srážky jsou málo využity, zvyšuje se povrchový odtok s nebezpečím eroze na svazích. Po skončeném zavlažení taková půda rychle vysychá. Při nasycení půdy vodou je malá provzdušněnost. Naopak nedostatečné zastoupení kapilárních pórů znamená malou zásobu vody v půdě pro vegetaci. (Valla a kol., 2002)

2.2.3.2 *Charakteristika hlavních půdních typů*

Klasifikace půd

Půda je uspořádána do jednotlivých vrstev do tzv. půdního profilu. Půdní profil je tedy pomyslný řez půdou od povrchu až po nevětralý horninový podklad. Dle půdního profilu lze rozpoznávat půdní typy. Základní klasifikační jednotkou půd je půdní typ, který lze definovat jako skupinu půd charakterizovanou obdobnými morfologickými a analytickými znaky, která se vyvíjela pod vlivem určitého souboru půdotvorných činitelů. (Drbal, 1969)

Půdních profilů, tudíž i půdních typů, lze popsat tisíce, protože se na Zemi vyskytuje obrovské množství půdních forem. Na území našeho státu se nejčastěji vyskytují tyto půdní typy: černozem, černice, šedozem, hnědozem, pseudoglej, ranker, podzol a další. (Matula a Pašek, 1986)

Půdní typ podzol

Podzol je půdní typ vznikající na kyselých matečných horninách s lesním nebo jiným pokryvem. U nás je půdní typ podzol zastoupen ve dvou lokalitách. Nejčastěji je zastoupen v nejvyšších horských polohách se silně členitým středohorským až vysokohorským reliéfem, v chladném vlhkém klimatu, kde roční úhrn srážek přesahuje 800 mm. Tyto půdy vznikaly pod jehličnatými, zejména smrkovými lesy. Dále je podzol rozšířen v nížinách, na extrémně chudých písčitéch substrátech pod borovými doubravami s plochým reliéfem. Podzoly patří mezi půdy s velmi nízkou úrodností. Využití našly pro horské louky a pastviny, hlavně však pro lesy. (Tomášek, 2000)

Půdní profil typu podzol obsahuje 4 vyvinuté horizonty. Nejsvrchnější humusový kyselý horizont A se vyznačuje výrazně tmavě hnědým až černým zabarvením. Pod ním následuje vybělený ochuzený horizont Ep, který má popelavě šedé zabarvení a je ochuzen o jílnaté částice a humus. Následující horizont Bhs obsahuje část organické hmoty, které sem zatékají z horních vrstev, jeho zbarvení je tmavší hnědé. Rezivohnědý horizont pod ním Bs obsahuje větší množství jílnatých částic, splavených sesquioxidů i humusu. Nejnižší horizont Bs je většinou rezivý až rezivohnědý, obsahuje větší množství jílnatých částic, splavených sesquioxidů i humusu. Slouží jako zásobárna živin. (Zikmund L., 2011)

2.2.3.3 *Zrnitostní složení*

Zrnitostní složení, jinak řečeno textura či mechanická skladba, je jedním z nejvýznamnějších půdních znaků. Zrnitostí je myšlena velikost minerálních zrn v horninách. Zrnitost je základním strukturním znakem hornin. (Bajer a kol., 2004) Zrnitost půdy je dána zastoupením jednotlivých velikostně rozdílných minerálních částic. Nejdůležitější úlohu v půdě hraje obsah jemnozeme. Do jemnozeme spadají částice minerálů pod 2 mm. Většina půdních rozborů je prováděna právě na vzorcích jemnozeme. (Tomášek, 2000)

2.2.3.4 **Skeletovitost**

Obsah úlomků pevných hornin nad 2mm se nazývá skelet. Skeletovitost – drť podmiňuje šterkovitost půd. Jako skelet se objevují především zvětraliny silně vzdorující chemickému či fyzikálnímu zvětrávání (např. buližník). (Smolík, 1957)

Je – li v půdě nápadná skeletovitost, musí se skelet stanovit. Sítem o průměru ok 2mm se separuje skelet od jemnozemě. Pro podrobnější stanovení obsahu skeletu se provádí dalším tříděním pomocí sít na jednotlivé frakce. (Valla a kol., 2002)

Klasifikace skeletovosti

Skeletovitost je hodnocena podle objemového zastoupení částic. Objemové zastoupení je prováděno většinou odhadem.

Označení velikostí skeletu:

2 – 4 mm ... hrubý písek,

4 – 30 mm ... šterk,

30 – 300 mm ... kamení,

nad 300 mm ... balvany.

Při obsahu skeletu menším než 50% doplňuje se údaj navíc o zrnitost jemnozemě. V tabulce č.: 1. je podrobnější označení skeletovosti.

Tab. č.: 1. Označení skeletovosti. (Němeček a kol, 2000)

šterk (4 - 30 mm) + kamení (> 30mm)	označení
pod 5%	žádná skeletovitost
5 - 10%	s příměsí skeletu
10- 25%	slabá skeletovitost
26 - 50%	střední skeletovitost
51 - 75%	silná skeletovitost
Nad 75%	velmi silná skeletovitost

2.3 **Zrnitostní klasifikace**

Na základě znalosti zrnitostního složení je založena zrnitostní klasifikace. Opírá se o uměle stanovené zrnitostní třídy (frakce), různými autory různě definované. (Drbal, 1969)

První objektivní třídění umožnil Attebergův systém, který vychází z předpokladu rovnoměrného zastoupení částic. Její frakce se dělí takto: 2 – 0,6 – 0,2 -0,06 – 0,02 – 0,006 – 0,002 mm. Klasifikační stupnice byla s postupem času různě upravována. V Čechách byla původně zavedena klasifikace Kopeckého, jejíž zrnitostní frakce jsou stanovovány v Kopeckého plavícím přístroji. (Kutílek, 1978)

Klasifikační stupnice

K třídění půdních částic podle velikosti se ve světě používají tyto klasifikační stupnice: FAO (Food and Agriculture Organization), USDA (United States Department of Agriculture), SCS (Soil Conservation Service), MIT (Massachusetts Institute of Technology), BSI (British Standards Institution). V Čechách známe tyto klasifikační stupnice:

Kopeckého klasifikační stupnice,

Novákova klasifikační stupnice,

Smolíkova klasifikační stupnice,

Kačinského klasifikační stupnice

Trojúhelníkový diagram ČSN 1150 – 1937,

Taxonomický klasifikační systém půd České republiky.

Kopeckého klasifikace

Kopeckého klasifikační stupnice, která klasifikuje podle zastoupení I. a II. Kategorie, zastoupení III. a IV. ktg. je směrodatná pro podrobnější rozdělení hlín (viz. příloha č.: 2.). Je vhodná pro hydroopedologické účely, poněvadž obsah II.ktg. je vzhledem k vodě v půdě velmi důležitý. (Drbal, 1970) Kopeckého klasifikace patří mezi velmi podrobné. Důležité je si ujasnit, že v této klasifikaci se na počátku uvádí zrnitostní základní charakter a pak teprve zrnitostní zbarvení. (Kutílek, 1978)

Pro meliorační pedologické účely je vhodné používat tuto klasifikaci zemín, kde jsou vedle jílnatých částic kriteriem též částice prachové. Jelikož prachové složka zlepšuje vlastnosti půdy. (Drbal, 1969)

Určení druhu zeminy je možno provést pomocí tzv. Spirhanzlova klasifikátoru (viz příloha č.: 1.). Samotné určení druhu zeminy tímto grafikonem je jednoduchým a rychlým řešením. (Kutílek, 1963)

Novákova klasifikace

Novák navázal na práci Kopeckého. Novákova klasifikační stupnice rozlišuje zeminy pouze podle obsahu jílnatých částic, tedy I. zrnitostní kategorie, bez ohledu k ostatním zrnitostním kategoriím. (Drbal, 1970) K obecnému komplexnímu průzkumu půd je vhodné používat Novákovu klasifikační stupnici. (Valla a kol., 2002) I když ostatní klasifikace umožňují detailnější klasifikaci zemín, v praxi je u nás Novákova klasifikace velmi vžitá. Na I. zrnitostní kategorii je založeno mnoho dalších teorií a výpočtů z minulosti, které se využívají dodnes, jedná se zejména o obory mechanika zemín a stavební mechanika.

Podle Novákovy stupnice, se na základě obsahu částic jílnatých (pod 0,01mm) vymezují tyto půdní druhy, které jsou sepsány v tabulce č.: 2. (Drbal, 1970)

Tab. č.: 2. Novákova klasifikační stupnice dle I. zrnitostní kategorie. (Kutílek , 1978)

obsah I. kategorie %	pojmenování	makroskopický posudek
0-10	písčítá zemina	ani za mokra se částice nespojují
10-20	hlinitopísčítá zemina	částice se za mokra spojují, nelze však vyválet hádka
20-30	písčitohlinitá zemina	lze vyválet hádka, který se však snadno rozpadá zemina skřípe mezi prsty
30-45	hlinitá zemina	lze vyválet hádka
45-60	jílovitohlinitá zemina	po stisknutí vlhké zeminy lesk, mastnost prstů
60-75	jílovitá zemina	silná mastnost a lepkavost
nad 75	jíl	vysoká mastnost, lepkavost

Jestliže se bude využívat výsledků pedologického průzkumu pro účely inženýrských konstrukcí (zakládání staveb, dopravní stavby apod.), je vhodnější použít systém ČSN 72 1001. U zemin neobsahující skelet je název tvořen pomocí trojúhelníkového diagramu, kde je třeba znát obsah frakce jílu, prachu, písku a index plasticity IP. Naopak u zemin obsahujících skelet záleží na jeho procentuálním zastoupení, pokud je skeletu pod 50% uvádí se název podle zrnitostního složení jemnozeme a doplní se slovy „s hrubými zrny“, nebo „se štěrky“. Nad 50% obsah skeletu se název tvoří z podstatného jména „štěrk“, nebo „hrubý písek“ a doplní se o přívlastek podle zrnitostního složení jemnozeme. (Drbal, 1969; Smolík, 1957)

Taxonomický klasifikační systém České republiky

V současné době se všechny půdní rozborů klasifikují dle taxonomického klasifikačního systému České republiky, který byl projednán a schválen dne 23. Října 2000. Tato klasifikace představuje znalosti o půdním pokryvu v dnešní době. Zahrnuje půdy jak zemědělské, tak lesní i půdy antropogenního původu. Hodnocení zrnitosti (z jemnozeme) je prováděno dle zastoupení v tab. č.: 3.

Tab. č.: 3. Hodnocení zrnitosti. (Němeček a kol, 2000)

jíl	< 1 μm, < 2 μm
prach	1 či 2 - 50 μm
písek	50 - 2000 μm

Podle trojúhelníkového diagramu (NRCS USDA), který je zobrazen na obr. č. 3., se klasifikuje do 5 seskupených tříd viz tab. č. 4; 5.

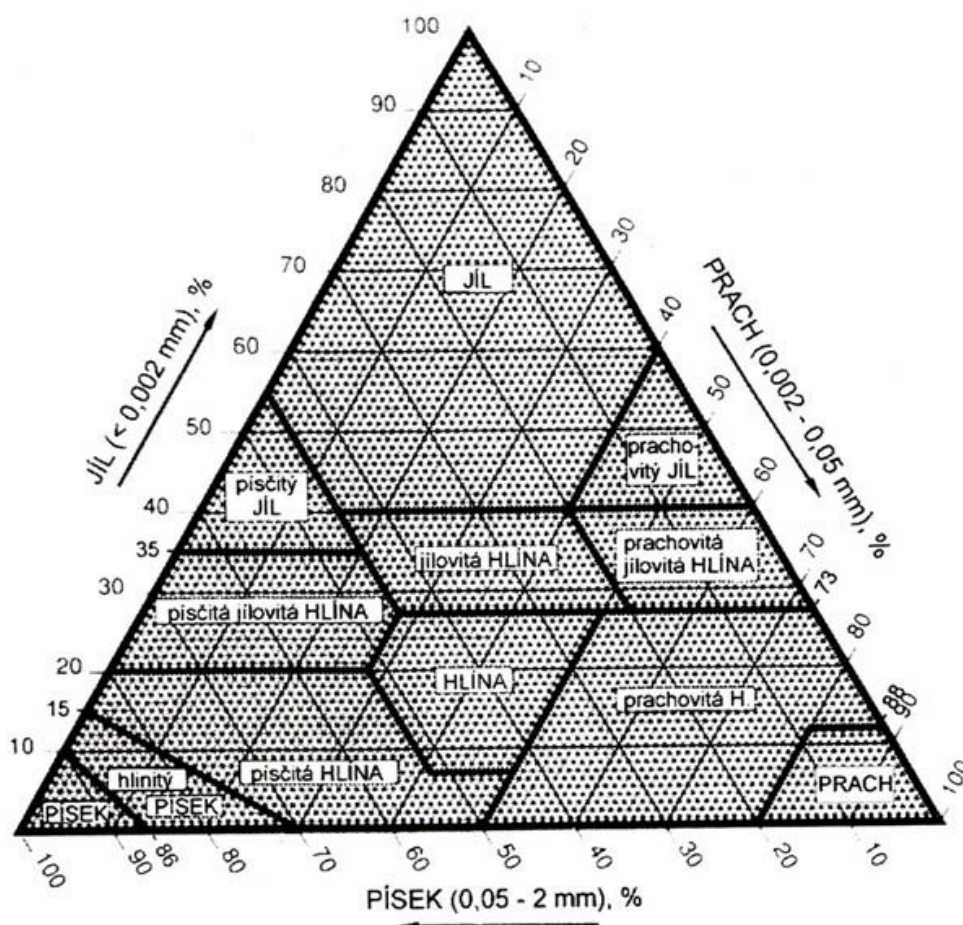
Tab. č.: 4. Klasifikace půdy dle trojúhelníkového diagramu (NRCS USDA). (Němeček a kol, 2000)

P, hP	lehká zemina 1
pH	lehčí střední zemina 2
H, rH, R	střední zemina 3
pjH, jH, rjH	těžká zemina 4
pJ, rJ, J	velmi těžká zemina 5

Tab. č.: 5. Vysvětlivky k tab. č.: 4.

P	písek	p	písčité zemina
H	hlína	h	hlinitá zemina
R	prach	r	prachovitá zemina

Obr. č.: 3. Trojúhelníkový diagram zrnitosti půd (NRSC USDA). (Tomášek, 2000)



2.3.1 Zrnitostní křivka

Výsledek zrnitostních rozborů se vyjadřuje graficky, tedy vykreslením zrnitostní křivky, která stanovuje různé zrnitostní parametry potřebné pro statistické zpracování výsledků zrnitostních analýz. Zrnitostní křivka je součtová čára, jejíž každý bod udává kolik procent z celkové hmotnosti vzorku, činí hmotnost všech zrn menších než určitý průměr zrna „d“ v mm. Výsledky jsou zbytky půdních částíček na sítích, propady se musí dopočítat.

Křivka zrnitosti slouží především ke klasifikaci zemin, avšak na jeho základě lze provést odhady propustnosti zemin či určení její namrazavosti. (Horníček L., 2011)

Charakteristiky křivky

Průběh křivky udává, zda je zemina dobře zrněná (plochý tvar křivky) nebo špatně zrněná (strmá křivka zrnitosti). Kriteřiem pro toto rozdělení je číslo nestejnozrnitosti C_u a číslo křivosti C_c , která se vypočítají pomocí hodnot d_{10} , d_{30} a d_{60} , odečtených z křivky zrnitosti a odpovídajících průměru zrn při propadu 10, 30 a 60% podle vztahů (1), (2).

Číslo nestejnozrnitosti

$$C_u = \frac{d_{60}}{d_{10}} \quad (1)$$

Číslo křivosti

$$C_c = \frac{(d_{30})^2}{d_{10} \cdot d_{60}} \quad (2)$$

d_{10} , d_{30} a d_{60} ... průměry zrn při propadu 10, 30 a 60.

Pokud je číslo nestejnozrnitosti $C_u < 5$ jedná se o stejnozrnou zeminu, pokud je $C_u > 15$ jedná se o zeminu nestejnozrnou, v ostatních případech $C_u = 5 - 15$ se jedná o středně nestejnozrnou zeminu. (Matula, Pašek, 1986)

Je zajímavé, že charakter zrnitostní křivky je dole vyhraněnější než v jeho horní části. Z křivky vyplývá, že největší frakce se objevuje na nejstrmější části křivky. Čím více bodů, tím větší počet frakcí se získá. Výhodou křivky se stává umožnění zjištění i zrnitostní frakce, které vůbec nebyly pokusně určeny. (Smolík, 1957)

2.4 Příprava vzorků pro zrnitostní rozbor

Příprava vzorků má zajistit jednotné objektivní podmínky pro rozbor, jeho správný průběh, dále má umožnit srovnatelnost a reprodukovatelnost výsledků rozborů, ať byly rozbor provedeny v kterékoliv pedologické laboratoři. (Drbal, 1970)

Největší důraz se klade na frakci nejjemnější, neboť má největší aktivní povrch, a proto se stává výchozím materiálem pro zrnitostní rozbor. V půdách jsou nejjemnější částice více nebo méně slepovány tmelem, který se v nich tvoří půdotvorným procesem. Při zrnitostním rozboru chceme všechna slepená zrna uvolnit. Dispergace zeminy se provádí buď chemickou, nebo mechanickou cestou, nejčastěji jejich kombinací. Při chemické preparaci je nutno odstranit organickou

hmotu. Při mechanické preparaci se vzorek protřepává, nebo vaří. (Smolík, 1957; Valla a kol., 2002)

Mezi nejpoužívanější metody patří dvě metody doporučené Mezinárodní pedologickou společností (ISSS) a jsou to mezinárodní preparační metody A (chemická) a B (mechanická), které jsou v příloze č.: 3.

2.5 Zrnitostní rozbor půd

Zrnitostní rozbor podává údaje o procentuálním zastoupení částic různých velikostních skupin. Cílem tohoto rozboru je stanovení půdního druhu. (Valla a kol., 2002)

Pro zrnitostní rozbor je nutno používat jemnozeme, což je prosivek na síť s otvory o průměru 2 mm. Zbytek, který zůstane na síti, je nazýván skelet. Velice důležité je dokonalé rozrušení vzorku, zejména dispergování stmelovaných shluků na samostatné elementární částice. Toto rozrušení vzorku zajistíme správnou přípravou vzorku pro rozbor. (Drbal, 1969) Podle zrnitosti lze usuzovat na řadu fyzikálních vlastností zeminy, jako na absolutní vodní kapacitu, propustnost zeminy pro vodu, stupeň agregace, index plasticity, obsah jílu. (Smolík, 1957)

2.5.1 Metody zrnitostních rozborů

Dříve se zrnitost půdy rozpoznávala hmatem. Hrubozrné zeminy po ovlhčení mezi palcem a ukazováčkem škrábou, jemnozrné vyvolávají pocit mazlavosti, jsou mastné. Pokrokem bylo prosívání hrubozemě, vyschlé na vzduchu, sadou sít. Většinou se jednalo o otvory s velikostí ok o průměru 2mm. Prosivek tímto sítím je nazýván jemnozeme. (Smolík, 1957)

Dnes se při třídění zeminných zrn v pedologických rozborech se využívá hydrosuspenze, což znamená, že vzorek zeminy je rozptýlen ve vodě. Díky rozdílným rychlostem pádů různě velkých zrn při sedimentaci (usazování) nebo odolnosti zrn proti unášení proudem vody různé rychlosti při elutriaci (vyplavování).

Stanovení velikostí částic probíhá v podstatě pomocí dvou metod – přímou a sedimentační. Přímá metoda se používá jen u velkých částí, patří sem metoda ponořování, měření objemu a průměru. Mezi metody sedimentační patří: odběry ode dna, pipetovací, hustoměrné a vizuálně-akumulační. Protože vzorek sedimentu obsahuje jak jemné, tak hrubé částice je zpravidla nutné analyzovat dvěma i více metodami. Nejčastěji se pro rozdělení zrnitostních frakcí používá nepřímých metod sedimentačních. Použití sít je považováno za polonepřímou metodu. (Valla a kol., 2002)

Nepřímé sedimentační metody

U sedimentačních metod je možno rozlišovat dva procesy: nepřerušovanou (neopakovatelnou) a přerušovanou (opakovatelnou) sedimentaci. O nepřerušovanou sedimentaci mluvíme, jestliže se všechna měření konají během jednoho a téhož usazovacího procesu. Do této skupiny zrnitostních rozborů patří metoda pipetovací a hustoměrná (aerometrická). O přerušované sedimentaci mluvíme, jestliže se sloupec suspenze, v němž jsou obsaženy částice určité velikosti (když větší již sedimentovaly), vypouští do nádoby, kde se tato frakce částic soustřeďuje, a tento postup se opakuje až do dosažení čirosti sloupce vody. Metoda zrnitostního rozboru tímto způsobem je označována jako sedimentace s dekantací. (Drbal, 1969)

Základem třídění zrn při sedimentaci je vzorec podle G.G.Stokese (3).

$$v = \frac{2}{9} g \frac{\rho_z - \rho_k}{\eta} r^2 \quad (s) \quad (3)$$

v ... sedimentační rychlost ($m \cdot s^{-1}$),

g ... zrychlení tíže ($9,81 m \cdot s^{-2}$),

ρ_z ... měrná hmotnost částic ($kg \cdot m^{-3}$),

ρ_k ... měrná hmotnost kapaliny ($kg \cdot m^{-3}$),

η ... dynamická viskozita kapaliny ($Pa \cdot a$),

r ... poloměr částic (m).

Tento vzorec je odvozen pro pád jediné koule o poloměru „ r “ v kapalině neomezeného rozměru. Na sedimentující částici působí ve směru zemské přitažlivosti gravitační síla „ G “, která je úměrná hmotnosti částice „ m “ a gravitačnímu zrychlení „ g “. Hmotnost částice je přímo závislá na velikosti částice (o poloměru r) a rozdílu mezi specifickými hmotnostmi (hustotami) částice a kapaliny ($s - s_k$). Protože platnost Stokesova vzorce je poněkud omezena, protože vzorec je odvozen pro pád jediné koule v kapalině neomezených rozměrů a protože hranice velikostí zrn je dána limity, tak se při praktických rozborech parametry sedimentace nevypočítávají, ale zjišťují se z nomogramu. Při sedimentaci je také třeba uvažovat vliv teploty, který se projeví na viskozitě kapaliny, s rostoucí teplotou viskozita klesá. V nomogramu jsou teplotní vlivy uvažovány zavedenou stupnicí teplot.

Polonepřímá metoda

Mezi nejjednodušší způsoby jednotlivých zrnitostních frakcí patří tzv. síťová metoda. Tato metoda spočívá v prosévání vzorků zemin na sítích o určitém průměru oka. Pro důkladné oddělení částíček je třeba prosévat ve vodě. (Kutílek, 1963) Sada sítí je zobrazena na obr. č.: 4.

Obr. č.: 4. Sada sítí určená pro síťovou metodu zrnitostního rozboru. (Autor)



Nejčastěji se dnes používá metody pipetovací a hustoměrné. Avšak i dnes jsou využívány metody, které vyhodnocují jen I. zrnitostní kategorii, využívané, jelikož na první zrnitostní kategorii je postaveno mnoho dalších teorií a výpočtů z minulosti, zejména v mechanice zemin a stavební mechanice, jak už bylo uvedeno.

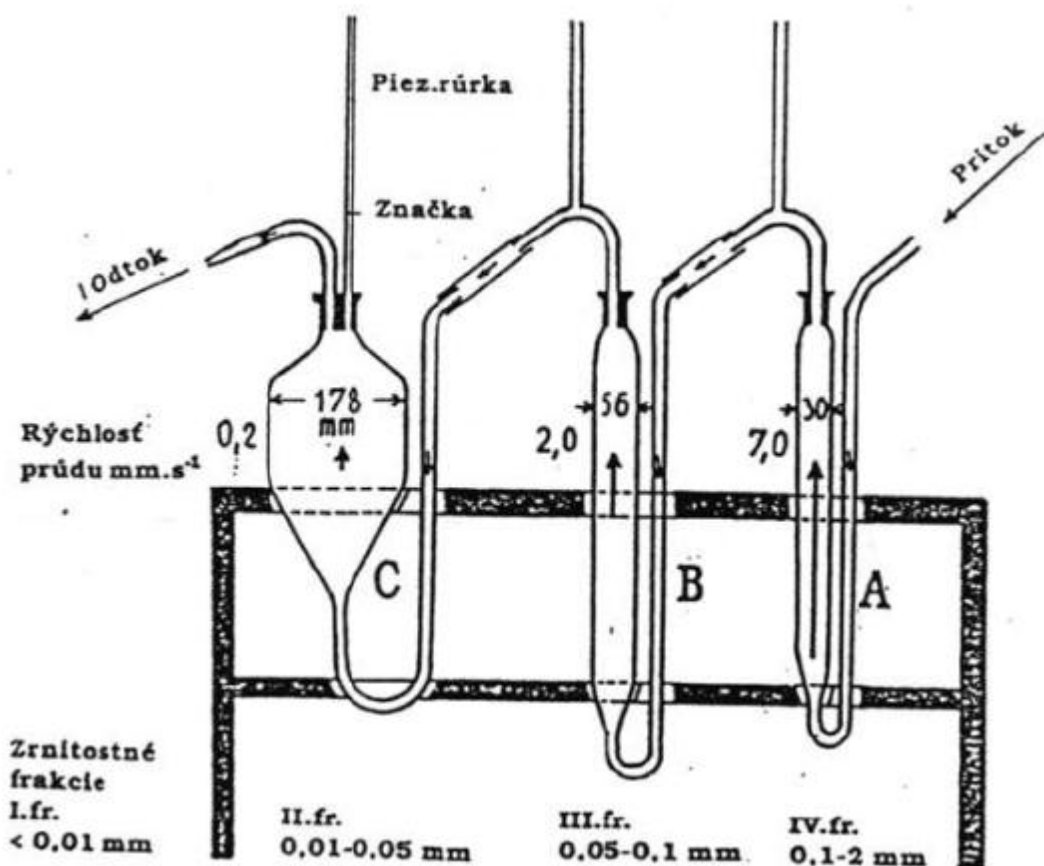
Kopeckého plavící aparát

Tento přístroj se skládá ze tří skleněných válců, z obou stran kónických, navzájem spojených tak, že proud vody o konstantním průtoku 1l/202s protéká jednotlivými válci vzestupnou rychlostí 7 mm. s⁻¹. Na obr. č.: 5 je zakresleno schéma Kopeckého plavícího aparátu včetně jeho parametrů. Ke třídění frakcí v jednotlivých válcích dochází díky využití různých rychlostí vzestupného proudu ve válcích, který působí proti směru usazování částic. Dochází tak k odplavování částic, jejichž usazovací rychlost je menší než rychlost vodního proudu, ostatní klesají ke dnu válce. Frakce jílnatých částic vytéká z plavidla. Zrnitostní kategorie se vyjádří v procentech z váhy půdního vzorku. (Drbal, 1969)

Teoretický základ je dán empirickým vzorcem Schöneho (4) pro vztah průměru částic „d“ (mm) a rychlostí toku vody „v“ (mm/s).

$$d = 0,0314 \sqrt[11]{v^7} \quad (\text{mm}) \quad (4)$$

Obr. č.: 5. Schéma Kopeckého plavícího přístroje včetně jeho parametrů. (Drbal, 1970)



V úzkém válci tedy zůstává IV., ve středním III., v širokém II. zrnitostní kategorie a poslední I. kategorie vytéká do odpadu pryč.

2.5.1.1 *Pipetovací metoda*

Metoda pipetovací spočívá v odebrání vzorku suspenze o známém objemu pomocí pipety. Odebírání suspenze se provádí po uplynutí určité doby a z určité hloubky pod povrchem hladiny. Hloubka odpovídá délce sedimentační dráhy částic hledané zrnitostní frakce určitého průměru po určité době. Tento odebraný vzorek suspenze, v němž jsou obsaženy částice hledané frakci, se následně vysuší, zváží a provede přepočít na celý objem suspenze. (Drbal, 1969)

Výpočtem se obdrží procentuální množství částíček, jejichž velikost odpovídá sedimentační rychlosti. Pro urychlení sedimentace se někdy suspenze odstředí, zvláště jde-li o urychlené oddělení jemných frakcí. (Kutílek, 1978)

Pro pipetování se užívá speciálních pipet i pipetovacích stojanů a nasávacích zařízení.

Stanovení pipetovacích hloubek a časů se rozhodne na základě frakce, která se bude stanovovat. Pro běžné zrnitostní rozbory, pro něž se provádí preparace B metodou, postačí frakce o průměru menším než 0,1; 0,05; 0,02; 0,01; 0,005 (frakce < 0,02; 0,005 se stanovují pro případ, že se bude vykreslovat zrnitostní křivka). Jílové částice o průměru < 0,001 mm se v případě potřeby stanovují zvlášť.

Pipetovací čas, což je doba od začátku sedimentace, na jejímž konci probíhá odběr vzorku pipetou, se stanoví z nomogramů. (Drbal, 1970; Valla a kol., 2002)

2.5.1.2 **Areometrická (hustoměrná) metoda (podle A. Casagrande)**

Jelikož hustoměrná metoda patří do neopakované sedimentace, všechna měření se konají během jednoho a téhož usazovacího procesu ve vodě. U této metody měříme v určitých časových intervalech hustotu suspenze ve válci pomocí speciálním přístrojem, který se nazývá hustoměr (viz obr. č.: 6). Speciálním hustoměrem se tedy určuje pokles hustoty suspenze jako funkce času. Samotný úbytek hustoty suspenze je způsoben postupným usazováním zeminných částic. (Drbal, 1969)

Obr. č.: 6. Hustoměr. (autor)



Vlivem rozdílných sedimentačních rychlostí klesá hustota suspenze, proto lze výpočtem s pomocí nomogramu zjistit velikosti a procentuální zastoupení částic. (Kutílek, 1979)

Hustoměrná metoda patří mezi metody nenáročné na laboratorní vybavení a práci. Je také vhodná pro technické účely (meliorační). Tato metoda umožňuje sestavení součtové zrnitostní křivky, z níž lze odvodit obsah libovolné zrnitostní

frakce. Zrnitostní křivka dovoluje odstranit nahodilé chyby, vzniklé při měření nebo výpočtech. (Drbal, 1969)

Při tomto rozboru existují negativní dopady vlivů, které by neměly být zanedbány kvůli možnosti ohrožení přesnosti výsledků. Mezi tyto vlivy se řadí:

- Vliv přípravy vzorků (dispergace)

Výsledek rozboru závisí na správné přípravě vzorků, to je jejich dispergace a zamezení koagulace během usazování. Vždy se volí nejúčinnější, přitom však nepříliš pracná a zdlouhavá příprava vzorků.

Pro možnost porovnání výsledků různých druhů rozborů musí předcházet stejný způsob přípravy a musí být přibližně stejná koncentrace suspenze. Jinak je shoda výsledků jen u hrubších frakcí.

- Vliv teploty (měření teploty suspenze)

Teplota ovlivňuje tím, že určuje viskozitu kapaliny a tím ovlivňuje usazovací rychlost i průměry zrn. Také ovlivňuje hustotu suspenze a objem hrušky hustoměru. Proto se rozborů provádějí v místnostech se stálou teplotou.

- Vliv průměru sedimentačního válce na výpočet velikosti zrn

Pro praktická měření se používá skleněného odměrného válce 1000 ml, jehož průřezová plocha je 4 – 6 krát větší než průřezová plocha hrušky hustoměru. (Drbal, 1970)

U této metody je nezbytná kalibrace páru sedimentační válec - hustoměr. (Valla a kol., 2002)

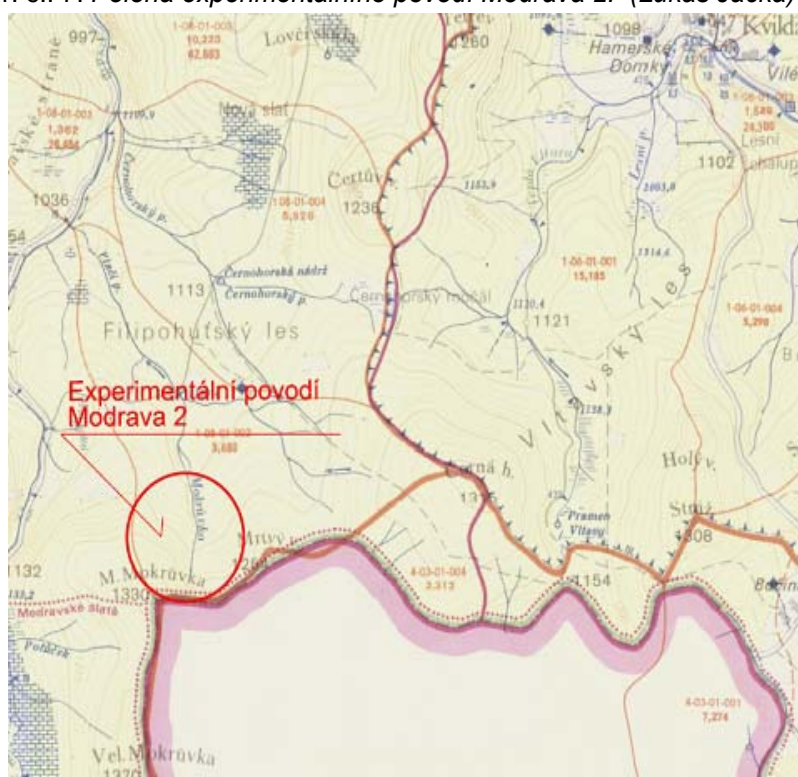
3 METODIKA

Odběr vzorků byl proveden na experimentálním povodí Modrava 2 kopanou sondou. Označení odběru vzorků je M2_10_2010. Datum odběru vzorků je 28. 10. 2010.

3.1 Charakteristika povodí Modrava 2

Toto povodí je jedno ze dvou Modravských povodí vybudovaných Katedrou vodního hospodářství a Katedrou biotechnických úprav krajiny FLE ČZU v roce 1998. V současné době jsou spravována Katedrou vodního hospodářství a environmentálního modelování. Experimentální povodí Modrava 2 leží v Národním parku Šumava na severovýchodním svahu Malé Mokrůvky, cca 5 km jižně od Filipovy Hutě, v nadmořské výšce 1 188 až 1 330 m n.m (viz obr. č.: 7). V povodí pramení potok Mokrůvka. Jsou zde zastoupeny horniny silimanit a magmatické horniny, jedná se o světlé, jemnozrnné až střednězrnné dvojslídne horniny. Převažujícím půdním typem je zde podzol nebo kryptopodzol. Hloubka nadložního horizontu O je 8 až 15 cm, Ah – 1 až 5 cm, Ep – 5 až 15 cm, Bhs – 20 až 40 cm, Bs – 15 až 25 cm. Podle zrnitostních rozborů provedených Casagrandeho hustoměrnou metodou se jedná o půdy hlinito-písčité (horizont Ep) a písčito-hlinité (horizont Bhs). Celková skeletovitost dosahuje hodnoty 20 až 50 % (hor. Ep), 20 až 40 % (Bhs a Bs). Povrch terénu tvoří vysazené a náletové dřeviny, travní porosty, tlející větve a pařezy. (Jačka a Pavlásek, 2010)

Obr. č.: 7. Poloha experimentálního povodí Modrava 2. (Lukáš Jačka)



Vzorky pro zrnitostní rozbor byly odebrány z kopané sondy, která je na obr.č.: 8. Vzorky byly odebrány z půdních horizontů Ep, Bhs, Bs, Bs_dolní, C.

Obr. č.: 8. Fotografie kopané sondy na zájmovém území. (Lukáš Jačka)



Popis kopané sondy

Hloubka nadložního horizontu O je 4 cm, Ah – 5 cm, Ep – 11 cm, Bhs – 13 cm, Bs – 15 cm, C – 6 cm. Hloubka půdního profilu je cca 60 cm. Půdní typem je zde shledán podzol.

3.2 Preparace vzorku

Zemina, která byla určena k rozboru, se nejprve nechala na vzduchu vyschnout (24h). Následovně se zemina mechanicky rozrušila tak, aby se rozpadly největší agregované shluky zeminy v třecí misce pomocí tloučku. Dále se zemina prosila přes síto s průměrem ok 2 mm. Zemina se tedy rozdělila na dvě části. Uvzlá zemina na sítu je nazývána skeletem a propadlá zemina jemnozemí. Navážka zeminy byla stanovena na základě hmatové zkoušky, která je závislá na množství jílnatých částic v zemině. Tato zemina spadá do středně těžkých zemin, tudíž se navážka zvolila v rozmezí 30 – 50g. S touto preparací byla stanovena i sušina, která se navážila v rozmezí 10 – 20g. Tento vzorek zeminy se vložil do sušičky a sušil se při 105 °C až do konstantní hmotnosti. Sušina se před vážením uložila do exsikátoru, aby se předešlo navázání okolní vlhkosti do vzorku zeminy. Exsikátor je zobrazen v příloze č.: 7. Jednotlivé sušiny jemnozeme jsou vyobrazeny v příloze č.: 9. Sušina je potřebná k výpočtu vlhkosti vzorku. Tato navážka se odebírala tzv. kvartací. Navážka se vložila do kádinky spolu s dispergačním činidlem. Na každých 10g

jemnozemi se přidalo 10 cm³ dispergačního činidla. Tato suspenze se nechala odstát na 24 hodin a následovně se vařila po dobu jedné hodiny za občasného míchání a přidávání destilované vody, která dorovnávala objem tekutiny, který byl odpařen. Po vychladnutí se suspenze separovala pomocí síta s velikostí ok 250 μm. Síto i se zeminou, která se na něm zachytila, se vložila do sušičky, aby se vlhkost odpařila a bylo umožněno přesně stanovit váhu této zrnitostní kategorie. Suspenze, která propadla sítem, se přelila spolu s destilovanou vodou do sedimentačního válce na objem 1000ml.

3.3 Provedení laboratorních zrnitostních rozborů hustoměrnou metodou

Asi minutu před začátkem sedimentace se suspenze intenzivně promíchávala pomocí míchadla, v okamžiku kdy se přestala míchat, začala suspenze okamžitě sedimentovat. Proto se ihned začínal měřit sedimentační čas. Hustoměr se vkládal do sedimentačního válce v určených časech vždy s dostatečným předstihem. Hustota se četla z jeho horního menisku, správné hustoměrné čtení je zobrazeno v příloze č.: 4. Po každém odečtení hodnot (kromě prvních 3 časů) se hustoměr opatrně vyjmul tak, aby nenarušil sedimentaci, opláchnul. Tento postup se opakoval i u dalších měření. Protože se během sedimentace často měnila i teplota suspenze, bylo třeba zjišťovat jí teploměrem při každém měření. Do tabulky, která je v příloze č. 5., byly zapisovány výsledky: „T“ doba sedimentace (min), „R“ hustoměrné čtení (dílků), „t“ teplota (°C). Sedimentační válce se suspenzemi z jednotlivých horizontů jsou v příloze č.: 10.

3.4 Rozbor skeletovosti

Byl stanoven celkový obsah skeletu v jednotlivých půdních horizontech tak, že se v některých případech ještě dále třídil pomocí sít na jednotlivé frakce. Podle tabulky tab. č.: 1., která je umístěna výše, se rozlišují jednotlivá označení skeletovosti. Jednotlivé oddělené frakce skeletu (u vzorku z horizontu Bs_dolní) jsou zobrazeny v příloze č.: 8. Jednotlivé obsahy skeletu u všech horizontů je zobrazeny v příloze č.: 11.

3.5 Vyhodnocení

Ostatní hodnoty tabulky (viz příloha č.: 5.) se dopočítaly, nebo určily z nomogramů následovně. Průměr částic „d“ byl přímo vypočítán ze Stokesova vzorce (3), střední hloubka ponoření hustoměru „hr“ byla přepočítána z hodnoty hustoměrného čtení dle vzorce (6), kumulativní procento částic, které se ještě vznášejí v čase T „Σ%“ se spočítalo dle vzorce (7), teplotní korekce je provedena z nomogramu uvedeného v příloze č.: 6.

$$hr = h/2 - V/2F + (S-R).L/S \quad (6)$$

hr ... přepočítané hustoměrné čtení,

S ... počet tisícinných dílků stupnice hustoměru mezi ryskami 1,000 a 1,030 (30),

L ... délka stupnice hustoměru (cm) - vzdálenost mezi ryskami 1,000 a 1,030,

V ... objem hrušky hustoměru (cm³),

h/2 ... poloviční výška hrušky hustoměru (cm),

F ... průřezová plocha válce (cm²).

$$\Sigma \% = \frac{100}{n} \frac{\rho_z}{\rho_z - 1} R_0 \quad (7)$$

n ... navážka zeminy použitá k zrnitostní analýze a přepočtená na sušinu,

ρ_z ... měrná hmotnost sedimentujících částic (použita měrná hmotnost křemene 2,65 g/cm³),

R_0 ... hustoměrné čtení upravené teplotní korekcí.

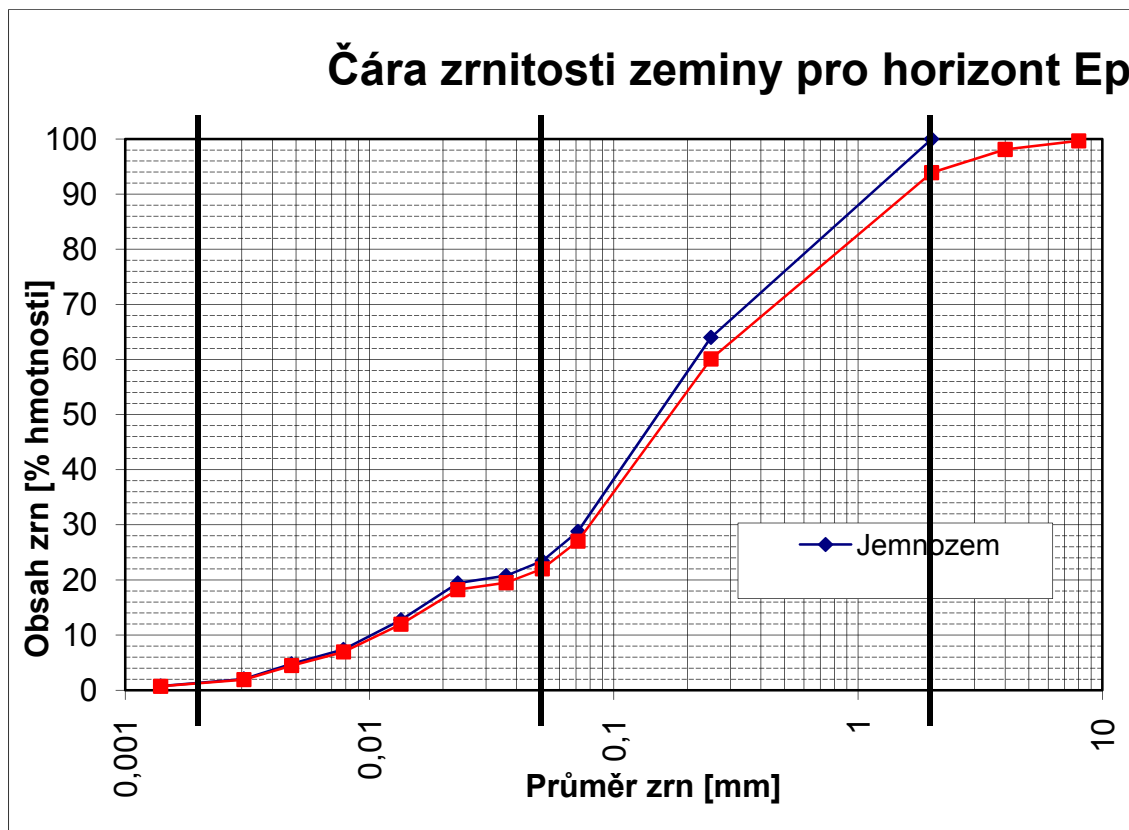
Zjištěné obsahy slouží ke stanovení půdního druhu. Půdní druh se určil dle trojúhelníkového diagramu URSC USDA – Taxonomický klasifikační systém půd ČR (viz obr. č.: 3.). Půdní druh byl doplněn o údaj skeletovitosti (viz. 3.4 Rozbor skeletovitosti). U všech vzorků byl rovněž proveden výpočet čísla nestejnozrnnosti dle vzorce (1).

4 VÝSLEDKY

Horizont Ep

Výsledek zrnitostního rozboru pro Horizont Ep ukázal, že se jedná o hlinitý písek s příměsí skeletu. Procentické zastoupení všech jednotlivých frakcí je doplněno v tabulce č.: 6. a výsledná zrnitostní křivka je zobrazena na grafu č.: 1. Výpočet čísla nestejnozrnnosti ($C_u = 21$) ukázal, že se jedná o nestejnozrnnou zeminu.

Graf č.: 1 Křivka zrnitosti pro horizont Ep.



Tab. č.: 6. Procentické zastoupení všech jednotlivých frakcí horizontu Ep.

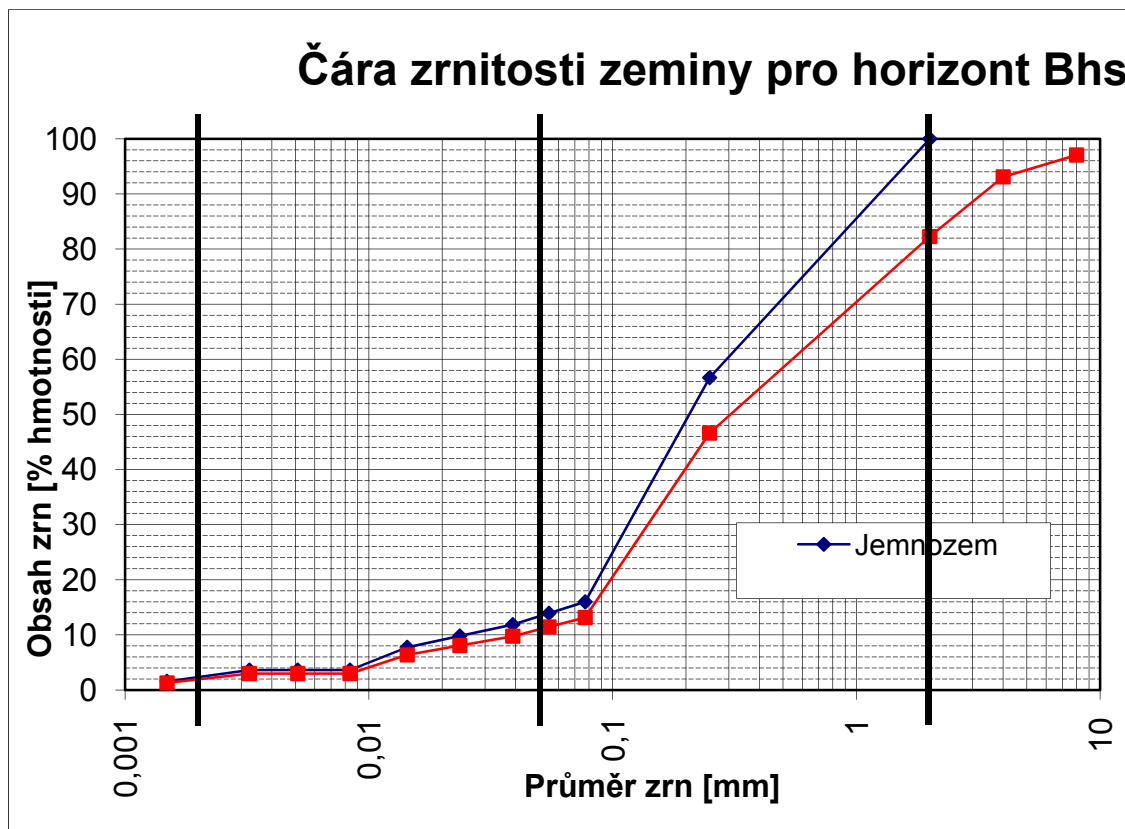
jemnoze m		
%	částice	rozmezí mm
1,9	jíl	<0,002
22,1	prach	0,002-0,05
76,0	písek	0,05-2

skelet		
%	částice	rozmezí mm
6,11	skelet-celkem	>2
4,21	hrubý písek	2-4
1,56	štěrk	4-8
0,34	štěrk nad 8mm	>8

Horizont Bhs

Výsledek zrnitostního rozboru pro Horizont Bhs ukázal, že se jedná o písek slabě skeletovitý. Procentické zastoupení všech jednotlivých frakcí je doplněno v tabulce č.: 7. a výsledná zrnitostní křivka je zobrazena na grafu č.: 2. Výpočet čísla nestejnozrnnosti ($C_u = 12,5$) ukázal, že se jedná o středně nestejnozrnnou zeminu.

Graf č.:2. Křivka zrnitosti pro horizont Bhs.



Tab. č.: 7. Procentické zastoupení všech jednotlivých frakcí horizontu Bhs.

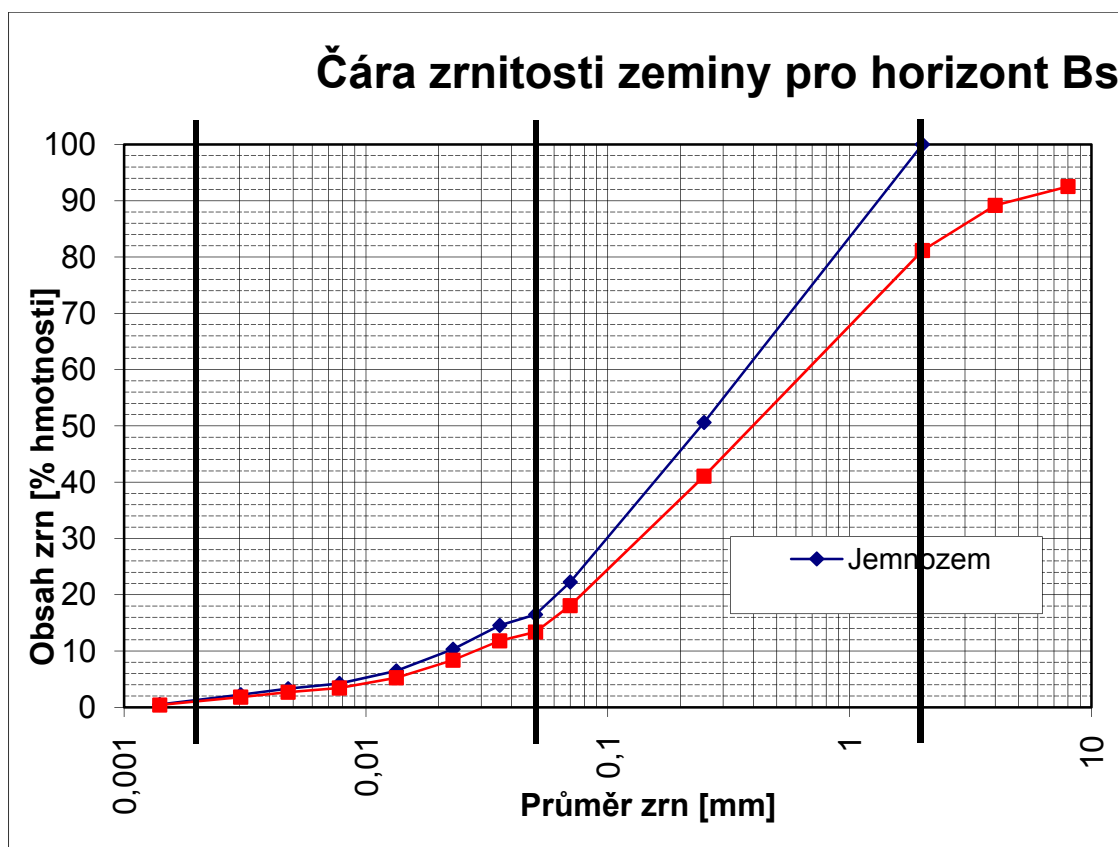
jemnozern		
%	částice	rozmezí mm
2,1	jíl	<0,002
10,9	prach	0,002-0,05
87	písek	0,05-2

skelet		
%	částice	rozmezí mm
17,73	skelet-celkem	>2
10,83	hrubý písek	2-4
3,964	štěrk	4-8
0	štěrk nad 8mm	

Horizont Bs

Výsledek zrnitostního rozboru pro Horizont Bh ukázal, že se jedná o hlinitý písek slabě skeletovitý. Procentické zastoupení všech jednotlivých frakcí je doplněno v tabulce č.: 8. a výsledná zrnitostní křivka je zobrazena na grafu č.: 3. Výpočet čísla nestejnzrnnosti ($C_u = 18,5$) ukázal, že se jedná o nestejnzrnnou zeminu.

Graf č.:3 Křivka zrnitosti pro horizont Bs.



Tab.: 8. Procentické zastoupení všech jednotlivých frakcí horizontu Bs.

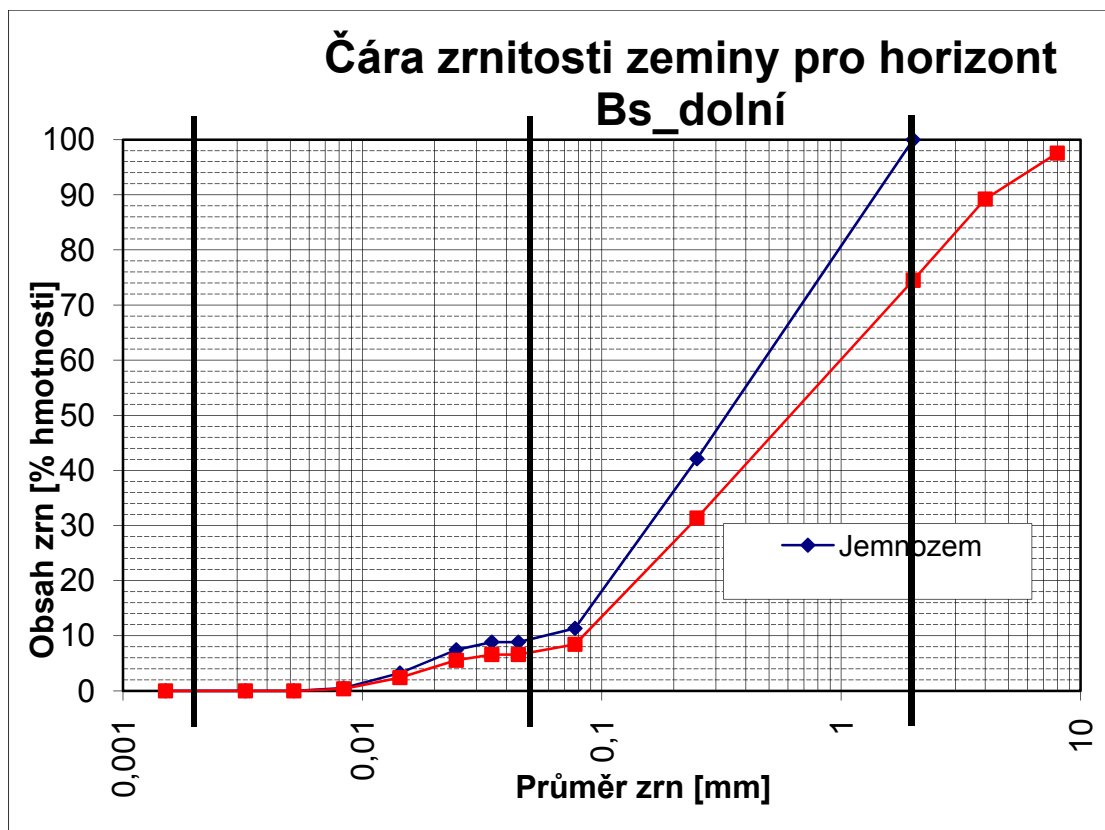
jemnozern		
%	částice	rozmezí mm
1	jíl	<0,002
15	prach	0,002-0,05
84	písek	0,05-2

skelet		
%	částice	rozmezí mm
18,85	skelet-celkem	>2
8,034	hrubý písek	2-4
3,345	štěrk	4-8
0	štěrk nad 8mm	

Horizont Bs_dolní

Výsledek zrnitostního rozboru pro Horizont Bs_dolní ukázal, že se jedná o písek středně skeletovitý. Procentické zastoupení všech jednotlivých frakcí je doplněno v tabulce č.: 9. a výsledná zrnitostní křivka je zobrazena na grafu č.: 4. Výpočet čísla nestejnzrnnosti ($C_u = 8$) ukázal, že se jedná o středně nestejnzrnnou zeminu.

Graf č.: 4. Křivka zrnitosti pro horizont Bs_dolní.



Tab.: 9. Procentické zastoupení všech jednotlivých frakcí horizontu Bs_dolní.

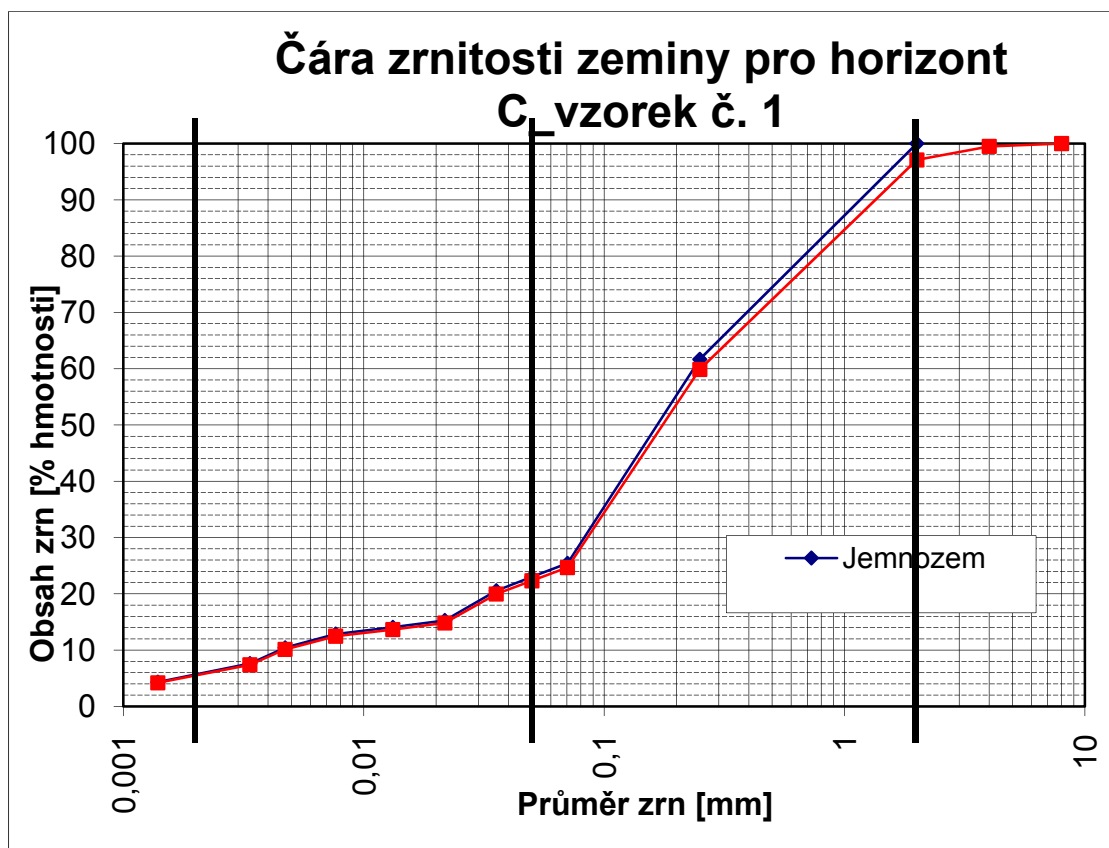
jemnozern		
%	částice	rozmezí mm
0	jíl	<0,002
9	prach	0,002-0,05
91	písek	0,05-2

skelet		
%	částice	rozmezí mm
25,50	skelet-celkem	>2
14,73	hrubý písek	2-4
8,35	štěrk	4-8
0	štěrk nad 8mm	

Horizont C (vzorek č. 1)

Výsledek zrnitostního rozboru pro Horizont C (vzorek č. 1) ukázal, že se jedná o hlinitý písek. Procentické zastoupení všech jednotlivých frakcí je doplněno v tabulce č.: 10. a výsledná zrnitostní křivka je zobrazena na grafu č.: 5. Výpočet čísla nestejnozrnnosti ($C_u = 52$) ukázal, že se jedná o nestejnozrnnou zeminu.

Graf č.: 5. Křivka zrnitosti pro horizont C_vzorek č. 1.



Tab.: 10. Procentické zastoupení všech jednotlivých frakcí horizontu C_vzorek č. 1.

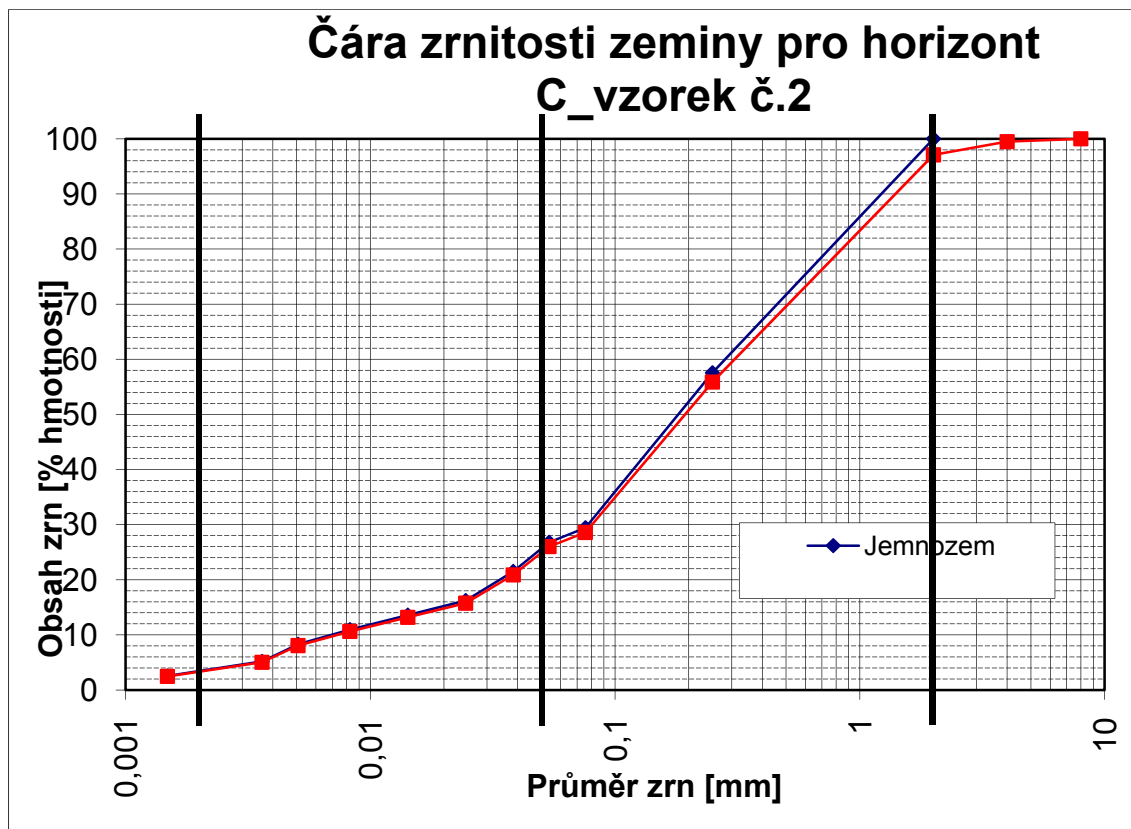
jemnozern		
%	částice	rozmezí mm
6	jíl	<0,002
17	prach	0,002-0,05
77	písek	0,05-2

skelet		
%	částice	rozmezí mm
2,911	skelet-celkem	>2
2,402	hrubý písek	2-4
0,509	štěrk	4-8
0	štěrk nad 8mm	

Horizont C (vzorek č. 2)

Výsledek zrnitostního rozboru pro Horizont C (vzorek č. 2) ukázal, že se jedná o písčitou hlínu. Procentické zastoupení všech jednotlivých frakcí je doplněno v tabulce č.: 11. a výsledná zrnitostní křivka je zobrazena na grafu č.: 6. Výpočet čísla nestejnozrnnosti ($C_u = 35$) ukázal, že se jedná o nestejnozrnnou zeminu.

Graf č.: 6. Křivka zrnitosti pro horizont C_vzorek č. 2.



Tab.: 11. Procentické zastoupení všech jednotlivých frakcí horizontu C_vzorek č. 2.

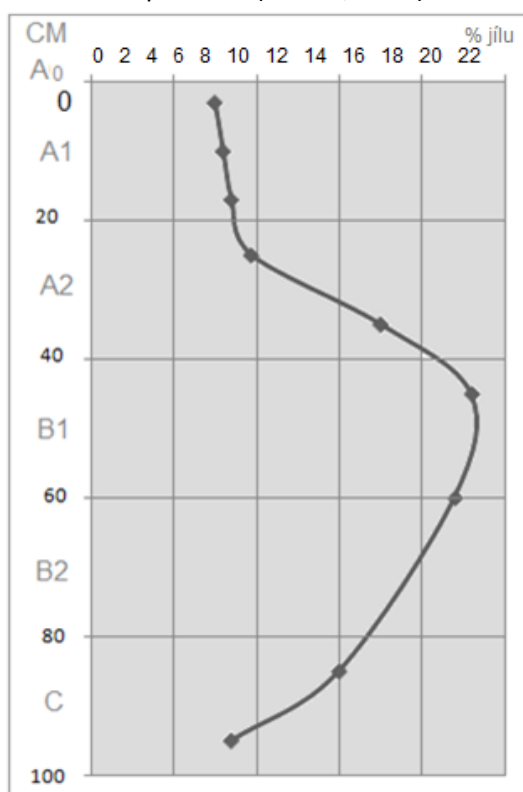
jemnozern		
%	částice	rozmezí mm
3,8	jíl	<0,002
23,2	prach	0,002-0,05
73	písek	0,05-2

skelet		
%	částice	rozmezí mm
2,911	skelet-celkem	>2
2,402	hrubý písek	2-4
0,509	štěrk	4-8
0	Štěrk nad 8mm	

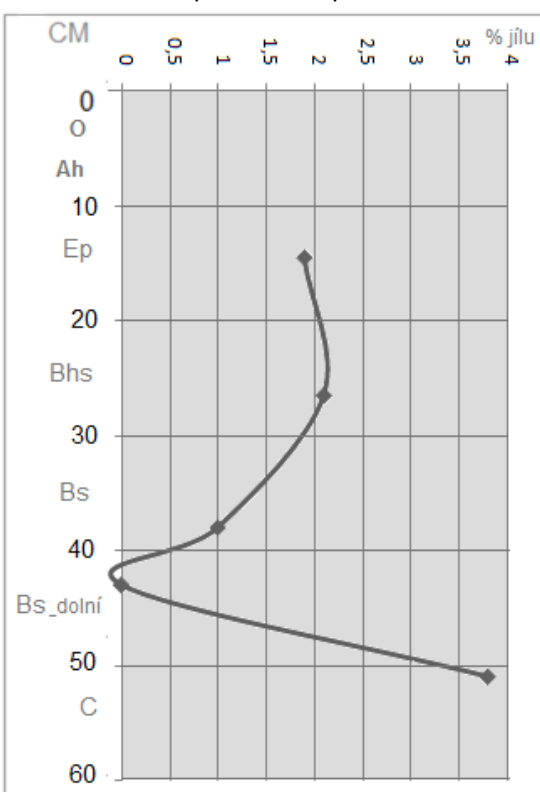
5 DISKUZE

U všech horizontů výsledky zrnitostního složení ukázaly, že se jedná o zrnitostní frakce na rozhraní prachu a písku. Výsledky všech horizontů vypovídají o malém procentuálním zastoupení jílu (max. 6%). Tento znak odpovídá tomu, že skalním podkladem je zde žula, její zastoupení slídy je značně menší než u ruly, která je pro půdní typ podzol daleko typičtější. Při rozpadu žuly se tvoří málo jílu a naopak větší množství hrubších frakcí. Graf č.: 7. ukazuje rozložení jílu v podzolu dle Smolíka, graf č.: 8. ukazuje rozložení jílu v podzolu z povodí Modrava 2. Jak je z porovnání těchto grafů vidět, množství jílu je v půdním profilu velmi měnlivé, i když se jeho chemické vlastnosti od sebe výrazně neliší.

Graf č.: 7. Rozložení jílu v jednotlivých horizontech podzolu. (Smolík, 1957)



Graf č.: 8. Rozložení jílu v jednotlivých horizontech podzolu na povodí Modrava 2.



Bývá pravidlem, že s přibývajícím hloubkou roste skeletovitost půd, avšak zde byl výjimkou horizont Bs _dolní, kde byla naopak jeho skeletovitost překvapivě větší než u horizontů pod ním.

Podzol patří mezi typy půd bez většího obsahu organických látek, proto nebyla příprava vzorků pro zrnitostní rozborů podrobena odstranění organických látek chemickou cestou. Z tohoto důvodu byly možná výsledky částečně ovlivněny. Dalším možným faktorem ovlivnění výsledků mohla být špatná dispergace zeminy, která mohla zapříčinit nedokonalé oddělení půdních zrn.

6 ZÁVĚR

V rešeršní části práce byly popsány jednotlivé fyzikální vlastnosti půd. Pozornost byla věnována především zrnitosti půd, zrnitostním klasifikacím a metodám zrnitostních rozborů. Byly zde také popsány jednotlivé půdní horizonty půdního typu podzol.

Praktická část byla zahájena přípravou všech vzorků zeminy, které byly odebrány z jednotlivých půdních horizontů z kopané sondy na lokalitě Modrava 2, k zrnitostnímu rozboru. Následovně byly provedeny zrnitostní rozborů hustoměrnou metodou. Výsledky rozboru ukázaly na celkově malý obsah jílu ve všech horizontech. Výsledné zařazení do zrnitostní klasifikace ukázala, že všechny půdní horizonty lze označit jako hlinité písky až písky s menším obsahem skeletu.

Největší vliv na výsledky zrnitostního rozboru, podle mého názoru, neměla samotná metoda zrnitostního rozboru, nýbrž příprava vzorků zeminy. Přestože podzol neobsahuje velké množství organických látek, mohlo zde právě toto malé množství zapříčinit ovlivnění výsledků. Největší pozornost a důslednost by měla být kladena především na kvalitní a důslednou přípravu vzorků zeminy pro zrnitostní rozborů. Zvláště u úrodných půd, kde je vyvinut silný humusový horizont, by mělo být zajištěno důsledné odstranění organické hmoty.

7 POUŽITÁ LITERATURA

SEZNAM LITERATURY

DRBAL J., 1969: Meliorační pedologie. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.

DRBAL J., 1969: Praktikum meliorační pedologie. Státní pedagogické nakladatelství, Praha.

JAČKA L., PAVLÁSEK J., 2010: Vybrané hydropedologické charakteristiky podzolů v centrální oblasti NP Šumava. VTEI ročník 52: 17 – 19.

KUTÍLEK M., 1963: Vodohospodářská pedologie. SNTL, Praha.

KUTÍLEK M., 1978: Vodohospodářská pedologie. STNL - ALFA, Praha.

KUTÍLEK M., 1979: Půdní hospodářství. Vydavatelství ČVUT, Praha.

KUTÍLEK M., KURÁŽ V., CÍSLEROVÁ M., 2004: Hydropedologie 10. ČVUT, Praha.

MATULA, PAŠEK, 1986: Regionálna inžinierska geológia ČSSR, Bratislava.

NĚMEČEK J., 2001: Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. ČZU Praha spolu s VÚMOP Praha, Praha.

SMOLÍK L., 1957: Pedologie. SNTL, Praha.

TOMÁŠEK M., 2000: Půdy České republiky. Český geologický ústav, Praha.

VALLA M., KOZÁK J., NĚMEČEK J., MATULA S., BORŮVKA L., DRÁBEK O., 2002: Pedologické praktikum. ČZU, Praha.

Internetové zdroje

BAJER A MATYÁŠEK J., REJŠEK K., SUK M., 2004: Petrologie. Masarykova univerzita v Brně, Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, online: <http://is.muni.cz/elportal/estud/pedf/ps06/2722682/petro/soubory/skripta.htm>, cit. 28. 2. 2011.

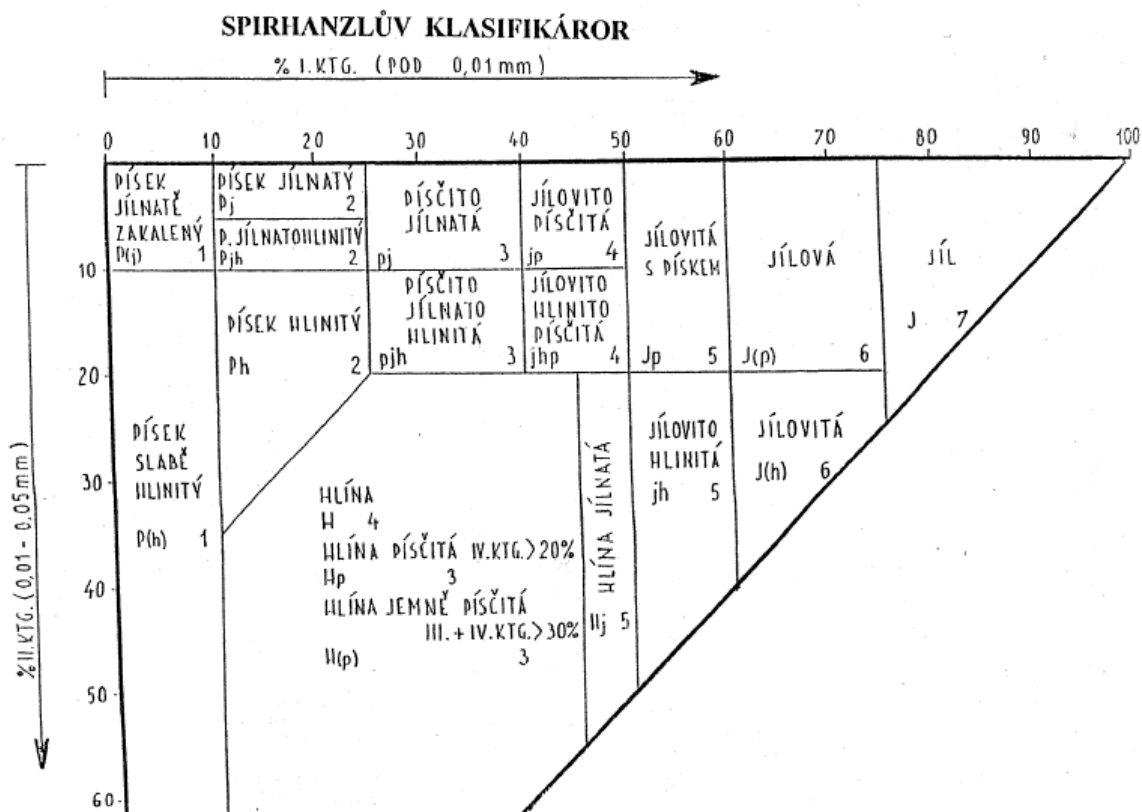
HORNÍČEK LEOŠ, 2011: Mechanika zemin. ČVUT, Praha, online: http://departments.fsv.cvut.cz/k135/data/wp-upload/2008/12/prednaska1_final.pdf, cit. 20. 1. 2011

PETRÁNEK JAN, 2011: Jílové minerály. Česká geologická služba – Geologická encyklopedie, Praha, online: http://www.geology.cz/aplikace/encyklopedie/term.pl?jilove_mineraly, cit. 13. 4. 2011

ZIKMUND L., 2011: Aplikace informačního systému v pedologii České republiky. Česká Zemědělská Univerzita v Praze, Praha, online: <http://web.czu.cz/mksp/kategorie/pz/pz.html>, cit. 11. 3. 2011

8 PŘÍLOHY

Příloha č.: 1. Spirhanzlův klasifikátor



Příloha č.: 2. Kopeckého klasifikační stupnice

	I.ktg. %	II.ktg. %	slovní označení	číselné označení
jílové zeminy	přes 75	-	jíl (prchlice)	7
	60 - 75	pod 20	jílová zemina	6
	60 - 75	nad 20	jílovitá zemina	6
	50 - 60	pod 20	jílovitá s pískem	5
	50 - 60	nad 20	jílovitohlinitá	5
písčité zeminy	40 - 50	pod 10	jílovitopísčitá	4
	40 - 50	10 - 20	jílovitohlinitopísčitá	4
	25 - 40	pod 10	písčitojílkatá	3
	25 - 40	10 - 20	písčitojílkatohlinitá	3
	10 - 25	pod 5	písek jílnatý	2
	10 - 25	5 - 10	písek jílnatohlinitý	2
	10 - 25	10 - 35	písek hlinitý	2
			(I + II < 45%)	
	pod 10	pod 10	písek jílnatě zakalený	1
pod 10	nad 10	písek slabě hlinitý	1	
hlíny	45 - 50	nad 20	hlína jílnatá	5
	10 - 45	nad 20	hlína (I + II > 45 %)	4
	10 - 45	nad 20	hlína písčitá (IV > 20 %)	3
	10 - 45	nad 20	hlína jemně písčitá	3
			(III + IV > 30 %)	

Příloha č.: 3. Postup mezinárodních preparačních metod A, B. (Drbal, 1970)

Mezinárodní preparační metoda A (chemická)

Potřeby: kádinka 500 – 1000 ml, hodinové sklo o průměru 15 cm, vodní lázeň, filtrační papír S. S. č. 505 o průměru 10 cm, síto o otvorech 0,2 mm, odměrná nebo Stohmannova láhev 1000 ml, H₂O₂ 6% dle váhy nebo 20% dle objemu, n HCl, 10% NH₃.

Postup: Odvážené množství jemnozeme, potřebné k rozboru, vsypeme do kádinky 500 – 1000 ml. Přidáme 50 ml H₂O₂ a zahříváme na horké vodní lázni. Po ukončení prudkého pění přidáváme další H₂O₂ dokud pění neustane, tj. až jsou organické látky spáleny (u bezhumózních vzorků není třeba přidávat H₂O₂). Po úplném vychladnutí přidáme tolik n HCl, abychom obdrželi asi 250 ml tekutiny s koncentrací přibližně 0,2 n HCl.

U vápenitých zemin přidáme stejné množství n HCl jak u bezvápených, ,
zvětrané o množství n HCl, potřebné k neutralizaci a doplníme celkový objem kapaliny na 250 ml. V obou případech po přidání n HCl necháme kádinku se suspenzí za občasného míchání stát asi 1 hod. Další postup závisí na druhu uvažovaného rozboru.

Pro dekantaci spláchneme suspenzi přímo do sedimentačního válce a přidáváním destilované vody dekantujeme do vymizení kyselé reakce. K další dekantaci se pak použije 0,1 n amoniaku.

Pro pipetování se suspenze promývá destilovanou vodou na filtru až do vymizení kyselé reakce. Po promytí se usazenina na filtru sestříkne na síto 0,2 mm, roztírá se a promývá vodou. Hrubý zbytek na sítu se po vysušení zváží, jemný materiál se vpraví do Stohmannovy lahve (1000 ml), přidá se 10 % NH₃. Doplní destilovanou vodou na 500 ml a třepe 2 hod. na horizontální třepačce. Nakonec suspenzi vpravíme do sedimentačního válce a doplníme na 1000 ml.

Mezinárodní preparační metoda B (mechanická)

Potřeby:

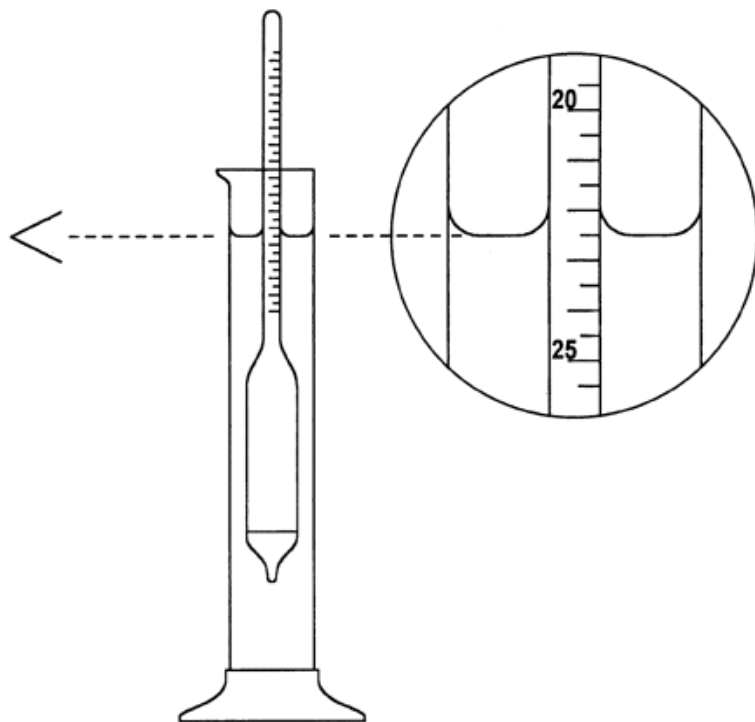
- a) Pro vaření a roztírání: plechová smaltovaná plochá miska o průměru cca 20 cm, skleněná tyčinka, gumový prst či gumová těrka
- b) Pro třepání: dtto, dále silnostěnná láhev 500 ml (mlékárenská), 5 olověných kuliček pogumovaných (průměr olověných kuliček 14 mm, s gumou celkový průměr 17 mm). Horizontální třepačka (220 otáček = 440 nárazů za minutu), širokohrdlá nálevka.

Postup při vaření a roztírání:

Odvážené množství jemnozeme přelijeme v misce 200 ml destilované vody, rozmícháme a necháme zakryté stát 24 hodin. Potom vaříme 2 hodiny za občasného míchání a doplňování vypařené vody (miska je zakryta hodinovým sklem). Po vaření necháme suspenzi stát do druhého dne.

Před rozborem odlijeme přebytečnou vodu do přístroje (sedimentačního válce), hustou kaši na misce roztíráme gumovým prstem či třerkou 5 minut. Prst (těrku) i stěny misky opláchneme a kalnou tekutinu odléváme po tyčince do přístroje. Přidáváme destilovanou vodu a roztíráme vždy 1 minutu, dokud se přidávaná destilovaná voda kalí. Hrubý zbytek spláchneme kvantitativně do přístroje. (Analyzujeme-li vzorek plavením v Kopeckého přístroji, sléváme kalnou vodu do prostředního válce, hrubý zbytek do nejužšího válce).

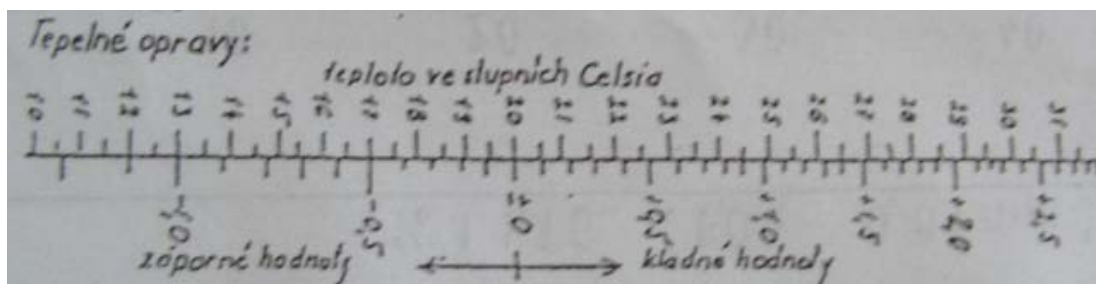
Příloha č.: 4. Správné čtení hustoměru. (Valla a kol., 2002)



Příloha č.: 5. Tabulka pro zapisování hodnot pro hustoměrnou metodu (Valla a kol., 2002)

T min	R	t °C	Δt	h_r cm	d mm	$\Sigma\%$ %
0,5						
1						
2						
5						
...						

Příloha č.: 6. Nomogram tepelné opravy. (Valla a kol., 2002)



Příloha č.: 7. Exsikátor. (autor)



Příloha č.: 8. Jednotlivé oddělené frakce skeletu (u vzorku z horizontu Bs_doní). (autor)



Příloha č.: 9. Sušiny jemnozemi ze všech horizontů. (autor)



Horizont C Horizont $B_{s_dolní}$ Horizont B_s Horizont B_{hs} Horizont E_p

Příloha č.: 10. Sedimentační válce se suspenzemi z každého horizontu. (autor)



Horizont C Horizont $B_{s_dolní}$ Horizont B_s Horizont B_{hs} Horizont E_p

Příloha č.: 11. Jednotlivá zastoupení skeletu pro každý horizont. (autor)



Horizont C Horizont $B_{s_dolní}$ Horizont B_s Horizont B_{hs} Horizont E_p