

UNIVERZITA PARDUBICE
Dopravní fakulta Jana Pernera

Zhodnocení výsledků měření vlhkosti na mezi tekutosti dle ČSN a EN

Kristýna Jakubíková

Bakalářská práce
2017

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Akademický rok: 2016/2017

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Kristýna Jakubíková**
Osobní číslo: **D12253**
Studijní program: **B3607 Stavební inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní stavitelství**
Název tématu: **Zhodnocení výsledků měření vlhkosti na mezi tekutosti dle ČSN a EN**
Zadávající katedra: **Katedra dopravního stavitelství**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Normové přístupy stanovení vlhkosti na mezi tekutosti,
2. Laboratorní měření vlhkosti na mezi tekutosti pomocí kuželového přístroje,
3. Laboratorní měření vlhkosti na mezi tekutosti pomocí Casagrandeho misky,
4. Statistické vyhodnocení naměřených veličin,
5. Zhodnocení výsledků a vazba na stanovení směrných normových charakteristik zemin.

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

1. ČSN CEN ISO/ TS 17892 12 Geotechnický průzkum a zkoušení, Laboratorní zkoušky zemín Část 12: Stanovení konzistenčních mezí, Praha: Český normalizační institut, 2005.
2. ČSN CEN ISO/TS 17892-1 Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemín - Část 1: Stanovení vlhkosti zemín, Praha: Český normalizační institut, 2005.
3. ČSN 72 1012 Laboratorní stanovení vlhkosti zemín, Praha: Český normalizační institut, 2005.
4. ČSN 72 1014 Laboratorní stanovení meze tekutosti zemín, Praha, ÚMN, 1968.
5. Šimek, J., Jesenák, J., Eichler, J., Vaníček, I.: Mechanika zemín. 1.vyd., Praha, SNTL, 1990.
6. Hulla, J., Šimek, J., Turček, P.: Mechanika zemín a zakladanie stavieb, Bratislava, Alfa, 1991.

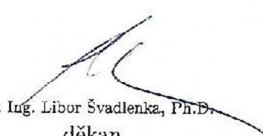
Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Aleš Šmejda, Ph.D.


Katedra dopravního stavitelství

Datum zadání bakalářské práce: **20. prosince 2016**

Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2017**


doc. Ing. Libor Švadlenka, Ph.D.
děkan

L.S.


doc. Ing. Vladimír Doležel, CSc.
vedoucí katedry

V Pardubicích dne 1. února 2016

Prohlášení

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracovala samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využila, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byla jsem seznámena s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Beru na vědomí, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, a směrnicí Univerzity Pardubice č. 9/2012, bude práce zveřejněna v Univerzitní knihovně a prostřednictvím Digitální knihovny Univerzity Pardubice.

Tato bakalářská práce byla realizována s využitím technologií Výukového a výzkumného centra v dopravě.

V Pardubicích dne 1. 6. 2017

Kristýna Jakubíková

Ráda bych poděkovala vedoucímu bakalářské práce Ing. Aleši Šmejdovi, Ph.D. za cenné rady, vstřícný přístup a vynaložený čas při konzultacích a laboratorních zkouškách.

ANOTACE

Bakalářská práce se zabývá tématem zhodnocení výsledků vlhkosti na mezi tekutosti. V teoretické části jsou porovnány Casagrandeho metoda a kuželová zkouška z hlediska norem. Praktická část obsahuje postupy a výsledky všech provedených zkoušek zemin potřebných ke zjištění vlhkostí na mezi tekutosti. Závěrem je uvedeno statistické srovnání obou metod.

KLÍČOVÁ SLOVA

Vlhkost, zemina, mez tekutosti, Casagrandeho přístroj, kuželová zkouška.

TITLE

Evaluation of humidity measurements results in the liquid limit according to ČSN and EN.

ANNOTATION

The topic of this bachelor thesis is the evaluation of humidity results at the liquid limit. In the theoretical part, the Casagrande method and the conical test are compared in the terms of norms. The practical part contains procedures and results of all performed tests of soils necessary for detection of humidity at the liquid limit. The final part concludes with a statistical comparison of both methods.

KEYWORDS

Moisture, soil, liquid limit, Casagrande device, cone penetrometer method.

OBSAH

ÚVOD	9
1 TEORETICKÁ ČÁST	10
1.1 VZNIK A FÁZOVÉ SLOŽENÍ ZEMINY	10
1.1.1 Pevná fáze	11
1.1.2 Kapalná fáze.....	11
1.1.3 Plynná fáze.....	12
1.2 NORMOVÝ PŘÍSTUP Z HLEDISKA KONZISTENČNÍCH MEZÍ.....	13
1.2.1 ČSN 72 1014 Laboratorní stanovení meze tekutosti zemin.....	13
1.2.2 ČSN CEN ISO/TS 17892/12: Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 12: Stanovení konzistenčních mezí vlhkosti zemin.....	15
1.2.3 Srovnání metod v obou normách	17
2 PRAKTICKÁ ČÁST.....	18
2.1 STANOVENÍ PŘIROZENÉ VLHKOSTI ZEMIN	18
2.2 STANOVENÍ ZRNITOSTI ZEMIN	20
2.2.1 Sítový rozbor.....	20
2.2.2 Hustoměrná metoda	21
2.3 STANOVENÍ ZDÁNLIVÉ HUSTOTY PEVNÝCH ČÁSTIC ZEMIN POMOCÍ PYKNOMETRU.....	26
2.4 KONZISTENCE ZEMIN	28
2.4.1 Mez tekutosti (w_L)	28
2.4.2 Mez plasticity (w_P).....	34
2.4.3 Index plasticity (I_P)	35
2.4.4 Index konzistence (I_C).....	36
2.4.5 Index koloidní aktivity jílu (I_e)	37
2.5 KLASIFIKACE ZEMIN.....	38

2.5.1 Zatřídění zemin dle ČSN 73 6133	38
2.5.2 Zatřídění zemin dle ČSN EN ISO 14688-2	40
3 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH VELIČIN.....	43
ZÁVĚR	46
TERMINOLOGIE	47
SEZNAM OBRÁZKŮ.....	48
SEZNAM TABULEK	50
SEZNAM GRAFŮ	53
LITERATURA A SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	56
PŘÍLOHA A – Vstupní hodnoty – kuželová zkouška.....	58
PŘÍLOHA B – Mez tekutosti – kuželová zkouška.....	62
PŘÍLOHA C – Vstupní hodnoty – Casagrandeho miska	73
PŘÍLOHA D – Mez tekutosti – Casagrandeho miska	77
PŘÍLOHA E – Naměřené hodnoty a klasifikace zkušebních vzorků.....	88
PŘÍLOHA F – Křivka zrnitosti.....	99
PŘÍLOHA G – Koloidní aktivita a diagram plasticity	102

ÚVOD

Součástí provedení dopravních staveb jsou rozsáhlé zemní práce, které se týkají různých druhů hornin a zemin. Významnou vlastností zemin je jejich vlhkost jakožto obsah vody v suché zemině, a s ní související Atterbergovy meze.

Cílem bakalářské práce je porovnání výsledků vlhkostí na mezi tekutosti zjištěných pomocí Casagrandeho přístroje a kuželové zkoušky. Postup zkoušky pro zjištění meze tekutosti Casagrandeho přístrojem je popsán českou státní normou. Kuželová zkouška je prováděna dle evropské normy, podle které jsou uskutečňovány nové inženýrsko-geologické průzkumy.

Práce je rozdělena do tří hlavních částí. Teoretická část je věnována převážně normovému postupu provádění zkoušek a konečnému porovnání původní normy s normou platnou. Praktická část obsahuje popis jednotlivých zkoušek, které jsou bezpodmínečně nutné ke zjištění vlhkosti na mezi tekutosti a také podrobné výsledky dvou konkrétních vzorků. Poslední část je věnována závěrečnému statistickému zhodnocení naměřených veličin. Výsledky všech 22 vzorků jsou shrnuty v přílohách.

1 TEORETICKÁ ČÁST

1.1 VZNIK A FÁZOVÉ SLOŽENÍ ZEMINY

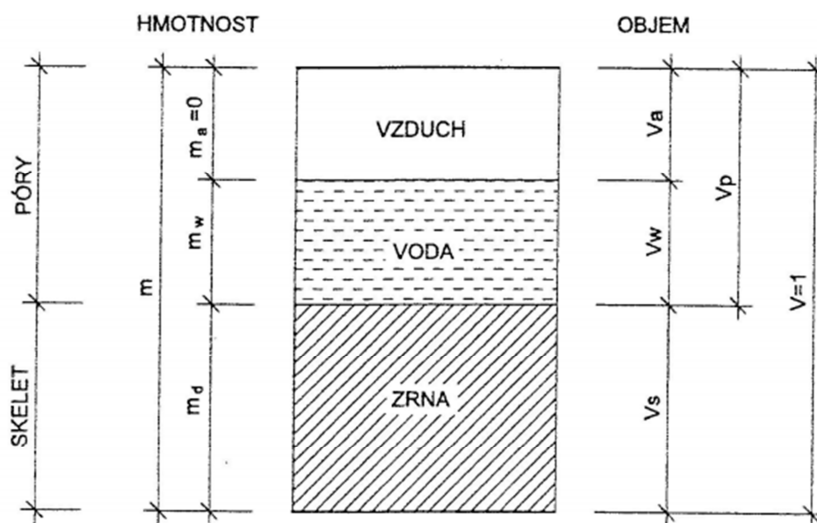
Vznik zemin způsobují geologické procesy zvětrávání, transportu a sedimentace z hlubinných, vyvřelých i sedimentárních skalních hornin. Zvětrávání hornin se dělí na chemické a mechanické.

Chemické zvětrávání lze rozlišit na destruktivní a konstruktivní. Destruktivní typ vede k rozpadu hornin, aniž by se vytvořily nové minerály. Při konstruktivním typu zvětrávání se tvoří nové minerály zvláště jílovitého charakteru. Tento typ zvětrávání závisí na přítomnosti vody.

Při mechanickém zvětrávání dochází k rozpadu hornin, aniž by se výrazně změnilo jejich chemické složení. Nastává v důsledku atmosférických vlivů, např. změna teplot, vliv ledu, větru.

Zeminy se z hlediska vzniku dělí na reziduální a transportované. Reziduální zeminy vznikly zvětráním a zůstaly na místě vzniku. Transportované zeminy byly přemístěny na nové místo. Podle způsobu transportu se dělí na gravitační, váté, ledovcové a zeminy transportované vodou.

Zemina se skládá ze tří fází – pevné, kapalné a plynné a tím se liší od ostatních látek. Poměr těchto složek má vliv na chování zeminy jako celku a na mechanicko-fyzikální vlastnosti. Napětí je přenášeno všemi fázemi, smykovou pevnost však přenáší pouze pevná fáze.



Obrázek 1 - Trojfázový systém zeminy [2]

Druh zeminy a vodní režim jemnozrnných zemin značně ovlivňují vlastnosti podloží vozovky. Základní údaje o stavu podloží se zjišťují prostřednictvím geologického a hydrogeologického průzkumu, které zmenšují geotechnická rizika při plánování stavby a poskytují informace o podzemní vodě, stlačitelnosti a únosnosti základové půdy či vhodnosti polohy stavby.

Vodní režim podloží závisí na vzdálenosti podloží od hladiny podzemní vody a na kapilární vzlínivosti vody v zemině. Pro účely navrhování vozovek je rozdělen na příznivý, nepříznivý a velmi nepříznivý. Vysoká hladina podzemní vody zvyšuje finanční náklady na realizaci stavby. Obvykle se vodní režim stanovuje na konci jara a podzimu.

Přítomnost vody a vlhkost zemin má značný vliv na jejich soudržnost. Jemnozrnné zeminy obsahují vázanou vodu. Vhodné podloží můžou tvořit např. spraše, avšak s výjimkou velmi jemné prachové hlíny, která se po styku s vodou stává tekutou. Jílovité zeminy jsou neúnosné a velmi stlačitelné. Změny vlhkosti jílu jsou doprovázeny změnami objemu. Smršťování jílu má vliv na řadu poruch stavebních objektů.

1.1.1 Pevná fáze

Pevná fáze zeminy je tvořena částicemi různého složení, tvaru i velikosti. Velikost částic pevné fáze nabývá značného rozsahu od velkých balvanů až po nejmenší zrna pozorovatelné pouze mikroskopem. Většina zemin je tvořena více minerály. Nejhojněji vyskytujícími se prvky v zemině jsou kyslík, křemík, hliník a vodík. Společně s menším množstvím dalších prvků utváří atomy těchto prvků krystalografické formy, které představují pevnou fázi zeminy.

1.1.2 Kapalná fáze

Kapalnou fázi tvoří voda s různým množstvím a typy rozpuštěných elektrolytů. Přítomnost vody v zemině výrazně ovlivňuje její vlastnosti a může způsobit snížení bezpečnosti stavebních konstrukcí, které je nutno před působením podzemní vody vhodně chránit. Voda může způsobit poškození podzemních konstrukcí prouděním, svými agresivními vlastnostmi či schopností penetrovat do stavebních materiálů.

Voda se v zemině vyskytuje v několika podobách.

Gravitační voda se dělí na volnou a kapilární vodu a její pohyb je podmíněn zemskou přitažlivostí. Volná voda vyplňuje objem pórů pod hladinou podzemní vody. Její pohyb je způsoben výhradně gravitační silou. Pohyb kapilární vody je způsoben povrchovým napětím

vody. Dochází ke vztlínání vody v úzkých pórových kanálcích nad hladinou podzemní vody. Zemina je nasycena do tzv. kapilární výšky h_k . Voda může v nejužších pórech vystoupat výše než do kapilární výšky, zemina zde však již není nasycena. Na pevné fázi je kapilární voda zavěšena pomocí kapilárních menisků.

Vázaná voda vytváří okolo pevných částic zeminy tzv. difúzní obal (lyosféra). Vodní obal je k povrchu zrn zeminy vázán elektrochemickými a molekulárními silami. Dle intenzity vazby je vázaná voda rozdělena na pevně vázanou (adsorbční) a slabě vázanou vodu (obalová, osmotická). Pevně vázanou vodu tvoří vnitřní vrstvy difúzního obalu. Síly vazeb se odhadují na stovky až tisíce MPa. Je hustě viskózní. K zamrznání dochází v kaolinitu při teplotě -10 °C až -20 °C , v montmorillonitu se vyskytuje ještě při -70 °C 7% nezamrzlé vody. Obsah pevně vázané vody v zemině se shoduje s její maximální hygroskopicitou, tj. schopnost vysušené zeminy přijmout při dané teplotě vlhkost z ovzduší při 100% relativní vlhkosti vzduchu. Je závislá na minerálech obsažených v zemině a disperzitě. Slabě vázanou vodu tvoří vnější vrstvy vodního obalu a jsou k pevným částicím méně pevně připoutané. Na rozdíl od pevně vázané vody ji lze odstranit mechanicky, např. odstředěním či stlačením. Slabě vázaná voda je viskózní. Bod mrazu slabě vázané vody je nižší než u volné vody.

Vodní pára se nachází v pórech nenasyčených zemin. Přemísťuje se z míst s vyšší vlhkostí a teplotou do míst s nižší vlhkostí a teplotou.

Strukturální voda je součástí krystalické mřížky v podobě iontů H^+ a OH^- jako chemicky vázaná voda. Lze ji odstranit za teplot vyšších než 200 °C , kdy se mění chemické složení a dochází k rozpadu minerálu. Další podobou strukturální vody je krystalická voda, která mizí při ohřevu zeminy nad 60 °C .

1.1.3 Plynná fáze

Plynnou fázi tvoří vzduch nebo různé plyny vyskytující se v organických zeminách. Plynná fáze vyplňuje póry bez vody. Obsahuje méně O_2 a větší množství CO_2 než atmosférický vzduch.

1.2 NORMOVÝ PŘÍSTUP Z HLEDISKA KONZISTENČNÍCH MEZÍ

1.2.1 ČSN 72 1014 Laboratorní stanovení meze tekutosti zemín

Způsob laboratorního stanovení meze tekutosti určovala norma ČSN 72 1014 platná od roku 1968. Norma byla v roce 2006 zrušena a nahrazena normou ČSN CEN ISO/TS 17892-12.

Mez tekutosti je definována jako vlhkost zeminy vyjádřena v procentech zeminy vysušené při teplotě 100 až 110 °C do stálé hmotnosti, při níž dochází k přechodu zeminy ze stavu plastického do stavu tekutého.

Norma specifikuje tři způsoby stanovení meze tekutosti. Jedná se o stanovení meze tekutosti pomocí misky standardním způsobem, stanovení meze tekutosti pomocí misky jednobodovou metodou a stanovení meze tekutosti pomocí Vasiljevova kužele.

1.2.1.1 Stanovení meze tekutosti pomocí misky standardním způsobem (Atterberg)

Po vysušení zeminy na vzduchu se zemina rozmělní a proseje sítem 0,5. Podíl zeminy, která propadne sítem, se zaznamená a odebere se alespoň 200 g zeminy.

Před zkouškou je nutné správně seřídit přístroj.

Na skleněnou desku o tloušťce 8 až 10 mm a rozměrech 45x45 mm se umístí suchý vzorek, navlhčí se destilovanou vodou a důsledně se prohněte nožem, aby vzniklo homogenní těsto. Zemina se po přidání vody musí hníst po dobu alespoň 5 minut. Prohnětený vzorek jílovité zeminy se nechá odležet po dobu 24 hodin.

Část vzorku zeminy se odebere nožem a vloží se do misky nad místo, kde se miska opírá o podkladní desku. Povrch vzorku v misce se uhladí do roviny rovnoběžné s podkladem tak, aby v zemině nezůstaly bublinky vzduchu. Nejvyšší místo zeminy v misce smí mít tloušťku 1 cm. Uprostřed koláčku zeminy se vytlačí nožem rýha, jejíž osa protíná střed závěsu misky. Při rychlosti 2 otáčky za vteřinu se miska s rýhou v koláčku zeminy nechá dopadat na podkladní desku z výšky cca 1cm. Když se obě poloviny koláčku spojí v dolní části rýhy na délku $12,5 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$, otáčení se zastaví. Zaznamená se počet úderů potřebný pro slití obou polovin koláčku a délka spoje se změří měrkou na rukojeti nože.

Do koláčku zeminy se přidá trochu zeminy ze skleněné desky, uhladí se jeho povrch a postup se opakuje, dokud se obě části koláčku nespojí ve dvou po sobě jdoucích cyklech po shodném počtu úderů.

Vzorek zeminy o hmotnosti asi 10 g se odebere ze středu obou polovin koláčku, uloží se do vzduchotěsné váženky a stanoví se vlhkost.

Konečná vlhkost zeminy je omezena podmínkou, že se obě části koláčku spojí nejméně po 15 a nejvíce po 35 úderech.

Závislost mezi vlhkostí a počtem úderů se vynese do semilogaritmického diagramu. Počet úderů se vynáší v logaritmickém měřítku na vodorovné ose a příslušné vlhkosti zeminy se vynáší v lineárním měřítku na svislou osu. Body se proloží přímkou.

Jako mez tekutosti w_L je uvedena pořadnice vlhkosti, kde se protíná získaná přímkou závislosti vlhkosti a počtu úderů s úsečkou 25 úderů. Výsledky jsou uvedeny v nejbližších celých procentech.

1.2.1.2 Stanovení meze tekutosti pomocí misky jednobodovou metodou

Pro hrubší zjištění meze tekutosti w_L se používá tzv. jednobodová metoda. Pro tuto metodu je minimální množství vzorku 50 g. Suchý vzorek se promíchá s destilovanou vodou na skleněné podložce a důkladně se hněte přibližně po dobu 10 minut. Poté se zemina nechá 24 hodin odležet ve vzduchotěsné nádobě při pokojové teplotě.

Těsně před provedením zkoušky je nutné zeminu hníst alespoň po dobu 1 minuty. Část zeminy odebrané nožem se vloží do misky a její povrch se uhladí a vyrovná do roviny rovnoběžné s podložkou. Zemina v nádobě by měla mít v nejvyšším místě tloušťku maximálně 1 cm. Středem misky se v koláčku zeminy vytlačí vyřezávacím nožem rýha. Poté se miska nechá dopadat na podložku do okamžiku, dokud se části zeminy v dolní části rýhy nespojí na požadovanou délku 12,5 mm \pm 0,5 mm. Počet úderů se musí vyskytovat v intervalu od 20 do 30, v jiném případě je zkouška neplatná a musí se opakovat.

Z obou částí koláčku zeminy je odebráno přibližně 10 g a uloženo do vzduchotěsné nádoby. Z tohoto vzorku se vyhodnotí výsledná vlhkost dle normy ČSN 72 1012.

Mez tekutosti se určí dle vzorce

$$w_L = w_N - \left(\frac{N}{25} \right)^{0,12}, \quad (2.1)$$

kde N je počet úderů,

w_N je vlhkost odpovídající zemině, která se slila po N úderech,

0,12 je tangenta přímky funkce „vlhkost – počet úderů“.

Výsledek vlhkosti na mezi tekutosti se udává v procentech sušiny a je nutné zaznamenat, jakou část z celkového množství zeminy tvoří zrna průměru většího než 0,5 mm.

1.2.1.3 Stanovení meze tekutosti pomocí kužele (Vasiljev)

Vysušený vzorek zeminy o objemu cca 50 cm³ se proseje na sítu 1,00, navlhčí se destilovanou vodou do konzistence hustého těsta, prohněte se a uschová se nejméně po dobu 2 hodin do přikryté skleněné nádoby. Proces hnětení, prosátí a uschování se opakuje s přirozeně vlhkou zeminou.

Vzorek se po částech vtlačí laboratorním nožem do misky tak, aby se v zemině nevyskytovaly dutiny, a povrch se nožem uhladí v rovině okraje misky. Kuželík o vrcholovém úhlu 30° a výšce 25 mm se potře slabou vrstvou vazelíny.

Zemina má vlhkost na mezi tekutosti w_L , pokud kuželík vnikne do vzorku zeminy do hloubky 10 mm během 5 sekund.

V případě, že se kuželík do zeminy nezaboří do hloubky 10 mm během 5 sekund, zemina se z nádoby odebere, přidá se k těstu určenému ke zkoušce a pečlivě se prohněte po přidání menšího množství destilované vody. Zkouška se opakuje.

Pokud se kuželík zaboří do hloubky větší než 10 mm za 5 sekund, zemina se vyjme, přidá se ke zbývajcímu těstu a celý vzorek se rozetře na skleněné desce a nechá se oschnout. Po prohnětení se zkouška opakuje.

Ze vzorku vyhovujícímu podmínkám zkoušky se odebere část o hmotnosti cca 10 g a určí se vlhkost dle ČSN 72 1012. Je nutné u každého vzorku provést paralelně minimálně dvě zkoušky tekutosti a výsledky se nesmí odlišovat o více než 2%. Aritmetický průměr těchto zkoušek je výsledná mez tekutosti.

Pokud je obsah organických látek vyšší než 5% hmotnosti sušiny, je nutné jej u výsledků uvést.

1.2.2 ČSN CEN ISO/TS 17892/12: Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 12: Stanovení konzistenčních mezí vlhkosti zemin

1.2.2.1 Stanovení meze tekutosti kuželovou metodou

Kuželovou zkoušku podrobně popisuje norma ČSN CEN ISO/TS 17892-12. Pro zkoušku je používán kužel o hmotnosti 80 g a vrcholovém úhlu 30° nebo kužel o hmotnosti 60 g při vrcholovém úhlu 60°. Pro stanovení meze tekutosti je třeba zeminu prosít sítem s otvory 0,4 mm nebo jemu nejbližším.

Pasta připravená dle normy musí být důkladně promíchána a dle potřeby může být přilévána destilovaná voda tak, aby první penetrace kužele dosáhla hodnot uvedených v tabulce 1.

Tabulka 1 - Požadavky kuželové penetrace [3]

Hmotnost a rozměry kužele	80g/30°	60g/60°
Maximální rozdíl mezi dvěma penetracemi	0,5 mm	0,4 mm
První penetrace	okolo 15 mm	okolo 7 mm
Penetrační rozsah	15 – 20 mm	7 – 15 mm
Hloubka penetrace při w_L	20 mm	10 mm

Vzorek promíchané zeminy se nožem přemístí do suché a čisté nádoby, přičemž se nesmí promíchat se vzduchem. Pro odstranění přebytečné zeminy a vytvoření hladkého a rovného povrchu zeminy se použije srovnávací pravítko. Miska s takto upravenou zeminou se umístí pod kužel, který je spuštěn tak, aby se právě dotkl vyrovnaného povrchu zeminy.

Následuje uvolnění kužele, který je ponechán ve spuštěné pozici po dobu 5 s \pm 1 s. Během uvolňování nesmí dojít ke škubnutí přístrojem.

Hloubka zaboření kužele je vypočítána jako rozdíl počáteční a konečné polohy kužele a zaokrouhlí se s přesností na 0,1 mm.

Po provedené zkoušce se kužel ze zeminy vytáhne a očistí. Do nádoby se přidá část vlhké zeminy a povrch se uhladí. Dokud není rozdíl mezi dvěma po sobě jdoucími penetracemi menší než 0,5 mm pro kužel 80 g/30°, resp. 0,4 mm pro kužel 60 g/60°, postup zkoušky je nutno opakovat.

Po odebrání vzorku o hmotnosti \pm 10 g z penetrační zóny kužele se na něm stanoví vlhkost dle normy ČSN ISO /TS 17892-1.

Stejný zkušební vzorek se použije k provedení dalších třech zkoušek, přičemž má vzorek při každém opakování zkoušky jinou vlhkost.

Výsledný vztah mezi vlhkostí (%) a penetrací kužele se vynáší v semilogaritmickém měřítku s vlhkostí na vodorovné ose a logaritmickém měřítku s penetrací kužele na svislé ose a vynesené body se nahradí nejvíce odpovídající spojnicí. Při použití kužele o rozměrech 80 g/30° se z grafu odečítá vlhkost, která odpovídá 20 mm hloubce zaboření kužele. U kužele 60 g/60° se z grafu odečítá vlhkost odpovídající 10 mm penetrace kužele.

1.2.2.2 Stanovení meze plasticity

Pro určení hodnoty meze plasticity w_p se zemina o hmotnosti cca 20 g nasytí vodou a na savé podložce se nechá schnout, dokud nebude formovatelná do tvaru koule. Vzorek zeminy se hněte v dlaních rukou, dokud se na zemině nezačnou objevovat prasklinky. Vzorek se rozdělí na dvě poloviny a na každé z nich se provede samostatná zkouška.

Pro rovnoměrné rozložení vlhkosti v zemině se vzorky nejprve formují do válečků o průměru 6 mm a následně mezi prsty a deskou na válečky o průměru 3 mm po pěti až deseti pohybech ruky vpřed a vzad (při rychlosti jeden pohyb za 1 sekundu).

Válečky s prasklinkami s vlhkostí na mezi plasticity se ihned uschovají do uzavřené nádoby.

Výsledkem zkoušky je vypočítaná vlhkost obou polovin zeminy v procentech s přesností na jedno desetinné místo. Tyto dva výsledky se nesmí lišit o více než 0,5%. V opačném případě není zkouška platná a je nutné ji opakovat.

Zemina má vlhkost na mezi plasticity, pokud se tyto válečky drolí po délce cca 10 mm.

1.2.3 Srovnání metod v obou normách

V obou normách jsou uvedeny a popsány metody pro určení meze tekutosti. Stanovení meze tekutosti pomocí kuželové zkoušky dle normy ČSN CEN 17892-12 a pomocí Casagrandeho misky dle normy ČSN 72 1014 však není ekvivalentní.

Pomocí Casagrandeho přístroje se mez tekutosti stanovovala především jednobodově. Výsledek byl tak pouze jeden. Zatímco dle nové normy ČSN CEN 17892-12 je zkoušku pomocí kuželíku nutné opakovat čtyřikrát, což činí tuto zkoušku přesnější. Jednotlivé výsledky bývají podobné, avšak ne úplně stejné.

Rozdíly mezi zkouškami pomocí Vasiljevova kužele ve staré a nové normě jsou např. v rozměrech kuželíku. Dle nové normy se používá i kuželík o hmotnosti 60 g a vrcholovém úhlu 60°. Další rozdíl je v hloubce penetrace. Dle neplatné normy byla požadovaná penetrace kuželíku 10 mm. V nové normě se požaduje 20 mm pro kuželík 80g/30° a 10 mm pro kuželík o rozměrech 60g/60°. Dvě za sebou jdoucí penetrace se dle neplatné normy nesměly lišit o více než 2 %. Nová norma definuje rozdíl přímo v milimetrech. Jedná se o rozdíl menší než 0,5 mm pro kuželík 80g/30° a 0,4 mm pro kuželík typu 60g/60°.

2 PRAKTICKÁ ČÁST

Vzorky zemin byly podrobeny zkouškám popsaných v následujících kapitolách. V každé kapitole jsem podrobně uvedla průběhy a výsledky 2 vzorků zemin a celkové výsledky zbylých vzorků jsou uvedeny v příloze. Po vyhodnocení všech typů zkoušek bude u zemin stanoveno konečné zhodnocení mezí tekutosti a jejich statistické veličiny.

Tabulka 2 - Použité přístroje [1]

Přístroj	Charakteristické údaje
Váhy KERN 600-2M	<ul style="list-style-type: none">- max. kapacita 600 g- přesnost 0,01 g
Sušárna VENTICELL 111	<ul style="list-style-type: none">- objem 111 l- rozsah teploty 10 – 250 °C
Penetrometr	<ul style="list-style-type: none">- rozsah penetrace 0 – 360 mm- hmotnost kuželíku 80 g- vrcholový úhel 30°
Pyknometr	<ul style="list-style-type: none">- objem 100 ml
Sada sít RETSCH	<ul style="list-style-type: none">- rozsah 0,063 – 6,3
Casagrandeho přístroj, hustoměr, vysoušecí nádoby, písková lázeň, stěrka, stříčka s destilovanou vodou, vzduchotěsné nádoby, stopky, teploměr, dřevěná deska, skleněné odměrné válce, odpařovací misky	

2.1 STANOVENÍ PŘIROZENÉ VLHKOSTI ZEMIN

Přirozená vlhkost zeminy se stanoví jako poměr hmotnosti pórové nebo volné vody z předběžně zjištěné hmotnosti vzorku zeminy k hmotnosti vysušeného zkušební vzorku.

Čistou a suchou vysoušecí nádobu jsem nejprve zvážila samotnou a zapsala její hmotnost. Poté jsem do nádoby vložila zkušební vzorek a ihned zvážila s přesností na ± 3 g. Nádobu jsem umístila do sušárny. Doba vysoušení vzorku závisí na typu a velikosti zeminy

zkušební vzorku, kapacitě a typu sušárny a jiných faktorech. Doba pro dostatečné vysušení vzorku se pohybuje mezi 16 až 24 hodinami.

Po vysušení vzorku jsem stanovila přirozenou vlhkost zeminy pomocí vzorce

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_c} * 100 = \frac{m_w}{m_s} * 100, \quad (2.2)$$

kde w je vlhkost zeminy (%),

m_1 je hmotnost vysoušecí nádoby a vlhkého zkušební vzorku (g),

m_2 je hmotnost vysoušecí nádoby a suchého zkušební vzorku (g),

m_c je hmotnost vysoušecí nádoby (g),

m_w je hmotnost odpařené vody (g),

m_s hmotnost suchého zkušební vzorku (g).

Tabulka 3 - Stanovení přirozené vlhkosti [1]

Vzorek č.	m_1 (g)	m_2 (g)	m_c (g)	m_w (g)	m_s (g)	w (%)
1	106,54	99,87	58,67	6,67	41,2	16,19
2	102,61	94,25	57,29	8,36	36,96	22,62



Obrázek 2 - Vysušená zemina pro určení přirozené vlhkosti [1]

2.2 STANOVENÍ ZRNITOSTI ZEMIN

Ke stanovení zrnitosti zemin se používá síťový rozbor a hustoměrná zkouška.

2.2.1 Síťový rozbor

Síťový rozbor je používán pro zeminy, u nichž je výskyt zrn větších než 0,063 mm 90% nebo více.

Vysušené zkušební vzorky jsem zvažila a následně nechala prosít na sadě sít minimálně po dobu 10 minut. Zbytky zeminy na jednotlivých sítích a materiál propadlý sítím 0,063 mm jsem zvažila a vyjádřila jejich procentuální podíl z původní navážky. Pokud by byl rozdíl mezi počáteční a konečnou hmotností větší než 1 %, je nutné zkoušku opakovat.

Frakce zeminy propadlé sítím se vypočítá pomocí vzorce

$$f_n = \frac{m_1 + m_2 + \dots + m_n}{m} * 100\%, \quad (2.1)$$

kde f_n je frakce zeminy propadlé sítím (%),

m_1 je hmotnost zeminy propadlé sítím s nejmenším otvorem (g),

m_2, m_n jsou hmotnosti zeminy propadlé sítí po sobě jdoucími do zvolené vel. oka (g),

m je celková hmotnost vysušeného vzorku (g).

Pro zkoušku zrnitosti bylo použito u vzorku č. 1 268,76 g zeminy a u vzorku č. 2 228,47 g zeminy.

Tabulka 4 - Výsledky síťového rozboru pro vzorek č. 1 [1]

Vzorek č. 1			
Průměr ok v sítu (mm)	Zbytek na sítu (g)	Celkové propady na sítu (g)	Celkové propady na sítu (%)
2,500	0,08	268,68	99,970
2,000	0,15	268,53	99,914
1,600	0,33	268,20	99,792
0,500	5,90	262,30	97,576
0,250	6,79	255,51	95,070
0,063	21,89	233,62	86,925

Tabulka 5 - Výsledky síťového rozboru pro vzorek č. 2 [1]

Vzorek č. 2			
Průměr ok v sítu (mm)	Zbytek na sítu (g)	Celkové propady na sítu (g)	Celkové propady na sítu (%)
2,500	0,02	274,75	99,993
2,000	0,03	274,72	99,982
1,600	0,03	274,69	99,971
0,500	0,14	274,55	99,920
0,250	0,67	273,88	99,676
0,063	30,62	243,26	88,532



Obrázek 3 - Sada síť [1]

2.2.2 Hustoměrná metoda

Hustoměrná zkouška je použita v případě, kdy má zemina více než 10% zrn průměru menšího než 0,063 mm. Zkouška je založena na volné sedimentaci suspenze v odměrném skleněném válci (Stokesův zákon).

Připravenou suspenzi jsem řádně promíchala tak, aby došlo k dokonalému smíšení zeminy s vodou. Odměrný válec jsem umístila na podložku, na stopkách odstartovala čas a ponořila hustoměr do suspenze tak, aby se volně vznášel. Následně jsem ve zvolených intervalech odečetla hodnoty na hustoměru s přesností na 0,0001 g/ml. Je nutné během měření hustoměr ze suspenze vyjmout a opláchnout vodou. Během prvních 15 minut a pak při každém hustoměrném čtení musí být změřena teplota suspenze s přesností na 0,5 °C. Naměřené hodnoty je třeba redukovat hodnotami o opravu na teplotu.

Tabulka 6 - Oprava čtení hustoměru o teplotu [4]

Teplota (°C)	t_m (mm)	Teplota (°C)	t_m (mm)
8	-0,0013	20	+0,0000
9	-0,0013	21	+0,0002
10	-0,0013	22	+0,0004
11	-0,0012	23	+0,0006
12	-0,0012	24	+0,0008
13	-0,0011	25	+0,0010
14	-0,0009	26	+0,0013
15	-0,0008	27	+0,0015
16	-0,0006	28	+0,0018
17	-0,0005	29	+0,0020
18	-0,0003	30	+0,0023
19	-0,0002	31	+0,0026

Oprava hustoměru se provádí pomocí vzorce

$$H_{op} = R'_h + t_m, \quad (2.2)$$

kde H_{op} je pravé čtení hustoměru (mm),

R'_h je odečtená hodnota na hustoměru (g/ml),

t_m je oprava o teplotu (mm).

Po určení pravého čtení hustoměru jsem stanovila efektivní hloubku hustoměru H_e . Efektivní hloubku je třeba vypočítat pro každou kalibrační značku hustoměru a její rovnice závisí na typu hustoměru.

$$H_r = 225,4 - 4,7 * H_{op}, \quad (2.3)$$

kde H_r je efektivní hloubka hustoměru (mm),
 H_{op} je pravé čtení hustoměru (mm).

Po stanovení těchto veličin jsem vypočítala náhradní průměr zrn zeminy d_i a hmotnostní podíl frakce menší než náhradní průměr zrna K .

Náhradní průměr zrna odpovídající čtení R'_h se určí dle rovnice

$$d_i = 0,005531 * \sqrt{\frac{\eta * H_r}{(\rho_s - 1) * t}}, \quad (2.4)$$

kde d_i je náhradní průměr zrna (mm),
 η je dynamická viskozita vody (mPa*s),
 H_r je efektivní hloubka hustoměru (mm),
 ρ_s je zdánlivá hustota pevných částic (g/cm³),
 t je čas (s).

Tabulka 7 - Dynamická viskozita vody [4]

Teplota (°C)	Viskozita (mPa*s)
10	1,3040
15	1,1370
20	1,0020
22	0,9576
23	0,9354
25	0,8910

Hmotnostní podíl frakce menší než náhradní průměr zrna se vypočítá pomocí vzorce

$$K = \frac{100 * \rho_s * H_{op}}{m * (\rho_s - 1)}, \quad (2.5)$$

kde K je hmotnostní podíl frakce než náhradní průměr zrna (%),
 ρ_s je zdánlivá hustota pevných částic (g/cm³),
 H_{op} je čtení hustoměru opravené o teplotu (mm),
 m je hmotnost vysušeného zkušební vzorku (g).

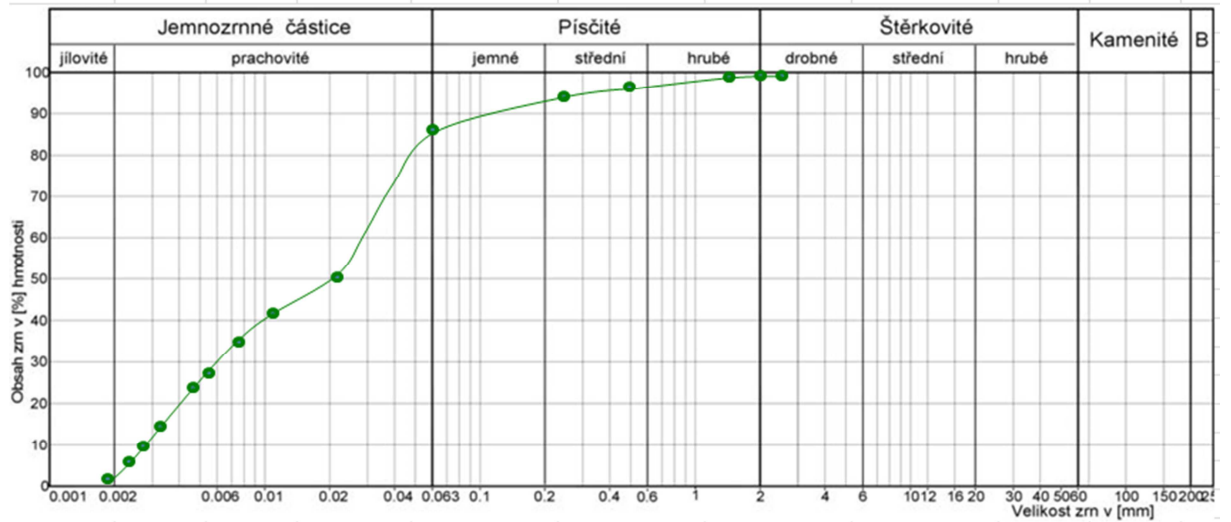
Tabulka 8 - Stanovení hodnot hustoměrnou zkouškou pro vzorek č. 1 [1]

Vzorek č. 1									
t (s)	R'h (g/ml)	tm (mm)	Hop (mm)	Hr (mm)	η (Pa)	ρs (g/cm ³)	m (g)	di (mm)	K (%)
5	1,0194	0,0006	20,0	131,4	0,9354	2,599	55,9	0,02169	58,154
15	1,0174	0,0006	18,0	140,8	0,9354	2,599	55,9	0,01296	52,338
20	1,0162	0,0006	16,8	146,44	0,9354	2,599	55,9	0,01145	48,849
50	1,0138	0,0006	14,4	157,72	0,9354	2,599	55,9	0,00751	41,871
105	1,0102	0,0006	10,8	174,64	0,9354	2,599	55,9	0,00546	31,403
145	1,0094	0,0006	10,0	178,4	0,9354	2,599	55,9	0,00469	29,077
195	1,0070	0,0006	7,6	189,68	0,9354	2,599	55,9	0,00417	22,098
340	1,0050	0,0006	5,6	199,08	0,9354	2,599	55,9	0,00324	16,283
405	1,0042	0,0006	4,8	202,84	0,9354	2,599	55,9	0,00299	13,957
495	1,0034	0,0006	4,0	206,6	0,9354	2,599	55,9	0,00273	11,631
655	1,0022	0,0006	2,8	212,24	0,9354	2,599	55,9	0,00241	8,141
715	1,0018	0,0006	2,4	214,12	0,9354	2,599	55,9	0,00232	6,978
840	1,0010	0,0006	1,6	217,88	0,9354	2,599	55,9	0,00215	4,652
900	1,0008	0,0006	1,4	218,82	0,9354	2,599	55,9	0,00209	4,071
1035	1,0004	0,0006	1,2	219,76	0,9354	2,599	55,9	0,00195	3,489

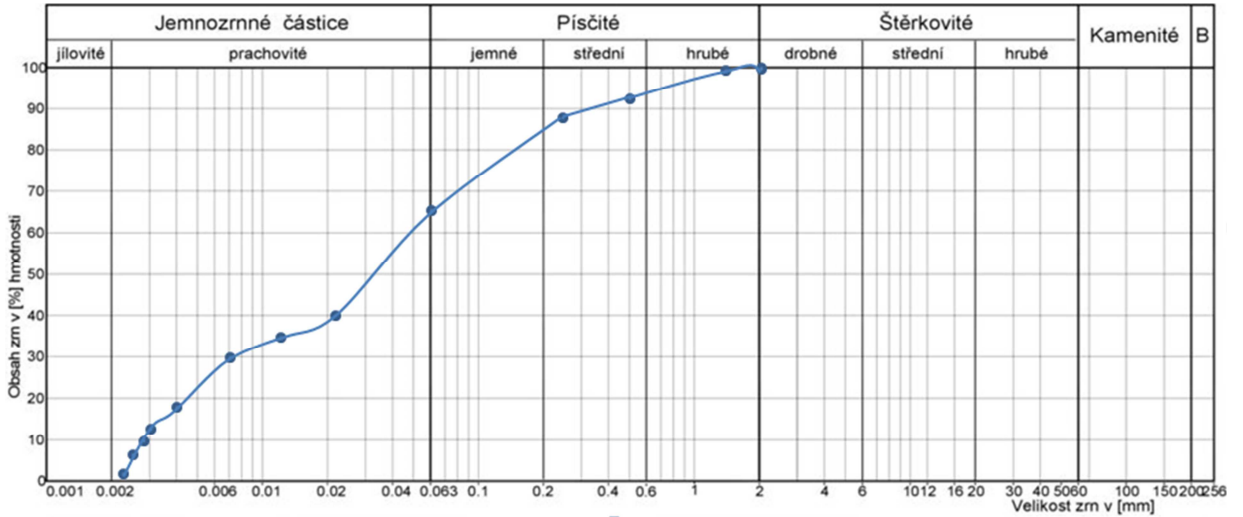
Tabulka 9 - Stanovení hodnot hustoměrnou zkouškou pro vzorek č. 2 [1]

Vzorek č. 2									
t (s)	R'h (g/ml)	tm (mm)	Hop (mm)	Hr (mm)	η (Pa)	ρs (g/cm ³)	m (g)	di (mm)	K (%)
5	1,0178	0,0006	18,4	138,92	0,9354	2,559	65,95	0,02258	45,795
15	1,0156	0,0006	16,2	149,26	0,9354	2,559	65,95	0,01351	40,320
35	1,0142	0,0006	14,8	155,84	0,9354	2,559	65,95	0,00904	36,835
60	1,0124	0,0006	13,0	164,30	0,9354	2,559	65,95	0,00709	32,355
70	1,0112	0,0006	11,8	169,94	0,9354	2,559	65,95	0,00668	29,369
120	1,0088	0,0006	9,4	181,22	0,9354	2,559	65,95	0,00526	23,395
170	1,0074	0,0006	8,0	187,80	0,9354	2,559	65,95	0,00450	19,911
250	1,0072	0,0006	7,8	188,74	0,9354	2,559	65,95	0,00372	19,413
300	1,0066	0,0006	7,2	191,56	0,9354	2,559	65,95	0,00342	17,920
460	1,0054	0,0006	6,0	197,20	0,9354	2,559	65,95	0,00281	14,933
530	1,0048	0,0006	5,4	200,02	0,9354	2,559	65,95	0,00263	13,440
660	1,0034	0,0006	4,0	206,60	0,9354	2,559	65,95	0,00240	9,956
760	1,0024	0,0006	3,0	211,30	0,9354	2,559	65,95	0,00226	7,467
860	1,0014	0,0006	2,0	216,00	0,9354	2,559	65,95	0,00215	4,978
950	1,0006	0,0006	1,2	219,76	0,9354	2,559	65,95	0,00206	2,987

Zkušební vzorky jsem nejprve rozdělila na zrna určená pro hustoměrnou zkoušku a síťový rozbor a po určení průměru zrn a jejich procentuálního zastoupení jsem sestrojila pro každý zkušební vzorek křivku zrnitosti.



Obrázek 4 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 1 [1]



Obrázek 5 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 2 [1]



Obrázek 6 - Hustoměrná zkouška [1]

2.3 STANOVENÍ ZDÁNLIVÉ HUSTOTY PEVNÝCH ČÁSTIC ZEMIN POMOCÍ PYKNOMETRU

Hustota pevných částic se stanoví jako podíl hmotnosti částic k jejich objemu.

Před začátkem provedení zkoušky musí být provedena kalibrace hmotnosti suchého pyknometru s přesností 0,01 g. Kalibraci pyknometru jsem provedla pomocí vody, kterou jsem naplnila pyknometr. V pyknometru se nesmí vyskytovat žádný vzduch a hladina vody musí dosahovat úrovně kalibrační rysky nebo vršku kapiláry. Po doplnění kapaliny jsem ihned osušila vnější povrch pyknometru a stanovila jsem hmotnost pyknometru naplněného pomocnou kapalinou (vodou) m_1 . Musí být zamezeny významné ztráty vody, které mohou vzniknout tepelným rozpínáním při rychlém sušení nebo vážení vzorku.

Po provedené kalibraci jsem si připravila vzorek. Zkušební vzorek zeminy jsem nechala vysušit v sušárně při teplotě $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$. Minimální hmotnost vzorku je 10 g. Suchý vzorek jsem rozemlela tak, aby byly ze zeminy odstraněny všechny uzavřené póry.

Po přípravě vzorku jsem přistoupila k provedení zkoušky. Pyknometr jsem vyčistila, osušila a zvážila prázdný pyknometr s přesností 0,01 g (m_0). Poté jsem do pyknometru umístila vysušený vzorek a zvážením jsem určila celkovou hmotnost pyknometru s vysušenou zeminou (m_2). Část pyknometru jsem vodou doplnila do normou dané výšky 10 – 20 mm nad zeminu. Uzavřený vzduch musí být odstraněn povařením v pískové lázni po dobu 10 minut s občasným protřepáním. Vzorek jsem po provaření nechala zchladnout na laboratorní teplotu

a určila jsem hmotnost pyknometru se saturovaným vzorkem zeminy a vodou (m_3) s přesností 0,01 g.

Hustotu pevných částic jsem vypočítala pomocí vzorce

$$\rho_s = \frac{m_4}{(m_1 - m_0) - (m_3 - m_2)} * \rho_w, \quad (2.6)$$

kde ρ_s je hustota pevných částic (g/cm^3),

m_0 je hmotnost suchého pyknometru (g),

m_1 je hmotnost pyknometru zcela naplněného pomocnou kapalinou (g),

m_2 hmotnost suchého pyknometru s vysušeným zkušebním vzorkem (g),

m_3 hmotnost pyknometru zcela naplněného zkušebním vzorkem a pom. kapalinou (g),

m_4 hmotnost vysušeného zkušebního vzorku (g),

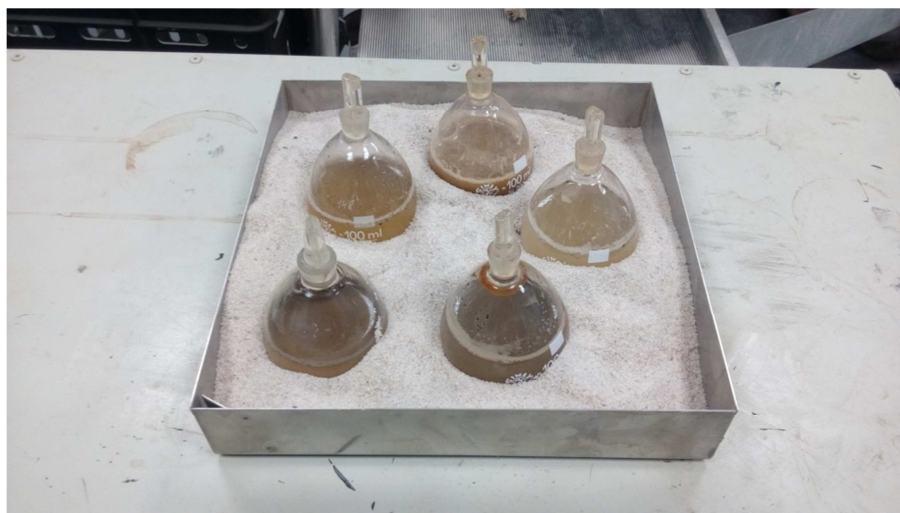
ρ_w hustota pomocné kapaliny (g/cm^3).

Tabulka 10 - Výsledky zdánlivé hustoty pevných částic [1]

Vzorek č.	Teplota (°C)	m_0 (g)	m_1 (g)	m_2 (g)	m_3 (g)	m_4 (g)	ρ_w (g/cm^3)	ρ_s (g/cm^3)
1	22,0	26,54	135,48	55,58	151,61	29,04	0,99780	2,599
2	22,0	33,52	135,48	60,65	152,03	27,13	0,99780	2,559

Tabulka 11 - Hustota vody při různých teplotách opravená o vztlak ve vzduchu [5]

Teplota (°C)	Hustota (g/cm^3)	Teplota (°C)	Hustota (g/cm^3)
15	0,99913	23	0,99757
16	0,99897	24	0,99733
17	0,99880	25	0,99708
18	0,99862	26	0,99681
19	0,99843	27	0,99654
20	0,99823	28	0,99626
21	0,99802	29	0,99598
22	0,99780	30	0,99568



Obrázek 7 - Písková lázeň s pyknometry [1]

2.4 KONZISTENCE ZEMIN

2.4.1 Mez tekutosti (w_L)

Mez tekutosti jsem zjišťovala pomocí Casagrandeho misky a kuželového přístroje.

Pro zkoušku kuželovým přístrojem jsem využila nerezový kuželík o hmotnosti 80 g a vrcholovém úhlu 30° .

Před započítím zkoušky jsem si zeminu připravila dle ČSN CEN ISO/TS 17892-12. Přidávala jsem destilovanou vodu do té doby, než byla hodnota první penetrace okolo 15 mm. Připravenou a důkladně promíchanou pastu jsem umístila do připravené nádoby a z vrchní části odstranila přebytečnou zeminu srovnávacím nožem tak, aby byl povrch hladký. Nádobu jsem umístila pod kužel, který jsem spustila tak, aby se právě dotýkal povrchu zeminy v nádobě. Kužel jsem uvolnila a nechala spuštěný po dobu $5 \text{ s} \pm 1 \text{ s}$. Po uplynutí doby jsem zaznamenala konečnou pozici kužele s přesností na 0,1 mm.

Penetrace je rozdíl mezi počáteční a konečnou polohou dřívku kužele zaokrouhlena na 0,1 mm. Ze stejného zkušební vzorku jsem odebrala nejméně čtyři dílčí vzorky o hmotnosti $\pm 10 \text{ g}$, avšak s rozdílnou vlhkostí. Stanovila jsem jednotlivé vlhkosti a následně meze tekutosti.

Tabulka 12 – Stanovení meze tekutosti kuželovou zkouškou pro vzorek č. 1 [1]

Vzorek č. 1							
Vzorek č.	Penetrace (mm)	m_c (g)	m_1 (g)	m_2 (g)	m_w (g)	m_s (g)	w (%)
1	16,50	58,09	69,20	66,80	2,40	8,71	27,56
2	17,00	53,67	64,22	61,87	2,35	8,20	28,66
3	18,70	68,74	79,23	76,87	2,36	8,13	29,03
4	19,10	61,37	71,53	69,21	2,32	7,84	29,59
5	19,70	67,00	77,62	75,16	2,46	8,16	30,15
6	20,70	54,72	65,27	62,81	2,46	8,09	30,41
7	21,20	61,15	71,68	69,22	2,46	8,07	30,48

Tabulka 13 – Stanovení meze tekutosti kuželovou zkouškou pro vzorek č. 2 [1]

Vzorek č. 2							
Vzorek č.	Penetrace (mm)	m_c (g)	m_1 (g)	m_2 (g)	m_w (g)	m_s (g)	w (%)
1	15,10	55,73	66,81	63,66	3,15	7,93	39,72
2	15,50	57,55	67,81	64,88	2,93	7,33	39,97
3	18,40	58,98	69,83	66,53	3,30	7,55	43,71
4	18,80	64,80	75,47	72,22	3,25	7,42	43,80
5	19,30	66,53	76,54	73,49	3,05	6,96	43,82
6	20,50	59,49	69,90	66,63	3,27	7,14	45,80

Tabulka 14 - Výsledné meze tekutosti stanovené kuželovou zkouškou [1]

Vzorek č.	Penetrace (mm)	Mez tekutosti w_L (%)
1	20,00	29,99
2	20,00	45,08

m_c - hmotnost prázdné nádoby (g),

m_1 - hmotnost nádoby s vlhkým zkušebním vzorkem (g),

m_2 - hmotnost nádoby se suchým zkušebním vzorkem (g),

m_w - hmotnost odpařené vody (g),

m_s - hmotnost suché zeminy (g),

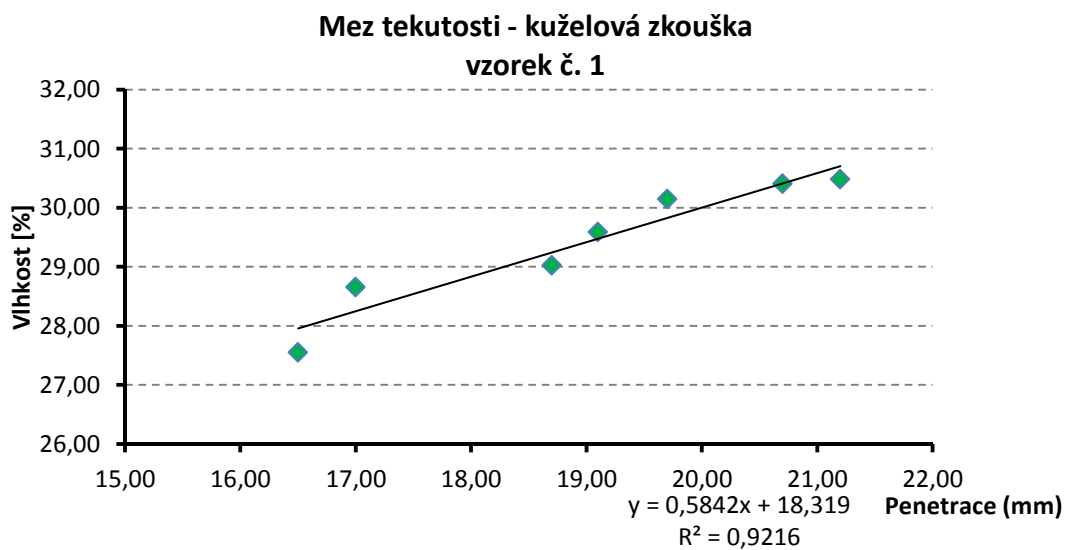
w - vlhkost (%),

w_L - vlhkost na mezi tekutosti (%).

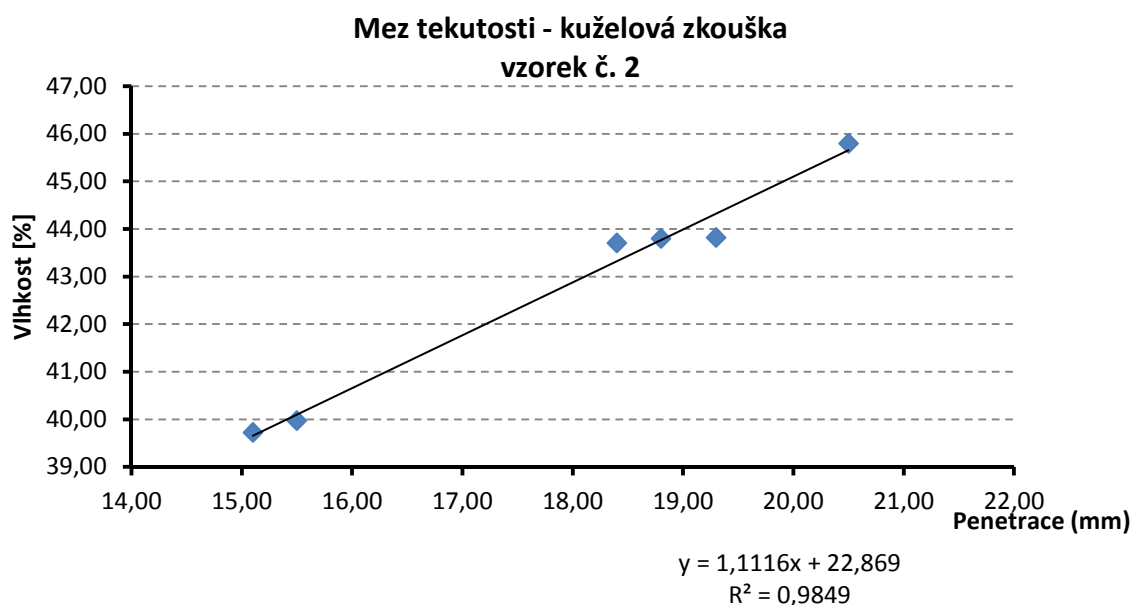


Obrázek 8 – Penetrometr [1]

Výsledný vztah mezi vlhkostí a penetrací kužele jsem vynesla v lineárním měřítku s penetrací na ose x a s vlhkostí na ose y. Vlhkost na mezi tekutosti jsem získala po vynesení bodů, jejich následném proložení přímkou a odečtením meze při penetraci 20 mm.



Graf 1 - Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 1 [1]



Graf 2 - Znáznornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 2 [1]

Při zkoušce pomocí Casagrandeho misky jsem část připravené zeminy vložila do misky tak, aby měl koláček zeminy v nejvyšším místě 1 cm a jeho povrch byl rovnoběžný s podkladní deskou. Pomocí normového nože jsem koláček rozpůlila, nechala misku se zeminou dopadat na podklad do okamžiku, kdy se obě poloviny koláčku v dolní části rýhy nespojily po délce 12,5 mm $\pm 0,5$ mm a následně jsem odečetla výsledek v podobě počtu úderů. Pokus jsem opakovala, dokud nebyl počet úderů ve dvou po sobě následujících cyklech stejný. Odebrala jsem nejméně 4 dílčí vzorky o hmotnosti ± 10 g s různou vlhkostí.

Po odebrání vzorků jsem zeminu ve váženkách umístila do sušárny a po vysušení vzorků jsem vyhodnotila jejich vlhkosti a meze tekutosti.

Výsledky pro vzorek č. 1 a č. 2 jsou uvedeny v následujících tabulkách.

Tabulka 15 - Stanovení meze tekutosti Casagrandeho přístrojem pro vzorek č. 1 [1]

Vzorek č. 1							
Vzorek č.	Počet úderů	m_c (g)	m_1 (g)	m_2 (g)	m_w (g)	m_s (g)	w (%)
1	26	57,27	68,54	66,15	2,39	8,88	26,92
2	21	58,09	69,20	66,80	2,40	8,71	27,56
3	20	53,67	64,22	61,87	2,35	8,20	28,66
4	18	68,74	79,23	76,87	2,36	8,13	29,03
5	17	61,37	71,53	69,21	2,32	7,84	29,59
6	15	67,00	77,62	75,16	2,46	8,16	30,15

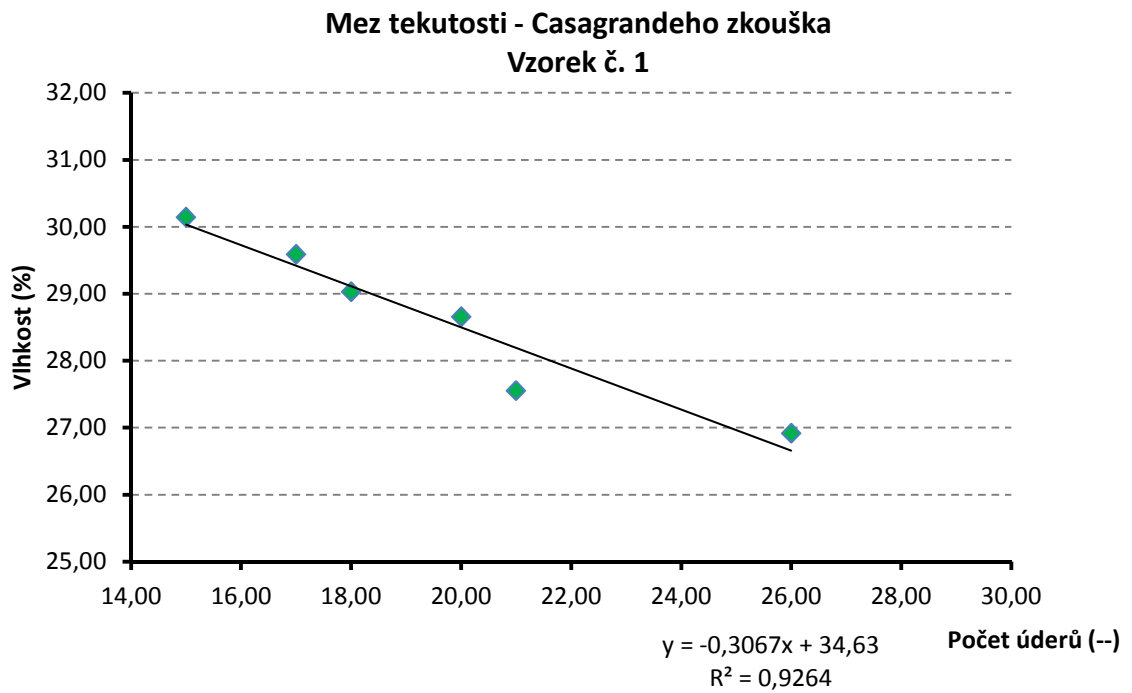
Tabulka 16 - Stanovení meze tekutosti Casagrandeho přístrojem pro vzorek č. 2 [1]

Vzorek č. 2							
Vzorek č.	Počet úderů	m_c (g)	m_1 (g)	m_2 (g)	m_w (g)	m_s (g)	w (%)
1	33	58,98	69,83	66,53	3,30	7,55	43,71
2	29	66,53	76,54	73,49	3,05	6,96	43,82
3	25	60,20	70,67	67,46	3,21	7,26	44,22
4	20	59,49	69,90	66,63	3,27	7,14	45,80
5	17	58,00	68,25	65,00	3,25	7,00	46,43

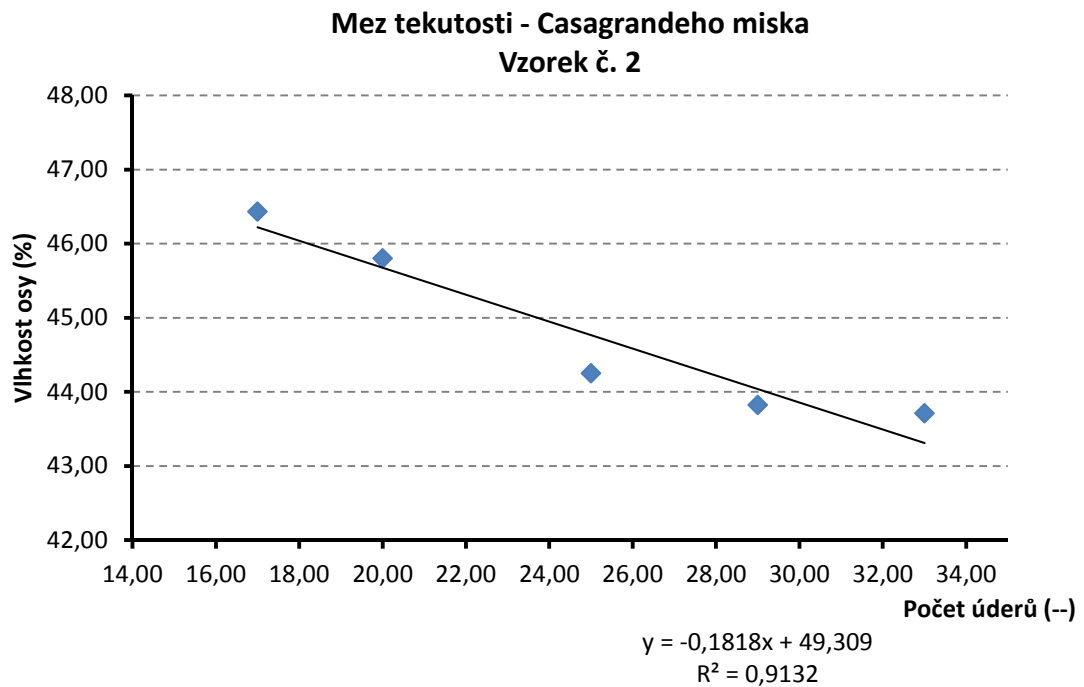
Tabulka 17 - Výsledné meze tekutosti stanovené Casagrandeho přístrojem [1]

Vzorek č.	Počet úderů	Mez tekutosti w_L (%)
1	25	26,969
2	25	44,789

Výsledné závislosti vlhkosti na počtu úderů jsem vynesla do grafů s počtem úderů na ose souřadnic a vlhkostí na ose pořadnic.



Graf 3 - Znázornění meze tekutosti dle Casagrandeho pro vzorek č. 1 [1]



Graf 4 - Znázornění meze tekutosti dle Casagrandeho pro vzorek č. 2 [1]

2.4.2 Mez plasticity (w_P)

Sloučením zeminy a vody jsem si připravila pastu, ze které jsem následně odebrala zkušební vzorek o hmotnosti přibližně 20 g a umístila jej na desku, kde jsem jej nechala schnout do té doby, než bude formovatelný do tvaru koule. Koule se hněte mezi prsty a v dlaních, dokud se vzorek nevysuší natolik, že na něm vznikají prasklinky. Vzorek jsem rozdělila na dvě poloviny a z každé jsem pomocí palce a ukazováčku zformovala váleček o průměru cca 6 mm. Tyto válečky jsem poté válela mezi prsty ruky a váleci deskou za stejného tlaku přibližně 10 – 15 pohyby a při rychlosti 1 pohybu ruky vpřed a vzad za 1 s tak, aby se jejich průměr zmenšil na 3 mm. Rozpraskané válečky jsem ihned přesunula ve váženkách do sušárny a po vysušení určila jejich vlhkost. Mez plasticity jsem určila jako aritmetický průměr těchto vlhkostí.

Tabulka 18 - Stanovení meze plasticity pro vzorek č. 1 [1]

Vzorek č.	m_c	m_1	m_2	m_w	m_s	w
1	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)
1	69,13	80,66	78,74	1,92	9,61	19,979
2	56,53	71,08	68,75	2,33	12,22	19,067

Tabulka 19 - Stanovení meze plasticity pro vzorek č. 2 [1]

Vzorek č.	m_c	m_1	m_2	m_w	m_s	w
2	(g)	(g)	(g)	(g)	(g)	(%)
1	62,09	73,13	70,96	2,17	8,87	24,464
2	53,67	67,04	64,33	2,71	10,66	25,422

Tabulka 20 - Výsledné meze plasticity [1]

Vzorek č.	w_1	w_2	w_P
	(%)	(%)	(%)
1	19,979	19,067	19,523
2	24,464	25,422	24,943

2.4.3 Index plasticity (I_p)

Index plasticity se vypočte dle rovnice

$$I_p = w_L - w_p, \quad (2.7)$$

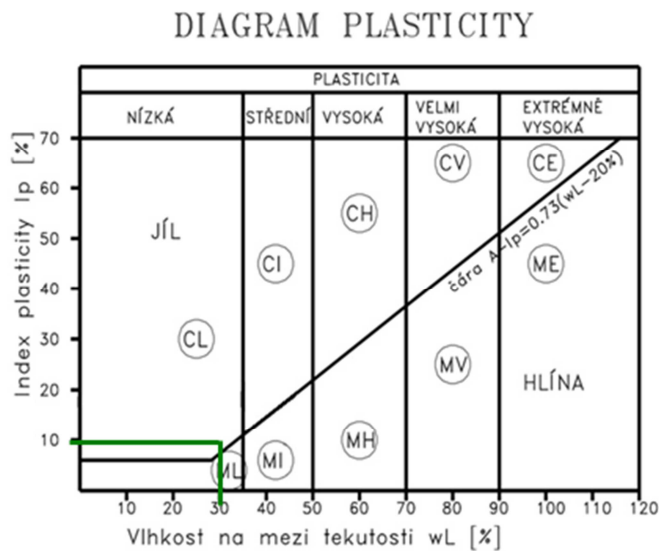
kde w_L je mez tekutosti,

w_p je mez plasticity.

Tabulka 21 - Stanovení indexu plasticity [1]

Vzorek č.	w_L – kužel (%)	w_L - miska (%)	w_p (%)	I_p - kužel (%)	I_p - miska (%)
1	29,990	26,969	19,523	10,47	7,45
2	45,081	44,789	24,943	20,14	19,85

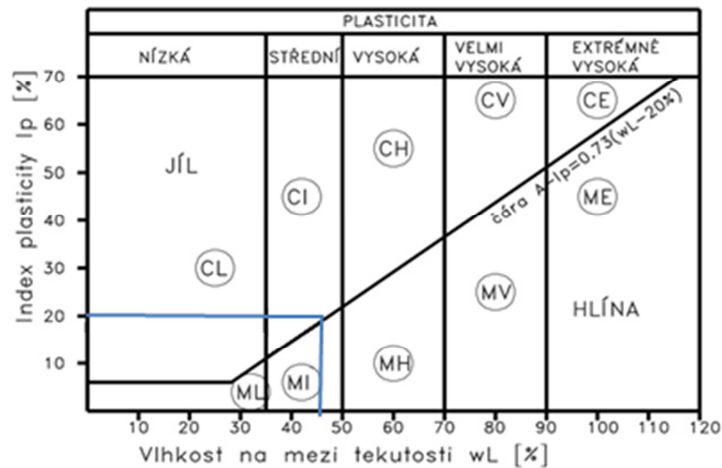
Pro odlišení hlín (M) a jílu (C) se používá diagram plasticity, který znázorňuje závislost indexu plasticity I_p (%) na vlhkosti na mezi tekutosti w_L (%). V mém případě jsem použila výslednou mez tekutosti zjištěnou pro kuželovou zkoušku.



Obrázek 9 - Diagram plasticity pro vzorek č. 1 [1]

Vzorek č. 1 jsem na základě diagramu plasticity označila jako jíl s nízkou plasticitou CL.

DIAGRAM PLASTICITY



Obrázek 10 - Diagram plasticity pro vzorek č. 2 [1]

Vzorek č. 2 se nachází na pomezí hlíny a jílu. Pro určení výsledku slouží zdánlivá hustota pevných částic. Čím více se zdánlivá hustota blíží hodnotě $3,0 \text{ g/cm}^3$, tím více se může jednat o jílu.

Pro vzorek č. 2 je zdánlivá hustota $\rho_s = 2,559 \text{ g/cm}^3$. Zeminu jsem zhodnotila jako hlínu se střední plasticitou MI.

2.4.4 Index konzistence (I_C)

Index konzistence se vypočítá podle vzorce

$$I_C = \frac{w_L - w}{I_P}, \quad (2.8)$$

kde w je vlhkost zeminy,

w_L je mez tekutosti,

I_P je index plasticity.

Tabulka 22 - Stanovení indexu konzistence [1]

Vzorek č.	w_L – kužel (%)	w (%)	I_P - kužel (%)	I_C - kužel (-)
1	29,990	16,230	10,47	1,31
2	45,081	17,920	20,14	1,35

Tabulka 23 - Index konzistence prachů a jílu [6]

Konzistence	I_c
kašovitá	<0,25
měkká	0,25 – 0,50
tuhá	0,50 – 0,75
pevná	0,75 – 1,00
tvrdá	>1,00

Podle výsledného indexu konzistence I_c vzorku č. 1 i č. 2 se jedná o konzistenci tvrdou.

2.4.5 Index koloidní aktivity jílu (I_a)

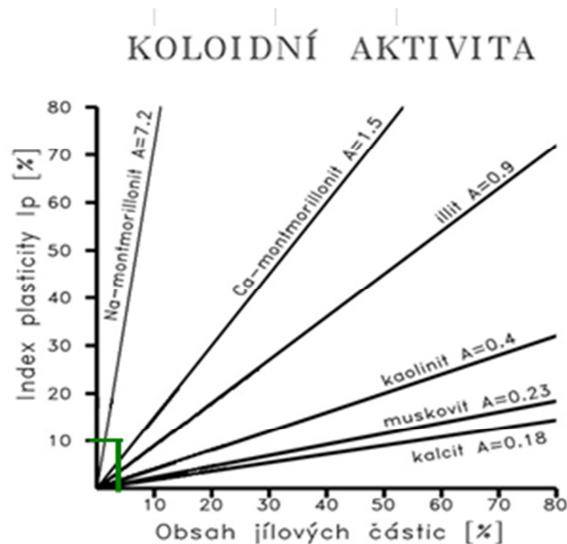
Index koloidní aktivity jílu je závislost podílu jílovité frakce na indexu plasticity I_p a je vyjádřen vzorcem

$$I_a = \frac{I_p}{\text{podíl zrn} < 0,002 \text{ mm}}. \quad (2.9)$$

Tabulka 24 - Stanovení indexu koloidní aktivity jílu [1]

Vzorek č.	I_p - kužel (%)	Podíl zrn (%)	I_a - kužel (-)
1	10,47	3,036	3,44

Pro zjištění typu jílu jsem na osu souřadnic grafu vynesla podíl zrn (%) a na osu pořadnic zjištěný index plasticity I_p (%). Řešený vzorek č. 1 se nachází v oblasti Ca - montmorillonit.



Obrázek 11 - Znázornění koloidní aktivity jílu pro vzorek č. 1 [1]

2.5 KLASIFIKACE ZEMIN

Klasifikace umožňuje určitě skupině zemin přisouzení určitých, velmi blízkých vlastností. Zatřídění zemin se provádí pomocí časově nenáročných a jednoduchých zkoušek.

Podle stavu, ve kterém se zemina nachází, se vlastnosti zemin mohou v určité skupině velmi lišit, a to podle toho, zda se jedná o hrubozrnné či jemnozrnné zeminy.

Nejrozšířenějším systémem je ve většině zemí klasifikační systém USCS, který původně vznikl pro potřeby americké armády ve druhé světové válce. Tento systém byl aktualizován např. v oblasti většího rozšíření plasticity nebo rozšíření s ohledem na hrubozrnné zeminy. Mezi další používané systémy patří systém USDA nebo AASHTO využívané převážně v USA.

2.5.1 Zatřídění zemin dle ČSN 73 6133

Klasifikace zemin pro zakládání staveb podle návrhu ČSN 73 6133 vychází z normy ČSN 73 1001 zrušené k roku 2010 a skládá se celkem z 18 tříd, přičemž 5 tříd zemin je štěrkovitých (G1 – G5), 5 tříd zemin je písčitých (S1 – S5) a 8 tříd zemin je jemnozrnných (F1 – F8). Rozlišujícími znaky jsou zrnitostní složení, plasticita, číslo nestejnozrnnosti a číslo křivosti.

Zatřídění jemnozrnných zemin provedené podle tabulky č.25 je uvedeno pro vzorek č. 1 a č. 2 v tabulce č. 26.

Tabulka 25 - Klasifikace jemnozrnných zemin dle ČSN 73 6133 [7]

Název zeminy	Symbol	Třída	Obsah jemnozrnné frakce (<0,06 mm) v %	Poměr štěrkové (g) a písčité frakce	Diagram plasticity (čára A)	w _L (%)
Hlína štěrkovitá	MG	F1	35 - 65	g>s	pod A	-
Jíl štěrkovitý	CG	F2	35 - 65	g>s	nad A	-
Hlína písčitá	MS	F3	35 - 65	s>g	pod A	-
Jíl písčitý	CS	F4	35 - 65	s>g	nad A	-
Hlína s nízkou plasticitou	ML	F5	>65	-	pod A	<35
Hlína se střední plasticitou	MI	F5	>65	-	pod A	35 - 50
Jíl s nízkou plasticitou	CL	F6	>65	-	nad A	<35
Jíl se střední plasticitou	CI	F6	>65	-	nad A	35 - 50
Hlína s vysokou plasticitou	MH	F7	>65	-	pod A	50 - 70
Hlína s velmi vysokou plasticitou	ME	F7	>65	-	pod A	70 - 90
Hlína s extrémně vysokou plasticitou	MV	F7	>65	-	pod A	>90
Jíl s vysokou plasticitou	CH	F8	>65	-	nad A	50 - 70
Jíl s velmi vysokou plasticitou	CE	F8	>65	-	nad A	70 - 90
Jíl s extrémně vysokou plasticitou	CV	F8	>65	-	nad A	>90

Tabulka 26 - Zatřídění vzorků dle ČSN 73 6133 [1]

Vzorek č.	w _L – kužel (%)	Obsah jemnozrné frakce (<0,06 mm) (%)	Klasifikace zeminy	Název zeminy
1	29,990	86,925	F6CL	jíl s nízkou plasticitou
2	45,081	88,532	F5MI	hlína se střední plasticitou

2.5.2 Zatřídění zemin dle ČSN EN ISO 14688-2

Norma bere v úvahu pro zatřídění a pojmenování zemin zejména výsledky zrnitostního složení.

Tabulka 27 - Velikost zrn frakcí [6]

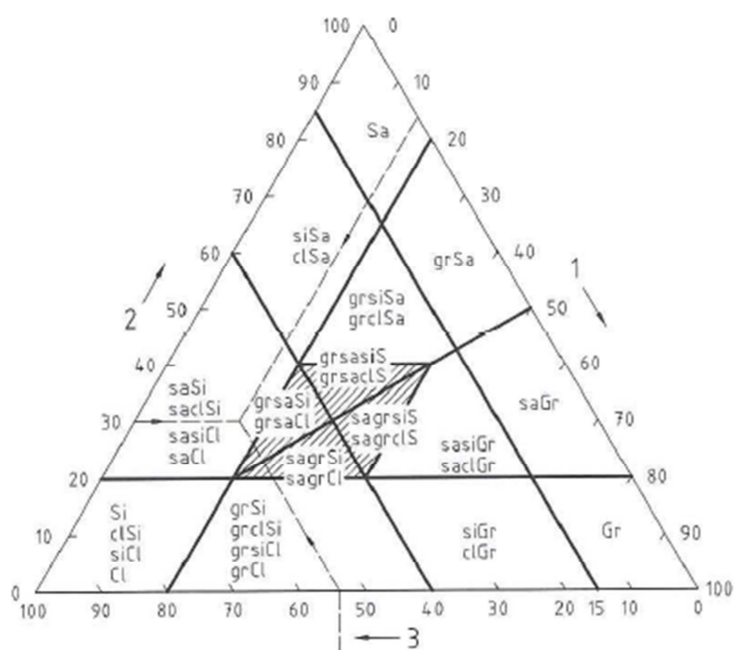
Název	Označení	Velikost zrn
Velký balvan	LBo	>630
Balvan	Bo	200 – 630
Valoun	Co	63 – 200
Štěrk	Gr	2 – 63
- hrubozrný	CGr	20 – 63
- střednězrný	MGr	6,3 – 20
- jemnozrný	FGr	2 – 6,3
Písek	Sa	0,063 – 2
- hrubozrný	CSa	0,63 – 2
- střednězrný	MSa	0,2 – 0,63
- jemnozrný	FSa	0,063 – 0,2
Prach	Si	0,002 – 0,063
- hrubozrný	CSi	0,02 – 0,063
- střednězrný	MSi	0,0063 – 0,02
- jemnozrný	FSi	0,002 – 0,0063
Jíl	Cl	<0,002

Hlavní frakcí je převládající frakce v zemině, která bývá umístěna na konec značení a první písmeno je velké. Druhotná frakce ovlivňuje inženýrské vlastnosti, avšak není určující a je umístěna před hlavní frakcí. Značí se malými písmeny. Pokud se v zemině vyskytují dvě druhotné frakce, blíže konci se řadí převládající z nich. Zvláštní skupinou jsou zeminy, kde žádná z frakcí nepřevládá. Tato skupina se značí velkým písmenem S na konci.

Klasifikaci jsem provedla podle schématu na obr. 11. Z křivky zrnitosti jsem vyčetla podíl jednotlivých frakcí a jejich hodnoty v % vynesla na osy v klasifikačním trojúhelníku. Pokud zemina spadá do oblasti, která zahrnuje více možných názvů zemin, zpřesnění se provede podle čtvercového diagramu.

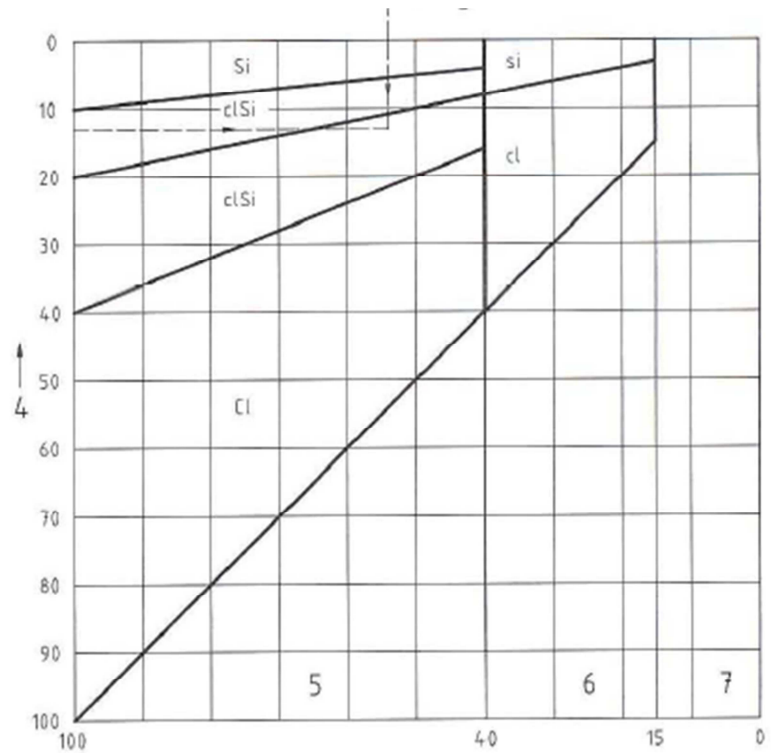
Tabulka 28 - Klasifikace vzorků dle ČSN EN ISO 14688-2 [1]

Vzorek č.	Obsah štěrku (osa 1) (%)	Obsah písku (osa 2) (%)	Obsah prachu (osa 3) (%)	Obsah jílu (osa 4) (%)	Klasifikace
1	0	14	82	4	Si
2	0	25	75	0	saSi



Legenda

- 1 obsah štěrku (2 mm - 63 mm)
- 2 obsah písku (0,063 mm - 2 mm)
- 3 obsah jemnější frakce (< 0,063 mm)
- 4 obsah jílu v % z celkové hmotnosti hrubé a jemné frakce zeminy (velikost zrna < 63 mm)
- 5 jemnozrné zeminy (hlína a jíl)
- 6 zeminy o různé zrnitosti (hlinité nebo jílovité štěrky a písky)
- 7 hrubozrné zeminy (štěrky a písky)
- S zemina



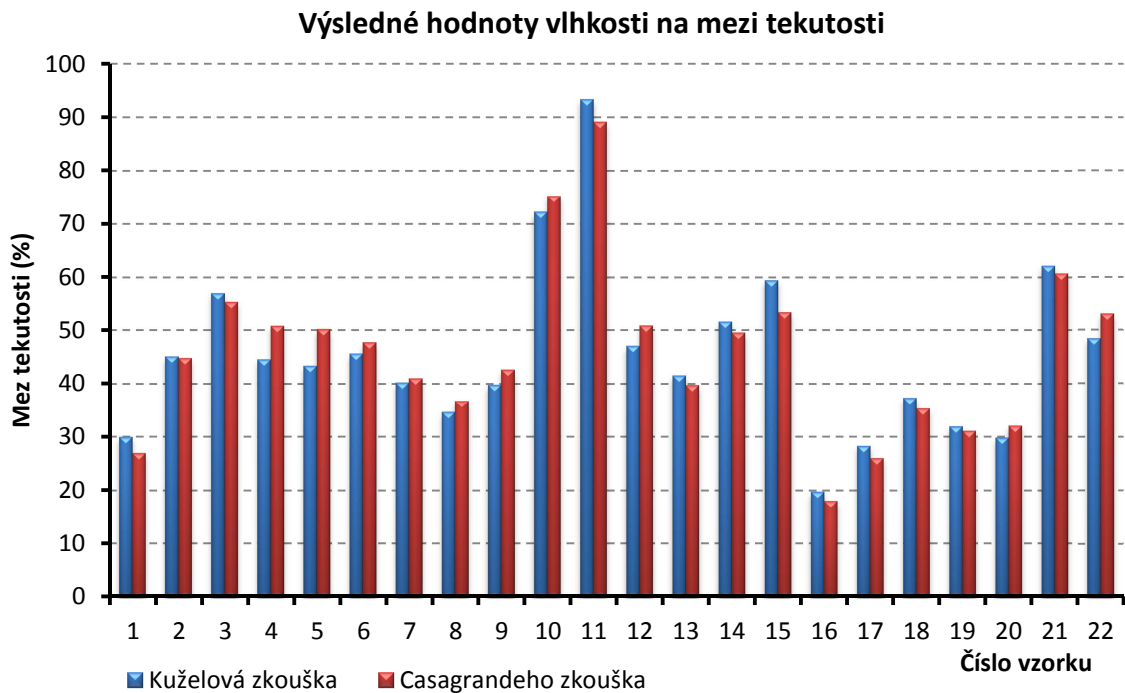
Obrázek 12 - Zatřídění zemin na základě zrnitosti [8]

3 STATISTICKÉ VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH VELIČIN

Pro určení vlhkostí na mezi tekutosti jsem použila celkem 22 vzorků a u každého z nich jsem provedla zkoušku pomocí Casagrandeho misky a Vasiljevova kužele. V následující tabulce jsou uvedeny výsledné hodnoty mezí tekutosti a jejich rozdíl u jednotlivých vzorků.

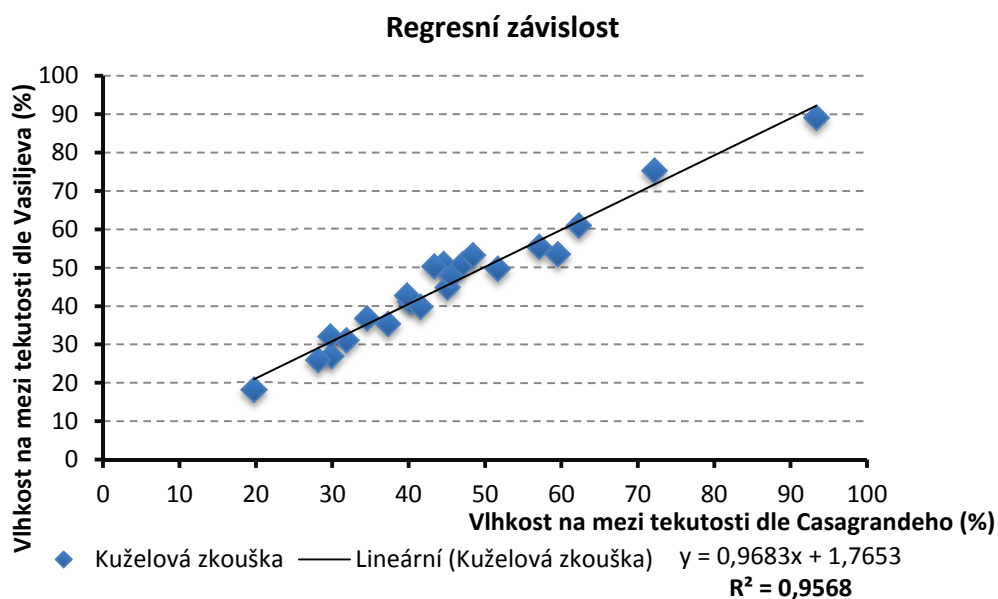
Tabulka 29 - Naměřené hodnoty mezí tekutosti [1]

Vzorek	Mez tekutosti - Vasiljev	Mez tekutosti - Casagrande	Rozdíl hodnot
1	29,99	26,97	3,02
2	45,08	44,79	0,29
3	57,05	55,26	1,79
4	44,59	50,82	-6,23
5	43,37	50,19	-6,82
6	45,66	47,78	-2,12
7	40,25	41,05	-0,80
8	34,64	36,77	-2,13
9	39,80	42,67	-2,87
10	72,26	75,27	-3,01
11	93,35	89,15	4,20
12	47,11	50,86	-3,75
13	41,57	39,77	1,80
14	51,62	49,57	2,05
15	59,46	53,36	6,10
16	19,77	18,03	1,74
17	28,27	26,00	2,27
18	37,36	35,32	2,04
19	31,96	31,10	0,86
20	29,85	32,07	-2,22
21	62,19	60,76	1,43
22	48,40	53,06	-4,66



Graf 5 – Histogram výsledků vlhkosti na mezi tekutosti [1]

Na grafu č. 6 je znázorněna závislost výsledných hodnot dle Casagrandeho na výsledcích dle kuželové zkoušky. Hodnota vyjadřující stav s největší přesností by se měla přibližovat hodnotě 1. U mnou provedených zkoušek je hodnota spolehlivosti rovna 0,9568.



Graf 6 - Regresní závislost naměřených hodnot Casagrandeho na kuželové zkoušce [1]

Tabulka 30 - Statistické zhodnocení naměřených hodnot [1]

Statistická veličina	Kuželová zkouška	Casagrandeho metoda
Rozsah výběru	22	22
Maximum	93,35	89,15
Minimum	19,77	18,03
Rozdíl maximum - minimum	73,58	71,12
Směrodatná odchylka	15,8883793	15,72801357
Odhad střední hodnoty	45,61818182	45,93727273
Rozptyl	252,4405967	247,3704107
Chyba střední hodnoty	3,387413848	3,353223759
Medián	43,98	46,285

Oba typy zkoušek jsou ovlivněny chybami. Výraznější rozdíly mezi naměřenými hodnotami jsou způsobeny nepřesným přístupem laboranta. Výsledky jsou dále ovlivněny počáteční vlhkostí zeminy, nedostatečným promícháním vzorku nebo nevhodnou manipulací se vzorky. Kuželová zkouška je méně zatížena chybou způsobenou laborantem než zkouška pomocí Casagrandeho miskou vzhledem k tomu, že je více mechanizovaná. U zkoušky dle Casagrandeho může dojít k nesprávnému odečtení počtu úderů, které se odečítá při slití koláčku zeminy po délce 12,5 mm \pm 0,5 mm. Na vlhkost na mezi tekutosti má vliv i petrografické složení zemin, hlavně u jílových minerálů.

ZÁVĚR

Cílem mé práce bylo zhodnotit a statisticky popsat naměřené výsledky stanovení vlhkosti na mezi tekutosti dle různých metod měření. V práci jsou popsány dvě základní metody, a to Casagrandeho metoda, podle které se mez tekutosti určovala dříve, a kuželová zkouška, která je využívána v současné době.

Bylo odebráno celkem 22 vzorků různých typů zemin a na nich provedeny zkoušky nutné ke zjištění různých vlastností zemin. U každého vzorku byla uskutečněna zkouška stanovení přirozené vlhkosti zemin, stanovení zrnitosti zemin, stanovení zdánlivé hustoty pevných částic zemin, zjištění konzistence zemin a klasifikace a zatřídění zemin dle původní a nově používané normy. Zároveň byla u každého vzorku provedena zkouška pomocí kužele a Casagrandeho misky tak, aby mohly být výsledky náležitě porovnány. Kuželová zkouška je dle normy přesnější, jelikož je více mechanizovaná, zatímco u zkoušky Casagrandeho přístrojem má lidský faktor větší vliv.

Rozpětí vlhkostí na mezi tekutosti se u kuželové zkoušky pohybovalo od 19,77% do 93,55% a u zkoušky Casagrandeho přístrojem od 18,03% do 89,15%. Rozdíl výsledných hodnot u totožných vzorků byl mezi 0,29% a 6,82%. Výsledná hodnota spolehlivost po vypočtení regresní závislosti byla rovna 0,9568.

TERMINOLOGIE

Mez tekutosti	vlhkost zeminy, při které zemina přechází ze stavu tekutého (kašovitého) do stavu plastického
Mez plasticity	vlhkost zeminy na přechodu z plastického stavu do stavu pevného
Mez smrštění	přechod mezi pevným a tvrdým stavem
Index plasticity	rozdíl mezi vlhkostí na mezi tekutosti w_L a mezi plasticity w_P
Stupeň tekutosti	rozdíl přirozené vlhkosti a meze plasticity zeminy v poměru k jejímu indexu plasticity
Stupeň konzistence	rozdíl meze tekutosti a přirozené vlhkosti zeminy v poměru k indexu plasticity zeminy
Index koloidní aktivity jílu	poměr indexu plasticity k podílu jílovité frakce zeminy
Podíl jílovité frakce	suchá hmotnost částic, které mají ekvivalentní průměr rovný či menší než 0,002 mm, dělená celkovou suchou hmotností zkušebního vzorku
Hrubá frakce	Do hrubé frakce náleží zrna zeminy zachycená na sítu o průměru 4 mm.

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 – Trojfázový systém zeminy [2].....	10
Obrázek 2 – Vysušená zemina pro určení přirozené vlhkosti [1].....	19
Obrázek 3 – Sada sít [1].....	21
Obrázek 4 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 1 [1].....	25
Obrázek 5 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 2 [1].....	25
Obrázek 6 – Hustoměrná zkouška [1].....	26
Obrázek 7 – Písková lázeň s pyknometry[1].....	28
Obrázek 8 – Penetrometr [1].....	30
Obrázek 9 – Diagram plasticity pro vzorek č. 1 [1].....	35
Obrázek 10 – Diagram plasticity pro vzorek č. 2 [1].....	36
Obrázek 11 – Znázornění koloidní aktivity jílu pro vzorek č. 1 [1].....	38
Obrázek 12 – Zatřídění zemin na základě zrnitosti [8].....	42
Obrázek 13 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 1 [1].....	99
Obrázek 14 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 2 [1].....	99
Obrázek 15 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 3 [1].....	99
Obrázek 16 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 4 [1].....	100
Obrázek 17 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 5 [1].....	100
Obrázek 18 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 6 [1].....	100
Obrázek 19 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 7 [1].....	101
Obrázek 20 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 8 [1].....	101
Obrázek 21 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 9 [1].....	101
Obrázek 22 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 10 [1].....	102
Obrázek 23 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 11 [1].....	102
Obrázek 24 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 12 [1].....	102
Obrázek 25 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 13 [1].....	103
Obrázek 26 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 14 [1].....	103
Obrázek 27 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 15 [1].....	103
Obrázek 28 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 16 [1].....	104
Obrázek 29 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 17 [1].....	104
Obrázek 30 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 18 [1].....	104
Obrázek 31 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 19 [1].....	105
Obrázek 32 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 20 [1].....	105

Obrázek 33 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 21 [1]	105
Obrázek 34 – Křivka zrnitosti pro vzorek č. 22 [1]	106
Obrázek 35 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 1 [1]	107
Obrázek 36 – Diagram plasticity pro vzorek č. 2 [1].....	107
Obrázek 37 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 3 [1]	108
Obrázek 38 – Diagram plasticity pro vzorek č. 4 [1].....	108
Obrázek 39 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 5 [1]	109
Obrázek 40 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 6 [1]	109
Obrázek 41 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 7 [1]	109
Obrázek 42 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 8 [1]	110
Obrázek 43 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 9 [1]	110
Obrázek 44 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 10 [1]	110
Obrázek 45 – Diagram plasticity pro vzorek č. 11 [1].....	111
Obrázek 46 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 12 [1]	111
Obrázek 47 – Diagram plasticity pro vzorek č. 13 [1].....	111
Obrázek 48 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 14 [1]	112
Obrázek 49 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 15 [1]	112
Obrázek 50 – Diagram plasticity pro vzorek č. 16 [1].....	112
Obrázek 51 – Diagram plasticity pro vzorek č. 17 [1].....	113
Obrázek 52 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 18 [1]	113
Obrázek 53 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 19 [1]	113
Obrázek 54 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 20 [1]	114
Obrázek 55 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 21 [1]	114
Obrázek 56 – Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 22 [1]	114

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 – Požadavky kuželové penetrace [3]	16
Tabulka 2 – Použité přístroje [1]	18
Tabulka 3 – Stanovení přirozené vlhkosti [1].....	19
Tabulka 4 – Výsledky síťového rozboru pro vzorek č. 1 [1]	20
Tabulka 5 – Výsledky síťového rozboru pro vzorek č. 2 [1]	21
Tabulka 6 – Oprava čtení hustoměru o teplotu [4]	22
Tabulka 7 – Dynamická viskozita vody [4].....	23
Tabulka 8 – Stanovení hodnot hustoměrnou zkouškou pro vzorek č. 1 [1]	24
Tabulka 9 – Stanovení hodnot hustoměrnou zkouškou pro vzorek č. 2 [1]	24
Tabulka 10 – Výsledky zdánlivé hustoty pevných částic [1]	27
Tabulka 11 – Hustota vody při různých teplotách opravená o vztlak ve vzduchu [5]	27
Tabulka 12 – Stanovení meze tekutosti kuželovou zkouškou pro vzorek č. 1 [1]	29
Tabulka 13 – Stanovení meze tekutosti kuželovou zkouškou pro vzorek č. 2 [1]	29
Tabulka 14 – Výsledné meze tekutosti stanovené kuželovou zkouškou [1]	29
Tabulka 15 – Stanovení meze tekutosti Casagrandeho přístrojem pro vzorek č. 1 [1]	32
Tabulka 16 – Stanovení meze tekutosti Casagrandeho přístrojem pro vzorek č. 2 [1]	32
Tabulka 17 – Výsledné meze tekutosti stanovené Casagrandeho přístrojem [1]	32
Tabulka 18 – Stanovení meze plasticity pro vzorek č. 1 [1].....	34
Tabulka 19 – Stanovení meze plasticity pro vzorek č. 2 [1].....	34
Tabulka 20 – Výsledné meze plasticity [1]	34
Tabulka 21 – Stanovení indexu plasticity [1]	35
Tabulka 22 – Stanovení indexu konzistence [1].....	36
Tabulka 23 – Index konzistence prachů a jílu [6].....	37
Tabulka 24 – Stanovení indexu koloidní aktivity jílu [1].....	37
Tabulka 25 – Klasifikace jemnozrnných zemin dle ČSN 73 6133 [7]	39
Tabulka 26 – Zatřídění vzorků dle ČSN 73 6133 [1]	40
Tabulka 27 – Velikost zrn frakcí [6].....	40
Tabulka 28 – Klasifikace vzorků dle ČSN EN ISO 14688-2 [1].....	41
Tabulka 29 – Naměřené hodnoty mezí tekutosti [1].....	43
Tabulka 30 – Statistické zhodnocení naměřených hodnot [1].....	45
Tabulka 31 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 1 [1].....	58
Tabulka 32 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 2 [1].....	58

Tabulka 33 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 3 [1]	58
Tabulka 34 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 4 [1]	58
Tabulka 35 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 5 [1]	58
Tabulka 36 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 6 [1]	58
Tabulka 37 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 7 [1]	58
Tabulka 38 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 8 [1]	59
Tabulka 39 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 9 [1]	59
Tabulka 40 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 10 [1]	59
Tabulka 41 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 11 [1]	59
Tabulka 42 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 12 [1]	59
Tabulka 43 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 13 [1]	59
Tabulka 44 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 14 [1]	59
Tabulka 45 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 15 [1]	60
Tabulka 46 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 16 [1]	60
Tabulka 47 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 17 [1]	60
Tabulka 48 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 18 [1]	60
Tabulka 49 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 19 [1]	60
Tabulka 50 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 20 [1]	60
Tabulka 51 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 21 [1]	60
Tabulka 52 – Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku – vzorek č. 22 [1]	61
Tabulka 53 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 1 [1]	73
Tabulka 54 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 2 [1]	73
Tabulka 55 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 3 [1]	73
Tabulka 56 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 4 [1]	73
Tabulka 57 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 5 [1]	73
Tabulka 58 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 6 [1]	73
Tabulka 59 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 7 [1]	73
Tabulka 60 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 8 [1]	74
Tabulka 61 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 9 [1]	74
Tabulka 62 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 10 [1]	74
Tabulka 63 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 11 [1]	74
Tabulka 64 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 12 [1]	74
Tabulka 65 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 13 [1]	74
Tabulka 66 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 14 [1]	74

Tabulka 67 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 15 [1]	75
Tabulka 68 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 16 [1]	75
Tabulka 69 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 17 [1]	75
Tabulka 70 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 18 [1]	75
Tabulka 71 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 19 [1]	75
Tabulka 72 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 20 [1]	75
Tabulka 73 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 21 [1]	75
Tabulka 74 – Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu – vzorek č. 22 [1]	76
Tabulka 75 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 1 [1]	88
Tabulka 76 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 2 [1]	88
Tabulka 77 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 3 [1]	89
Tabulka 78 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 4 [1]	89
Tabulka 79 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 5 [1]	90
Tabulka 80 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 6 [1]	90
Tabulka 81 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 7 [1]	91
Tabulka 82 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 8 [1]	91
Tabulka 83 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 9 [1]	92
Tabulka 84 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 10 [1]	92
Tabulka 85 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 11 [1]	93
Tabulka 86 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 12 [1]	93
Tabulka 87 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 13 [1]	94
Tabulka 88 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 14 [1]	94
Tabulka 89 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 15 [1]	95
Tabulka 90 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 16 [1]	95
Tabulka 91 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 17 [1]	96
Tabulka 92 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 18 [1]	96
Tabulka 93 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 19 [1]	97
Tabulka 94 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 20 [1]	97
Tabulka 95 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 21 [1]	98
Tabulka 96 – Naměřené hodnoty – vzorek č. 22 [1]	98

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 1 [1]	30
Graf 2 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 2 [1]	31
Graf 3 – Znázornění meze tekutosti dle Casagrandeho pro vzorek č. 1 [1]	33
Graf 4 – Znázornění meze tekutosti dle Casagrandeho pro vzorek č. 2 [1]	33
Graf 5 – Histogram výsledků vlhkosti na mezi tekutosti [1].....	44
Graf 6 – Regresní závislost naměřených hodnot Casagrandeho na kuželové zkoušce [1].....	44
Graf 7 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 1 [1]	62
Graf 8 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 2 [1]	62
Graf 9 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 3 [1]	63
Graf 10 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 4 [1]	63
Graf 11 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 5 [1]	64
Graf 12 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 6 [1]	64
Graf 13 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 7 [1]	65
Graf 14 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 8 [1]	65
Graf 15 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 9 [1]	66
Graf 16 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 10 [1]	66
Graf 17 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 11 [1]	67
Graf 18 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 12 [1]	67
Graf 19 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 13 [1]	68
Graf 20 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 14 [1]	68
Graf 21 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 15 [1]	69
Graf 22 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 16 [1]	69
Graf 23 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 17 [1]	70
Graf 24 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 18 [1]	70
Graf 25 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 19 [1]	71
Graf 26 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 20 [1]	71
Graf 27 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 21 [1]	72
Graf 28 – Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 22 [1]	72
Graf 29 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 1 [1].....	77
Graf 30 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 2 [1].....	77
Graf 31 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 3 [1].....	78
Graf 32 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 4 [1].....	78

Graf 33 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 5 [1].....	79
Graf 34 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 6 [1].....	79
Graf 35 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 7 [1].....	80
Graf 36 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 8 [1].....	80
Graf 37 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 9 [1].....	81
Graf 38 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 10 [1].....	81
Graf 39 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 11 [1].....	82
Graf 40 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 12 [1].....	82
Graf 41 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 13 [1].....	83
Graf 42 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 14 [1].....	83
Graf 43 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 15 [1].....	84
Graf 44 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 16 [1].....	84
Graf 45 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 17 [1].....	85
Graf 46 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 18 [1].....	85
Graf 47 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 19 [1].....	86
Graf 48 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 20 [1].....	86
Graf 49 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 21 [1].....	87
Graf 50 – Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 22 [1].....	87

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A - Vstupní hodnoty - kuželová zkouška

Příloha B - Mez tekutosti - kuželová zkouška

Příloha C - Vstupní hodnoty - Casagrandeho přístroj

Příloha D - Mez tekutosti - Casagrandeho přístroj

Příloha E - Naměřené hodnoty a klasifikace zkušebních vzorků

Příloha F - Křivky zrnitosti

Příloha G - Koloidní aktivita a diagram plasticity

Příloha H - CD

LITERATURA A SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Vlastní fotografie, vytvořené tabulky a grafy, 2017.
- [2] WEIGLOVÁ, Kamila. *Mechanika zemin M02*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2005.
- [3] Technické normy ČSN CEN ISO/TS 17892 – 12. *Geotechnický průzkum a zkoušení - Laboratorní zkoušky zemin – část 12: Stanovení konzistenčních mezí*, Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [4] Cvičení číslo 3. *Stanovení zrnitosti zemin*. Geotechnika a zakládání staveb. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera.
- [5] Cvičení číslo 1. *Stanovení základních fyzikálních vlastností zemin*. Geotechnika a zakládání staveb. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera.
- [6] Technické normy ČSN EN ISO 14688-2. *Geotechnický průzkum a zkoušení – Pojmenování a zařídování zemin – Část 2: Zásady pro zařídování*, 2005.
- [7] Technické normy ČSN 73 6133. *Navrhování a provádění zemního tělesa pozemních komunikací*, 1998.
- [8] Cvičení číslo 4. *Pojmenování, popis a zařídění zemin*. Geotechnika a zakládání staveb. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera.
- VANÍČEK, Ivan. *Mechanika zemin*. Praha: České vysoké učení technické, 1996.
- ŠIMEK, J.; JESENÁK, J.; EICHLER, J.; VANÍČEK, I. *Mechanika zemin*. I. vyd., Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1990.
- HULLA, J.; ŠIMEK, J.; TURČEK, P. *Mechanika zemin a zakladanie stavieb*. Bratislava: Alfa, 1991.
- Technické normy ČSN CEN ISO/TS 17892 – 1. *Geotechnický průzkum a zkoušení – Laboratorní zkoušky zemin – Část 1: Stanovení vlhkosti zemin*, Praha: Český normalizační institut, 2005.
- Technické normy ČSN 72 1012 *Laboratorní stanovení vlhkosti zemin*, Praha: Český normalizační institut, 2005.
- Technické normy ČSN 72 1014 *Laboratorní stanovení meze tekutosti zemin*, Praha: ÚMN, 1968.
- FOJTOVÁ, L.; MARSCHALCO, M.; FRANEKOVÁ, R., KOVÁŘ, L. *Potřeby srovnání metod pro měření vlhkosti na mezi tekutosti dle ČSN a nově přijímané evropské legislativy*. Vysoká škola báňská – Technická univerzita v Ostravě: Institut geologického inženýrství. URL: <https://dspace.vsb.cz/bitstream/handle/10084/71061/FAST-2008-8-1-359-fojtova.pdf?sequence=2>

PAVELKA, Ondřej. *Zlepšování mechanicko – fyzikálních vlastností zemin pomocí hydraulických pojiv*. Pardubice, 2010. Bakalářská práce. Univerzita Pardubice, Dopravní fakulta Jana Pernera, Katedra dopravního stavitelství.

KUDRNA, Jan. *Pozemní komunikace II M04*. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta stavební, 2005.

PŘÍLOHA A – Vstupní hodnoty – kuželová zkouška

Tabulka 31 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 1 [1]

Vzorek č. 1							
Penetrace (mm)	16,50	17,00	18,70	19,10	19,70	20,70	21,20
Vlhkost (%)	27,56	28,66	29,03	29,59	30,15	30,41	30,48

Tabulka 32 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 2 [1]

Vzorek č. 2						
Penetrace (mm)	15,10	15,50	18,40	18,80	19,30	20,50
Vlhkost (%)	39,72	39,97	43,71	43,80	43,82	45,80

Tabulka 33 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 3 [1]

Vzorek č. 3							
Penetrace (mm)	14,20	15,40	16,00	17,00	19,10	19,00	21,90
Vlhkost (%)	50,34	52,23	53,29	53,73	56,50	55,32	59,13

Tabulka 34 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 4 [1]

Vzorek č. 4							
Penetrace (mm)	15,30	15,70	16,50	18,10	18,60	19,70	20,80
Vlhkost (%)	42,43	43,28	43,21	43,81	44,39	44,28	44,91

Tabulka 35 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 5 [1]

Vzorek č. 5						
Penetrace (mm)	15,40	16,20	17,90	19,40	21,40	21,80
Vlhkost (%)	39,17	40,67	41,98	42,79	44,35	44,84

Tabulka 36 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 6 [1]

Vzorek č. 6						
Penetrace (mm)	14,50	15,20	16,61	17,00	19,20	21,90
Vlhkost (%)	41,27	42,40	43,01	43,74	45,69	46,59

Tabulka 37 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 7 [1]

Vzorek č. 7							
Penetrace (mm)	15,30	17,30	18,50	18,80	20,80	20,90	23,50
Vlhkost (%)	38,02	38,67	38,70	38,89	40,59	41,22	42,67

Tabulka 38 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 8 [1]

Vzorek č. 8							
Penetrace (mm)	15,20	16,00	16,90	19,10	21,10	22,70	
Vlhkost (%)	32,14	33,00	33,48	33,69	35,28	35,98	

Tabulka 39 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 9 [1]

Vzorek č. 9							
Penetrace (mm)	15,20	16,70	17,10	17,30	18,40	20,30	21,80
Vlhkost (%)	36,89	37,71	37,66	38,39	39,35	40,25	40,49

Tabulka 40 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 10 [1]

Vzorek č. 10							
Penetrace (mm)	15,10	16,20	17,20	18,10	18,60	19,50	20,10
Vlhkost (%)	64,73	65,76	68,09	69,24	70,48	70,52	72,94

Tabulka 41 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 11 [1]

Vzorek č. 11							
Penetrace (mm)	15,00	16,10	19,40	18,00	21,20	22,50	
Vlhkost (%)	87,40	88,95	92,52	91,87	94,30	96,27	

Tabulka 42 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 12 [1]

Vzorek č. 12							
Penetrace (mm)	15,40	16,10	16,60	18,00	19,10	19,40	20,50
Vlhkost (%)	40,78	42,79	43,65	44,83	46,46	46,08	46,77

Tabulka 43 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 13 [1]

Vzorek č. 13						
Penetrace (mm)	14,80	15,20	16,30	18,30	19,80	
Vlhkost (%)	37,38	38,01	38,79	40,71	41,14	

Tabulka 44 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 14 [1]

Vzorek č. 14						
Penetrace (mm)	14,80	15,50	16,20	17,00	19,20	21,30
Vlhkost (%)	47,48	47,90	48,90	48,68	51,16	52,67

Tabulka 45 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 15 [1]

Vzorek č. 15							
Penetrace (mm)	15,00	15,40	16,40	17,40	18,50	20,40	21,10
Vlhkost (%)	53,91	53,68	55,25	57,02	57,12	59,74	61,05

Tabulka 46 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 16 [1]

Vzorek č. 16						
Penetrace (mm)	14,70	15,60	16,90	18,30	20,40	20,60
Vlhkost (%)	17,89	18,79	18,84	19,06	19,73	20,21

Tabulka 47 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 17 [1]

Vzorek č. 17							
Penetrace (mm)	13,70	14,60	16,20	17,40	18,40	19,30	21,40
Vlhkost (%)	25,38	26,02	26,38	27,25	27,89	28,02	28,66

Tabulka 48 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 18 [1]

Vzorek č. 18						
Penetrace (mm)	16,40	17,70	17,90	20,70	21,20	22,60
Vlhkost (%)	36,41	36,57	36,85	37,44	38,01	37,92

Tabulka 49 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 19 [1]

Vzorek č. 19					
Penetrace (mm)	15,10	16,10	18,60	19,10	20,90
Vlhkost (%)	29,50	30,43	31,08	31,80	32,29

Tabulka 50 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 20 [1]

Vzorek č. 20					
Penetrace (mm)	15,00	16,80	18,20	20,50	21,50
Vlhkost (%)	27,04	28,72	29,48	29,90	30,37

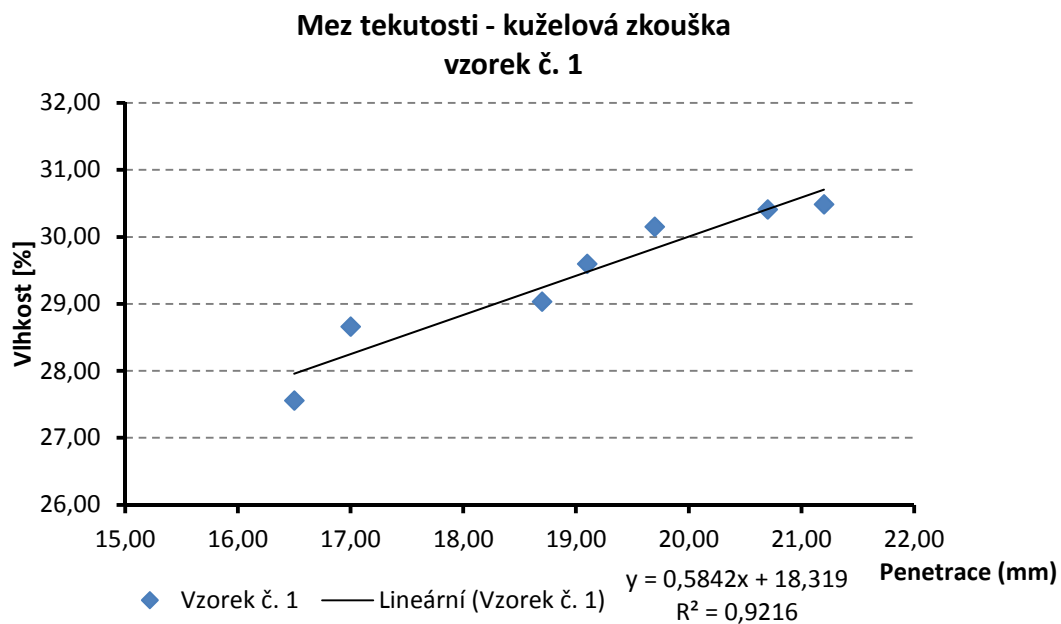
Tabulka 51 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 21 [1]

Vzorek č. 21						
Penetrace (mm)	14,90	16,00	17,70	19,70	20,50	23,50
Vlhkost (%)	57,98	58,56	59,18	60,94	62,67	66,28

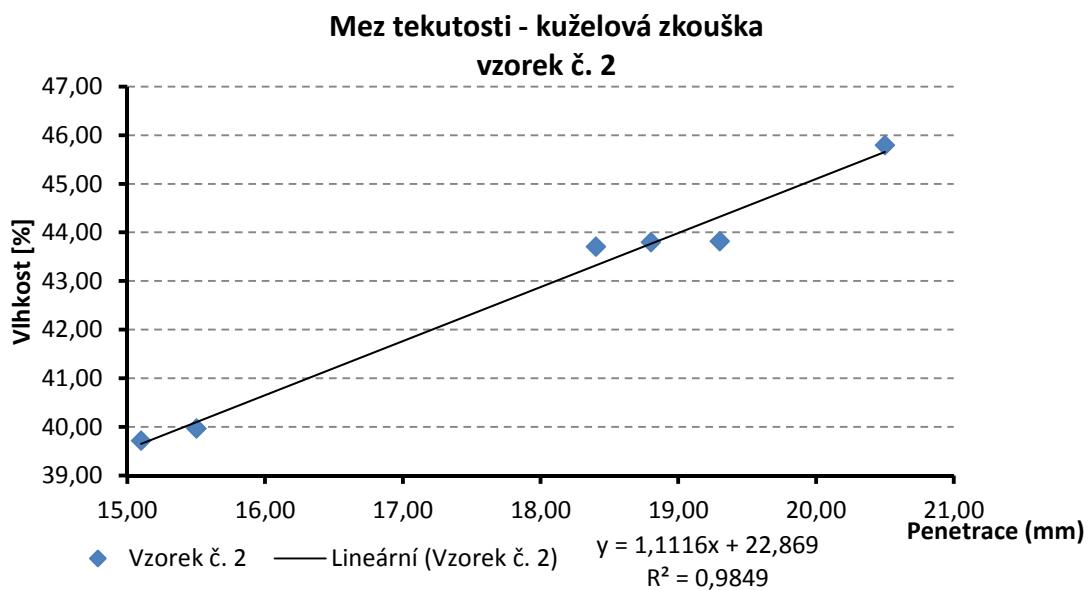
Tabulka 52 - Vstupní hodnoty pro kuželovou zkoušku - vzorek č. 22 [1]

Vzorek č. 22						
Penetrace (mm)	15,10	15,90	16,10	17,90	20,50	21,00
Vlhkost (%)	43,90	45,47	45,86	47,59	48,53	49,00

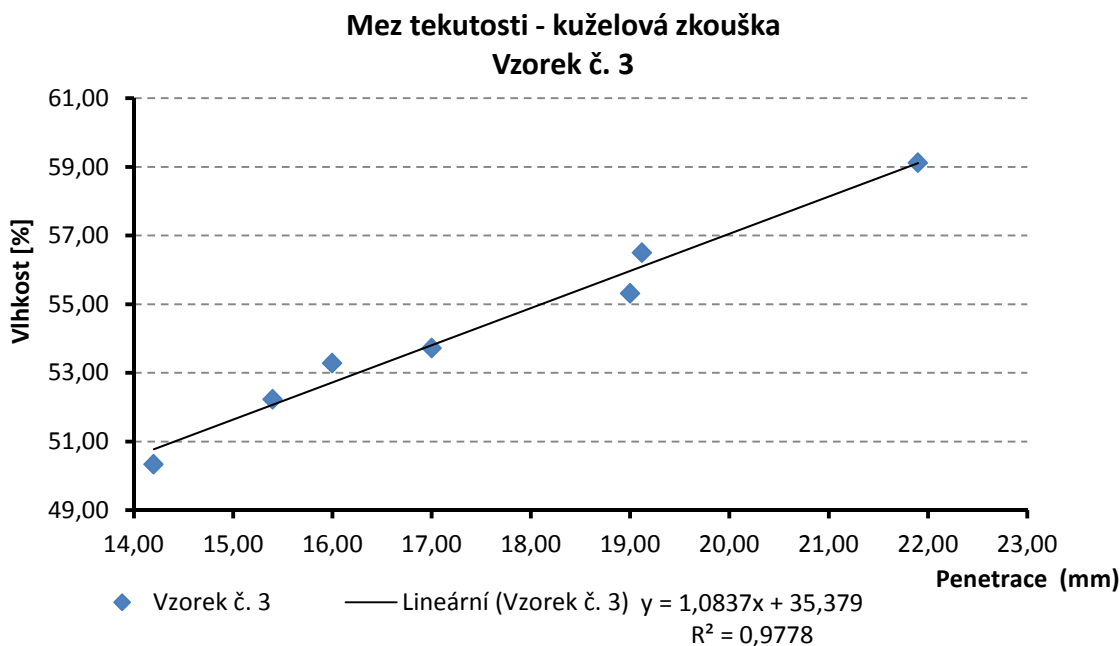
PŘÍLOHA B – Mez tekutosti – kuželová zkouška



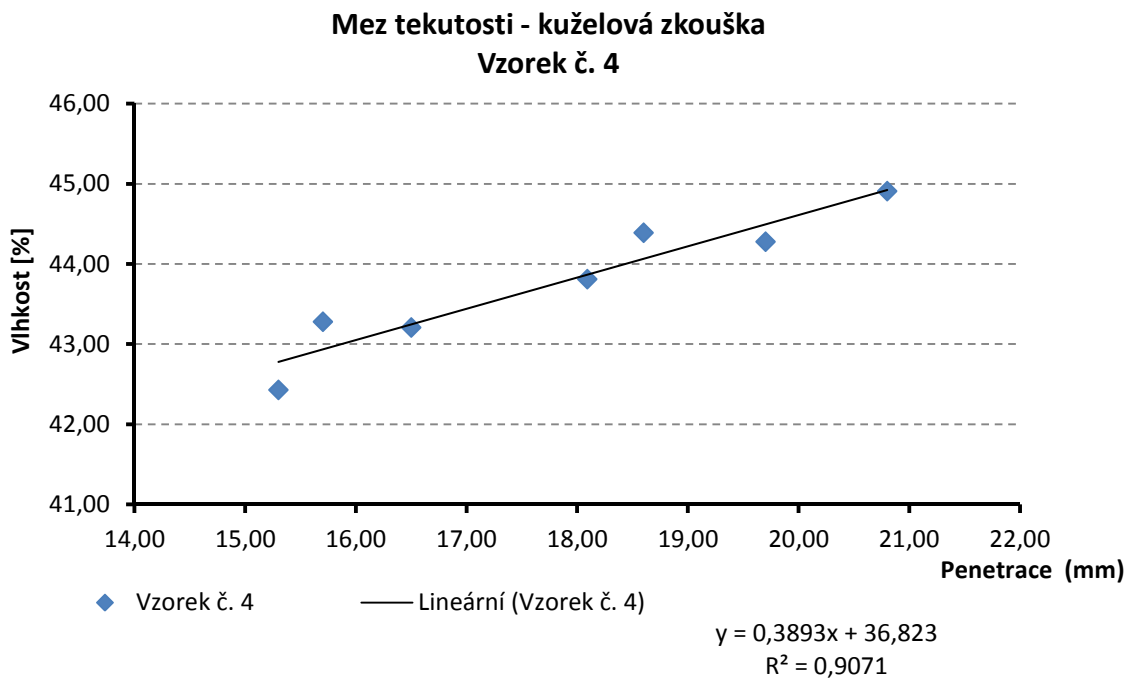
Graf 7 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 1 [1]



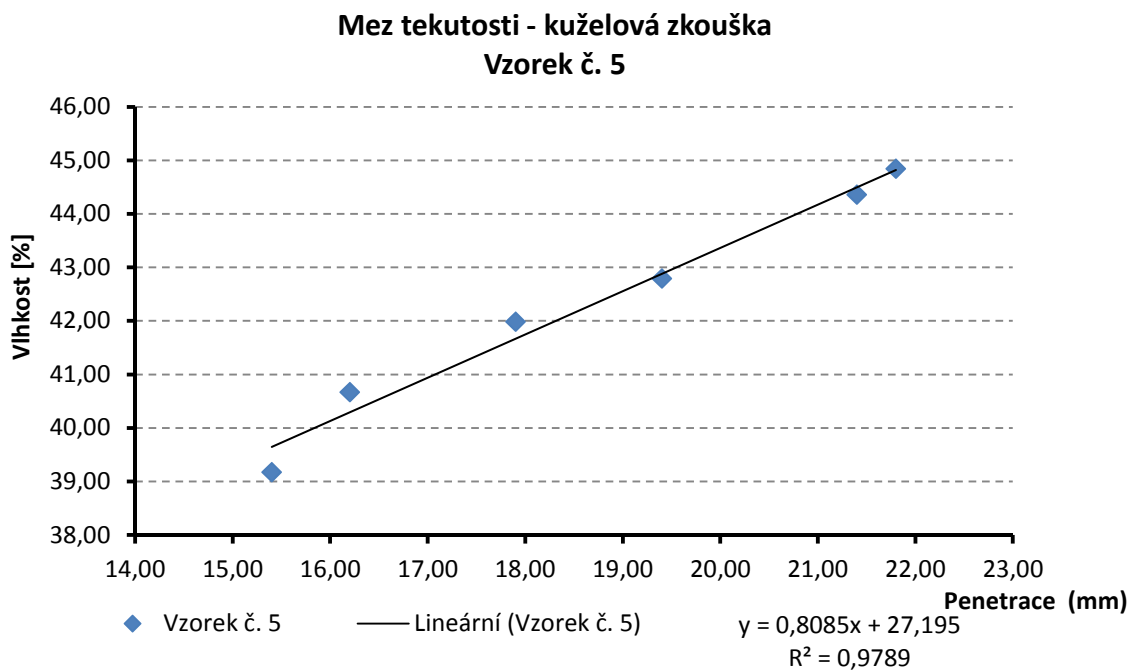
Graf 8 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 2 [1]



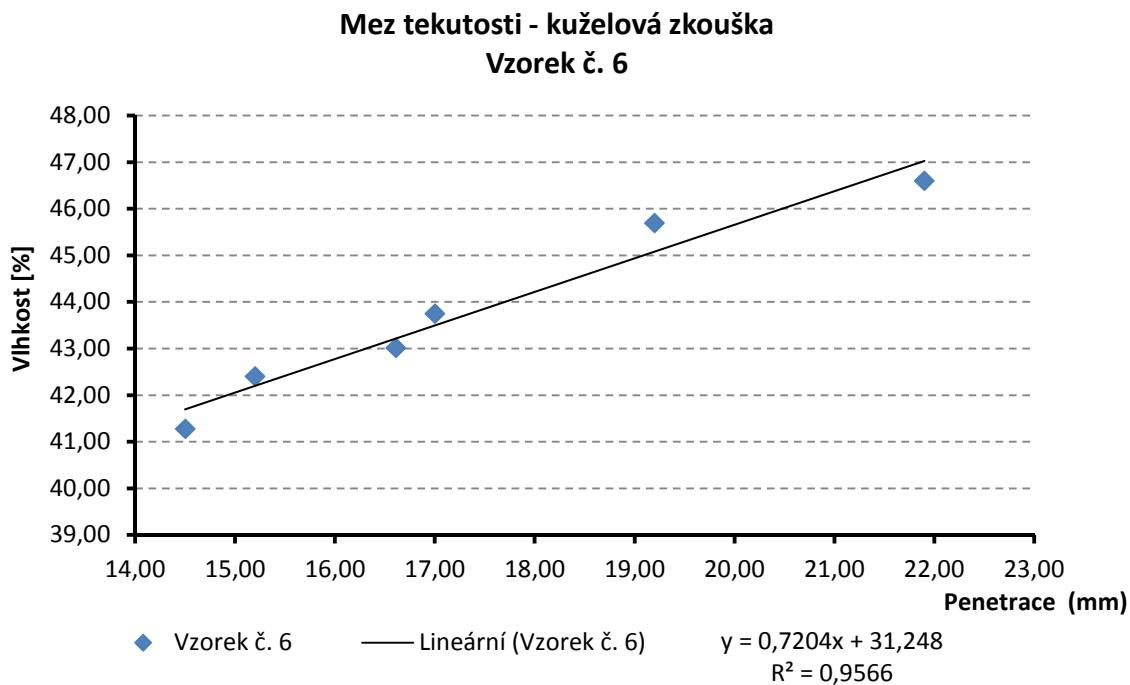
Graf 9 - Znáznornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 3 [1]



Graf 10 - Znáznornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 4 [1]

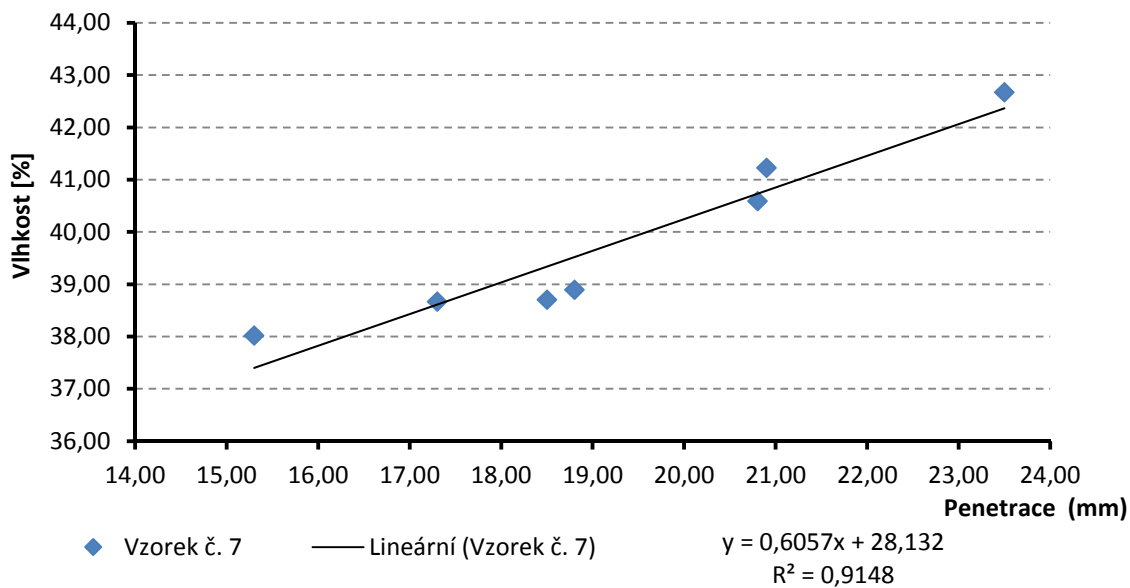


Graf 11 - Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 5 [1]



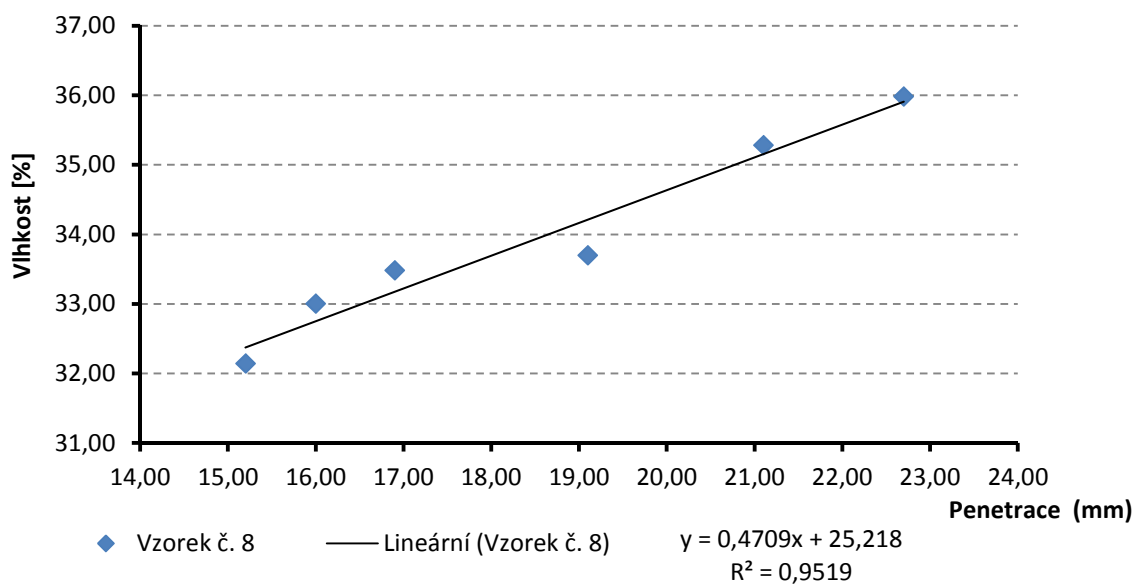
Graf 12 - Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 6 [1]

**Mez tekutosti - kuželová zkouška
Vzorek č. 7**

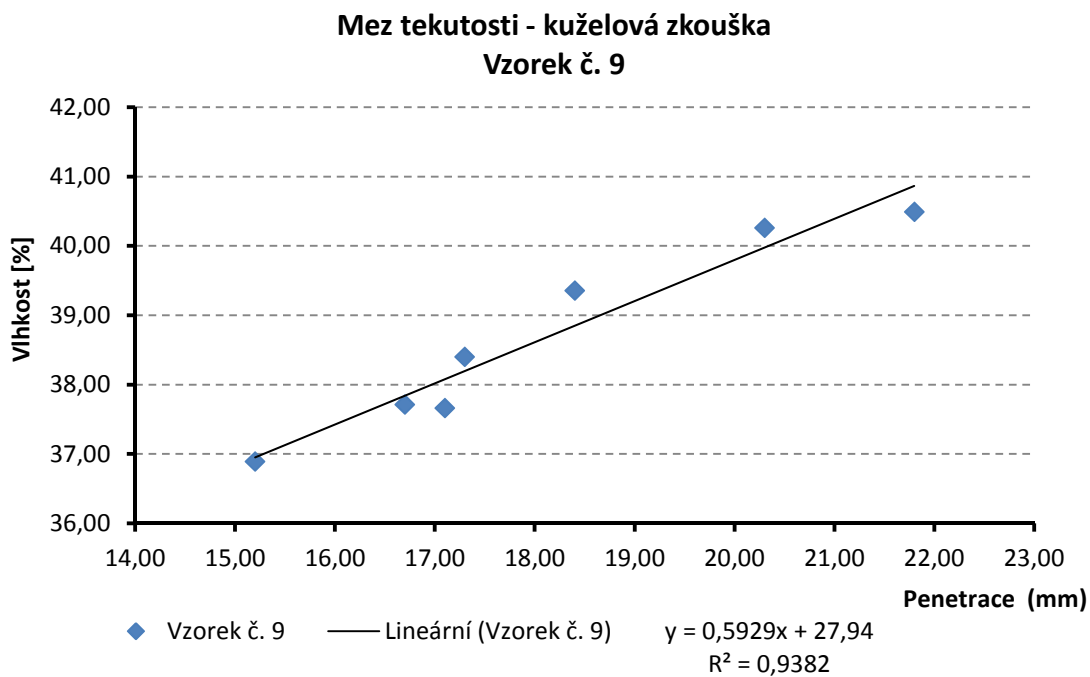


Graf 13 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 7 [1]

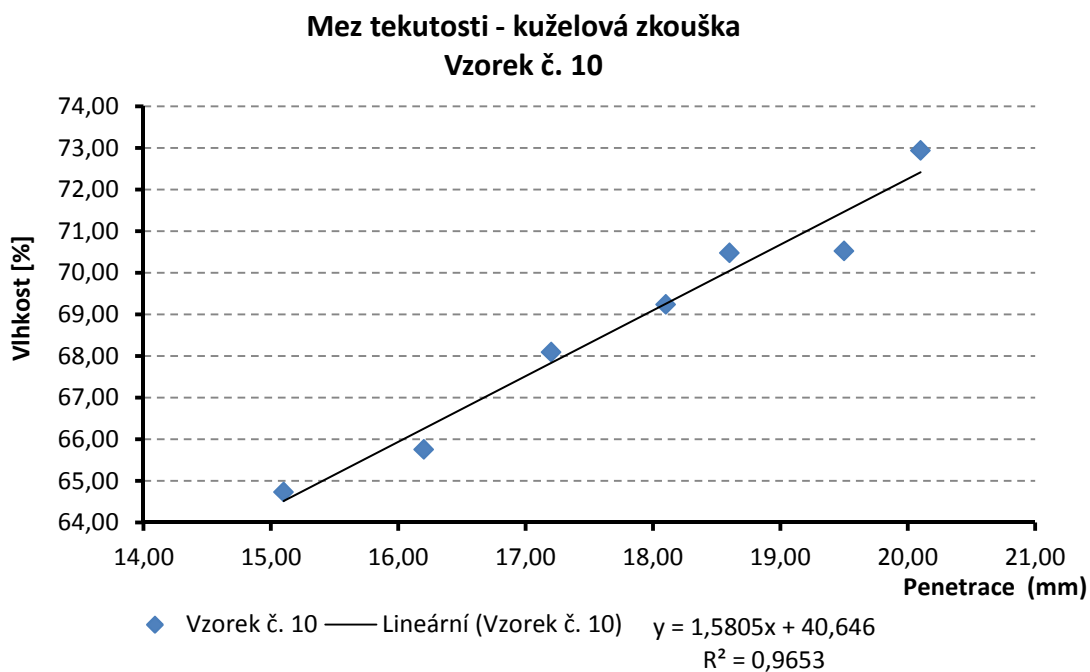
**Mez tekutosti - kuželová zkouška
Vzorek č. 8**



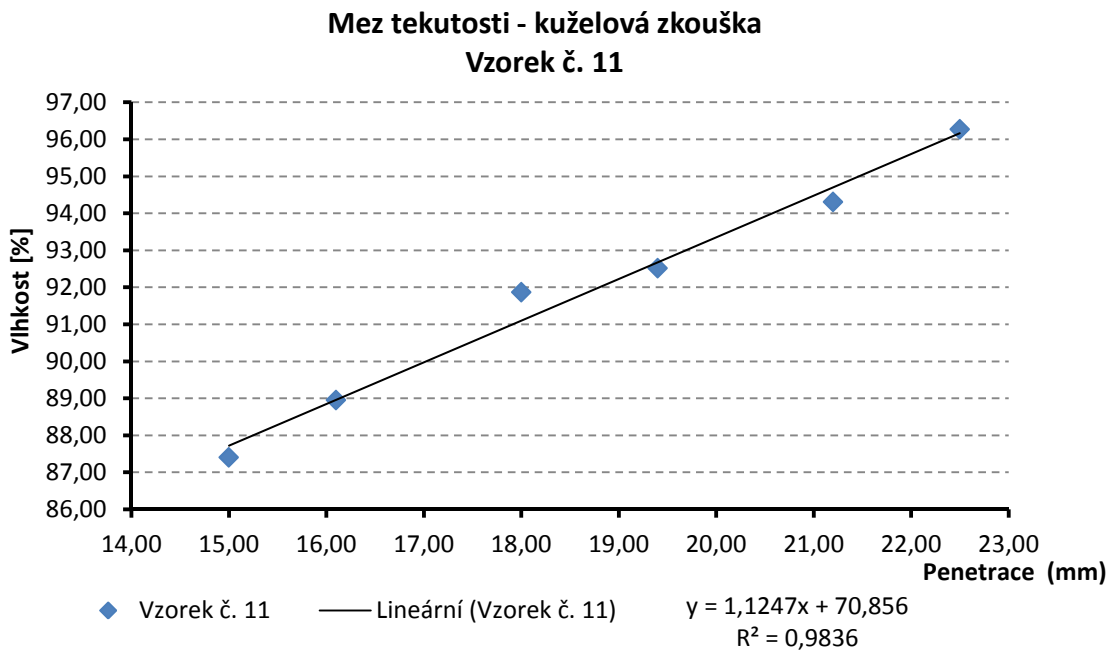
Graf 14 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 8 [1]



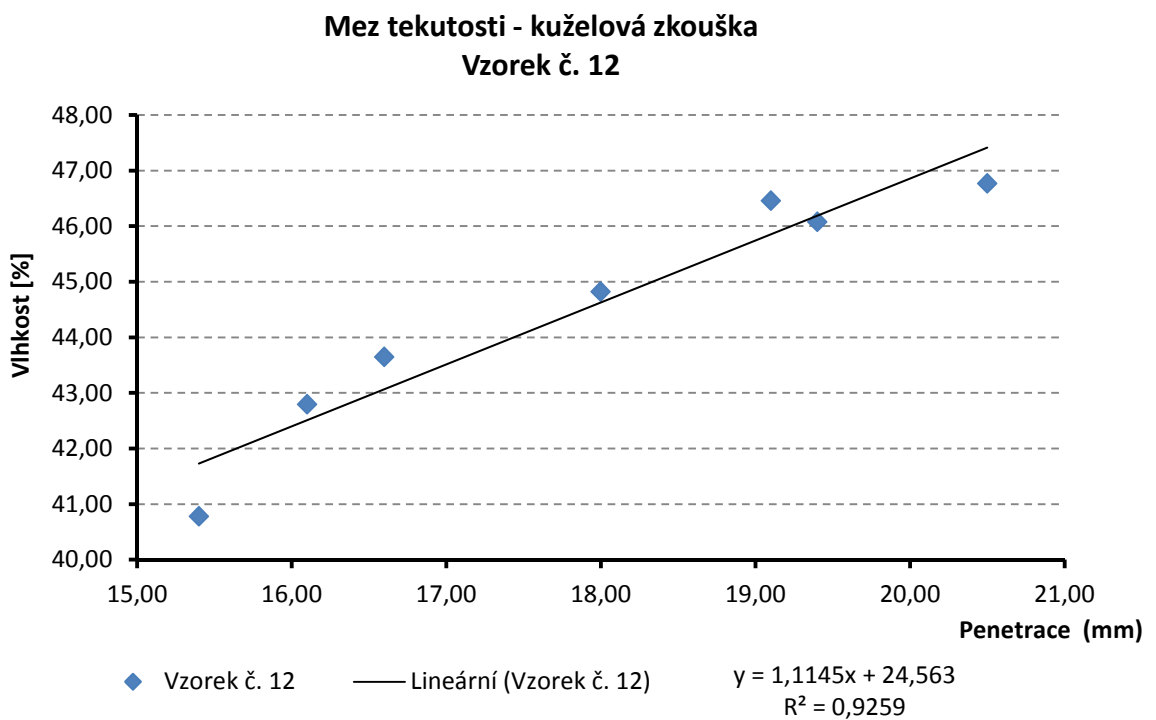
Graf 15 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 9 [1]



Graf 16 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 10 [1]

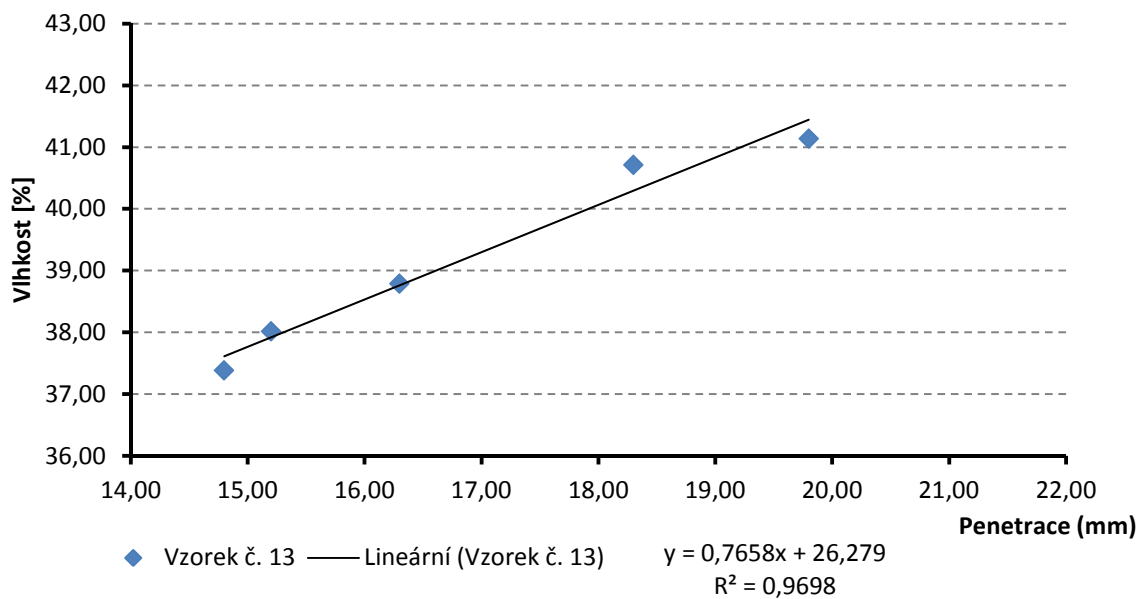


Graf 17 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 11 [1]



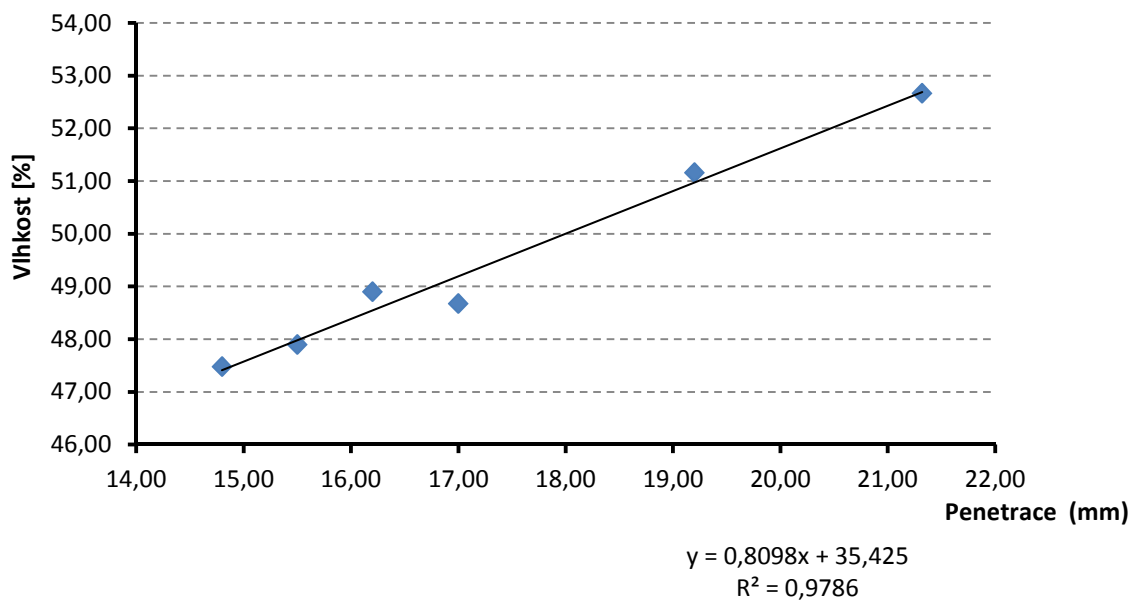
Graf 18 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 12 [1]

**Mez tekutosti - kuželová zkouška
vzorek č. 13**

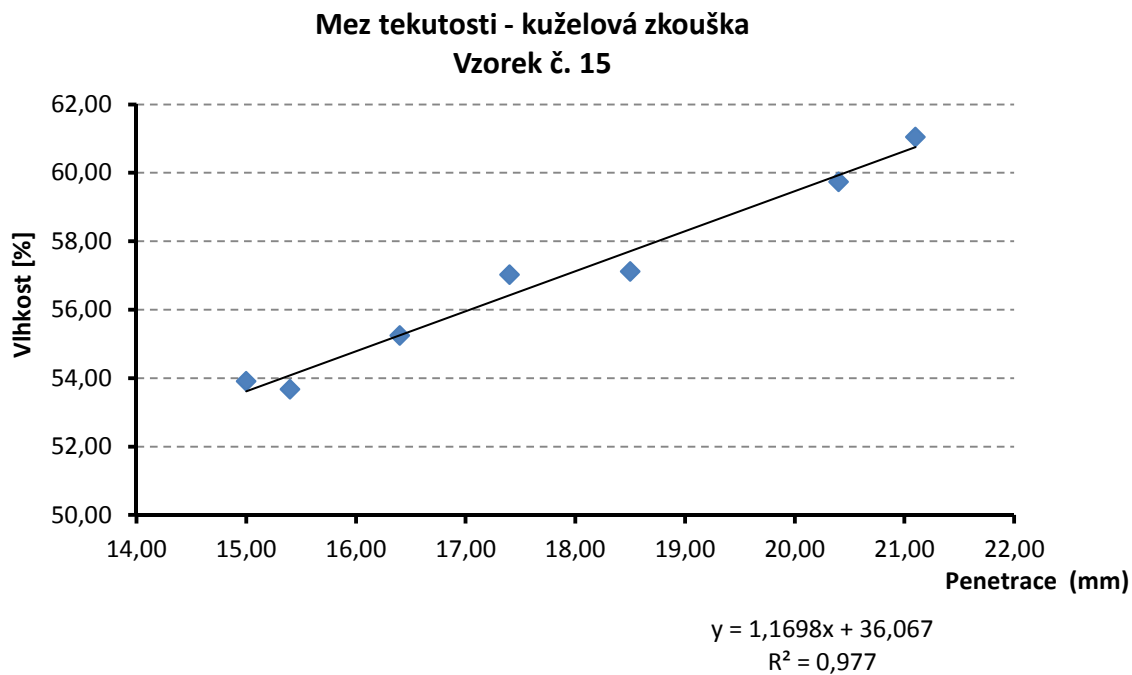


Graf 19 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 13 [1]

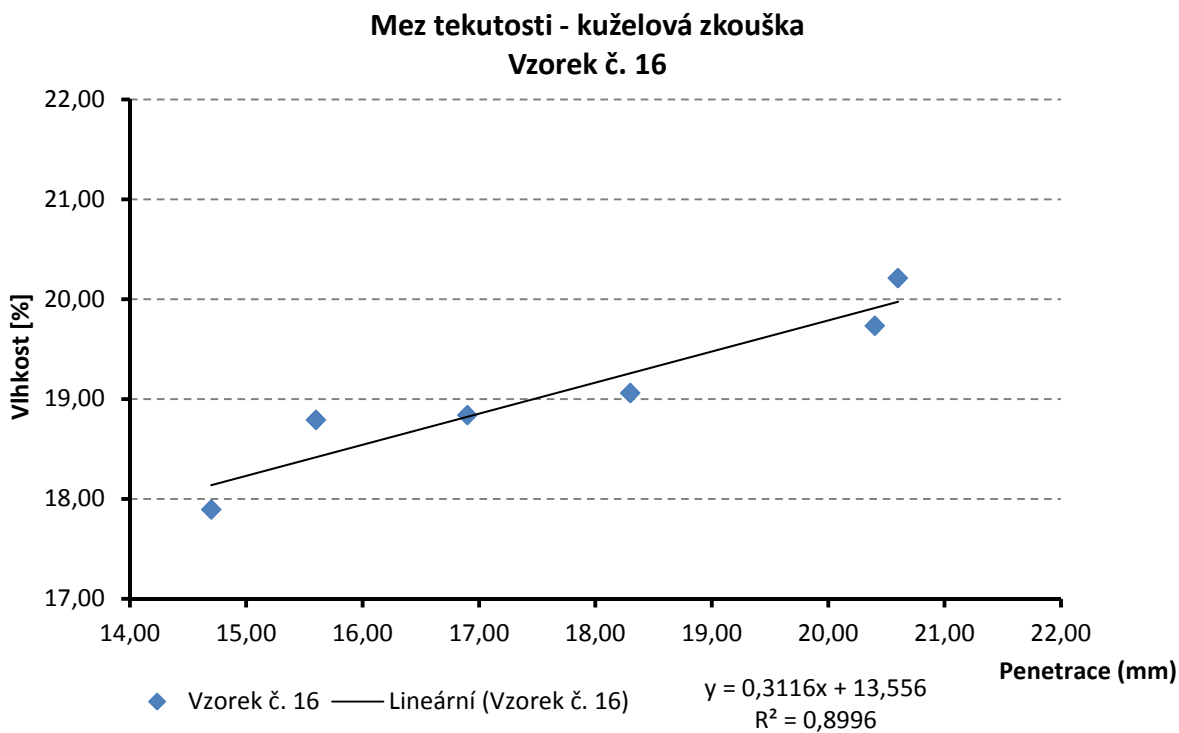
**Mez tekutosti - kuželová zkouška
Vzorek č. 14**



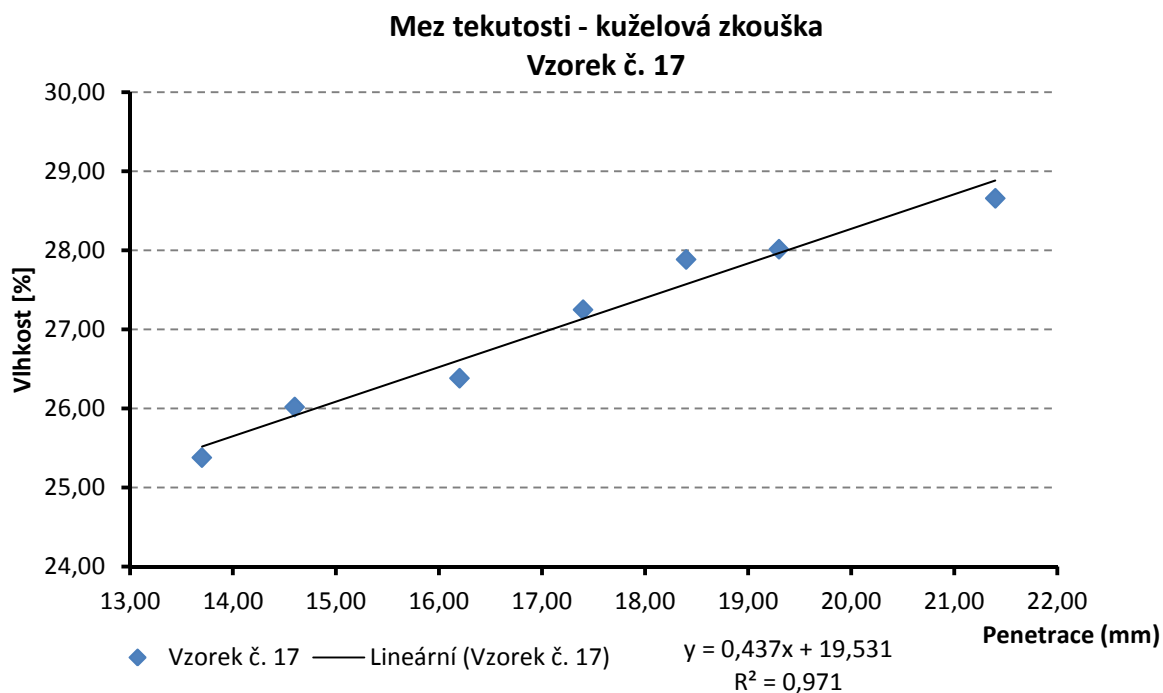
Graf 20 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 14 [1]



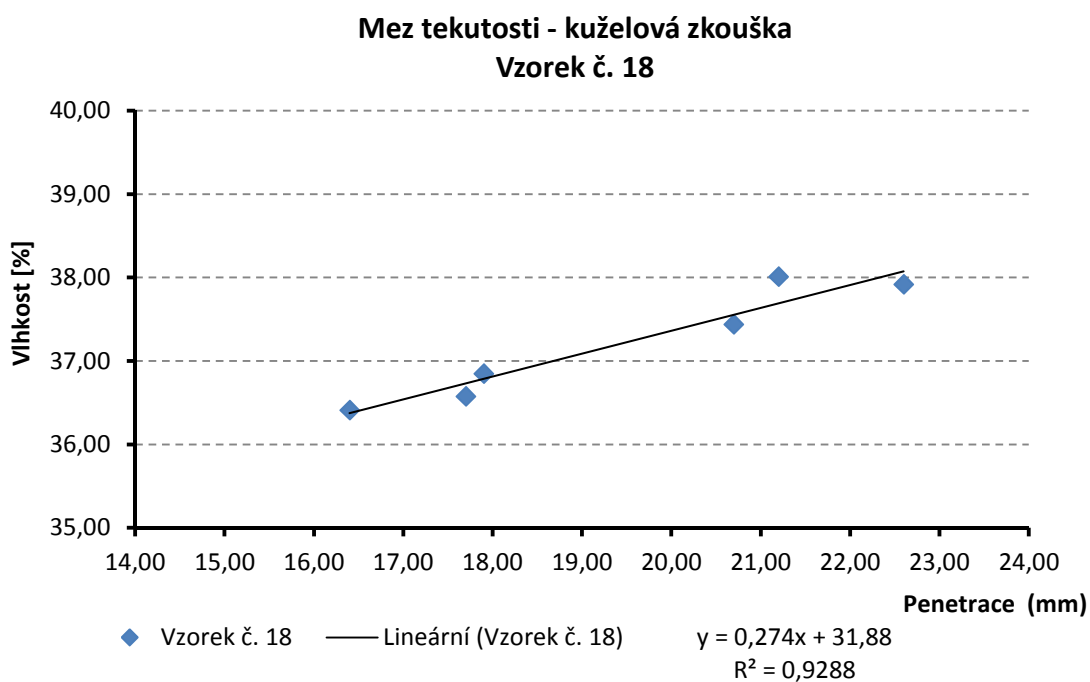
Graf 21 - Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 15 [1]



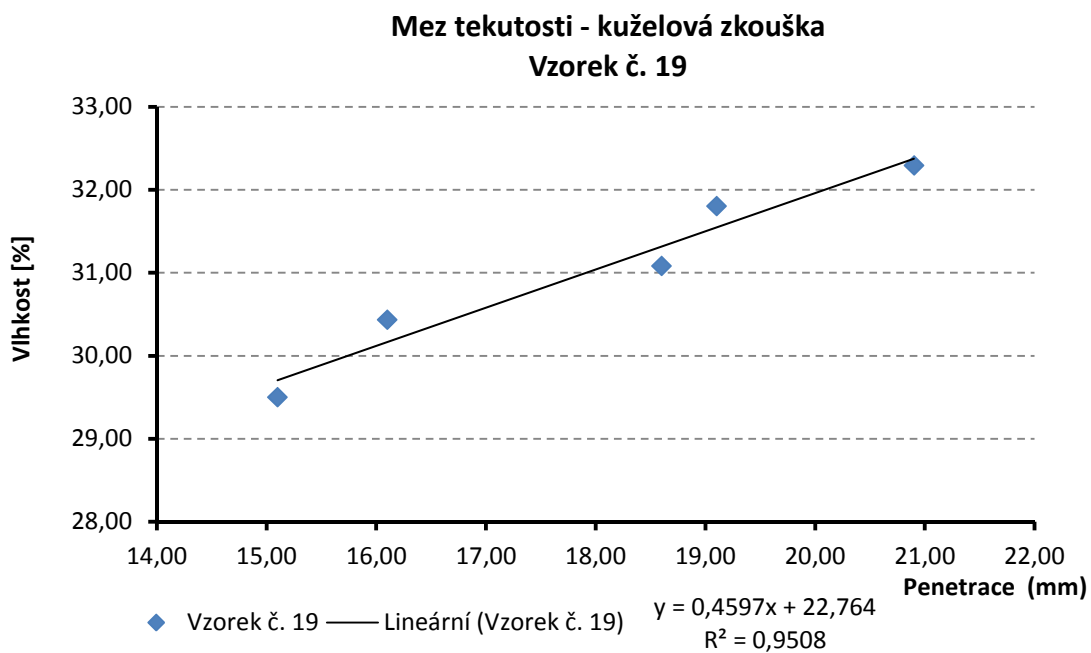
Graf 22 - Znázornění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 16 [1]



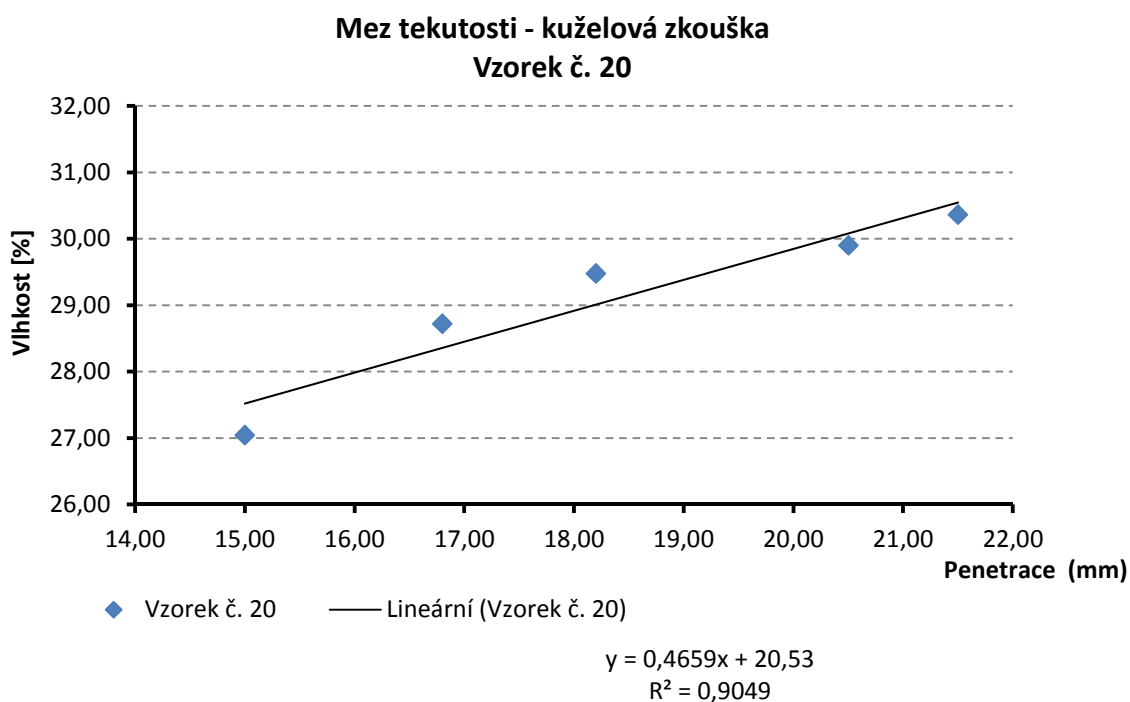
Graf 23 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 17 [1]



Graf 24 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 18 [1]

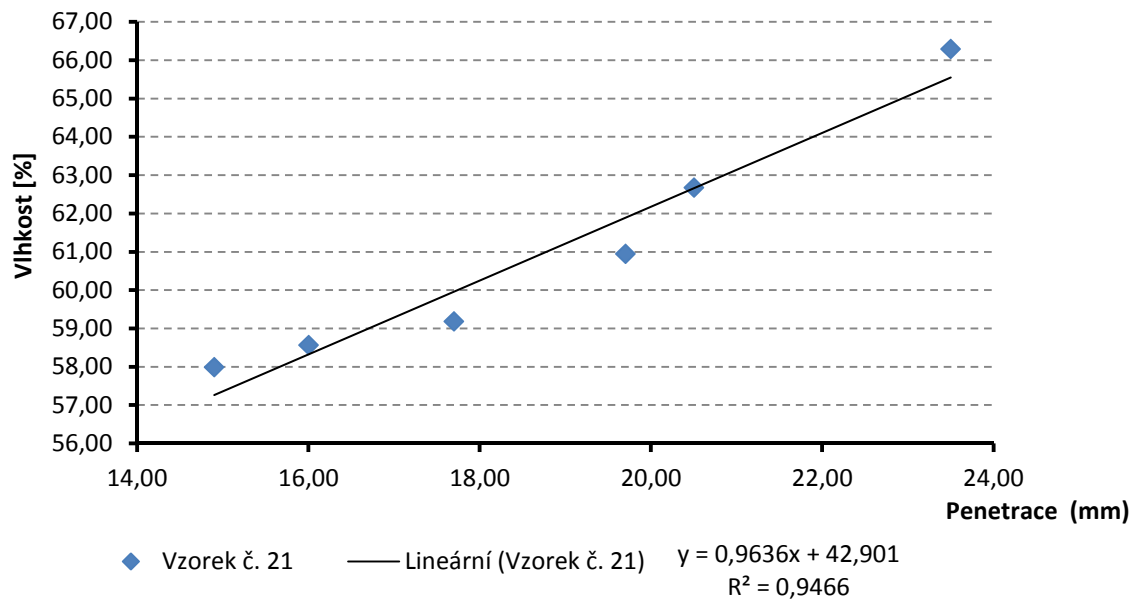


Graf 25 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 19 [1]



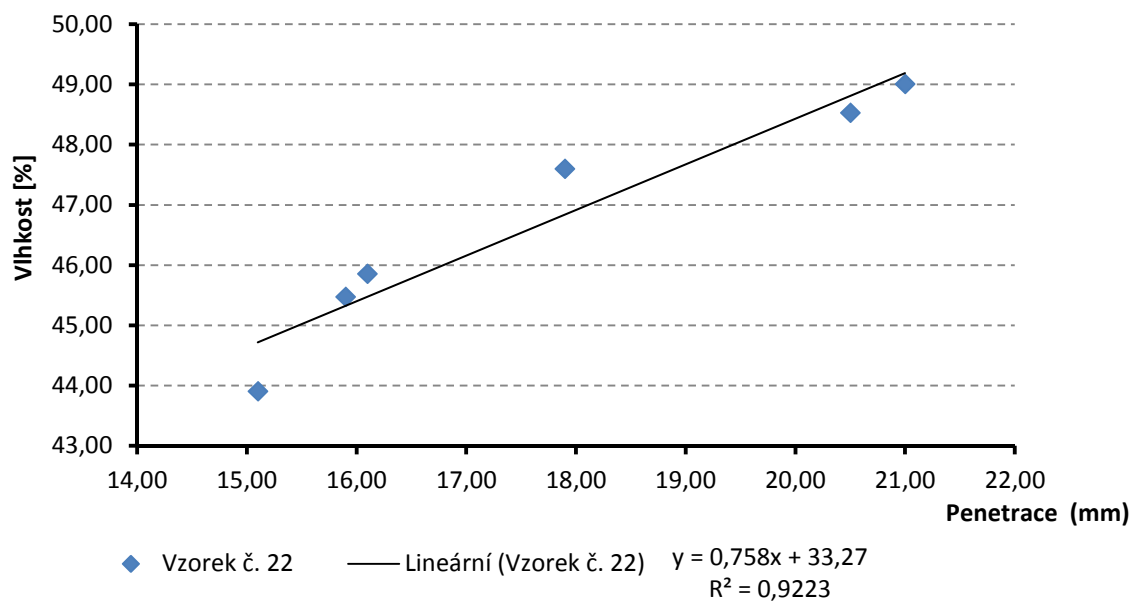
Graf 26 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 20 [1]

**Mez tekutosti - kuželová zkouška
Vzorek č. 21**



Graf 27 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 21 [1]

**Mez tekutosti - kuželová zkouška
Vzorek č. 22**



Graf 28 - Znárodnění meze tekutosti dle kuželové zkoušky pro vzorek č. 22 [1]

PŘÍLOHA C – Vstupní hodnoty – Casagrandeho přístroj

Tabulka 53 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu- vzorek č. 1 [1]

Vzorek č. 1						
Počet úderů	15	17	18	20	21	26
Vlhkost (%)	30,15	29,59	29,03	28,66	27,56	26,92

Tabulka 54 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 2 [1]

Vzorek č. 2					
Počet úderů	17	20	25	29	33
Vlhkost (%)	46,43	45,80	44,25	43,82	43,71

Tabulka 55 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 3 [1]

Vzorek č. 3							
Počet úderů	17	19	20	22	23	28	34
Vlhkost (%)	62,91	60,51	59,01	57,34	53,29	52,23	50,34

Tabulka 56 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 4 [1]

Vzorek č. 4							
Počet úderů	18	23	26	27	31	34	35
Vlhkost (%)	54,49	53,28	50,91	48,51	46,38	45,81	44,91

Tabulka 57 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 5 [1]

Vzorek č. 5						
Počet úderů	17	19	22	27	31	35
Vlhkost (%)	55,84	54,35	49,98	47,64	47,61	45,16

Tabulka 58 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 6 [1]

Vzorek č. 6							
Počet úderů	19	21	23	26	27	29	32
Vlhkost (%)	54,74	50,48	47,37	48,01	46,59	44,64	40,83

Tabulka 59 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 7 [1]

Vzorek č. 7							
Počet úderů	15	17	21	27	28	31	35
Vlhkost (%)	48,02	46,67	45,89	40,28	38,14	35,49	33,64

Tabulka 60 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 8 [1]

Vzorek č. 8								
Počet úderů	17	22	24	26	29	31	33	35
Vlhkost (%)	40,90	37,64	36,64	35,98	35,08	34,69	33,47817	32,14

Tabulka 61 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 9 [1]

Vzorek č. 9								
Počet úderů	15	16	19	20	21	28	32	
Vlhkost (%)	47,1	45,54	44,8	41,5	39,8	36,9	35,7	

Tabulka 62 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 10 [1]

Vzorek č. 10								
Počet úderů	16	19	20	25	28	31	34	
Vlhkost (%)	78,13	76,97	74,63	72,94	67,41	61,94	60,67	

Tabulka 63 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 11 [1]

Vzorek č. 11							
Počet úderů	16	19	21	25	27	33	
Vlhkost (%)	92,37	89,46	88,49	85,64	84,19	83,47	

Tabulka 64 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 12 [1]

Vzorek č. 12								
Počet úderů	15	18	19	22	25	29	34	
Vlhkost (%)	56,39	52,97	49,78	48,61	46,61	43,65	41,36	

Tabulka 65 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 13 [1]

Vzorek č. 13					
Počet úderů	17	22	23	29	33
Vlhkost (%)	41,14	40,69	40,40	38,79	38,01

Tabulka 66 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 14 [1]

Vzorek č. 14						
Počet úderů	17	18	22	24	27	30
Vlhkost (%)	55,61	52,84	51,16	48,25	48,90	47,48

Tabulka 67 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 15 [1]

Vzorek č. 15						
Počet úderů	16	18	21	23	27	31
Vlhkost (%)	60,91	59,68	55,25	53,04	51,18	50,47

Tabulka 68 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 16 [1]

Vzorek č. 16					
Počet úderů	18	20	23	25	27
Vlhkost (%)	19,06	18,84	18,79	17,89	17,58

Tabulka 69 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 17 [1]

Vzorek č. 17						
Počet úderů	16	18	21	24	29	34
Vlhkost (%)	28,30	27,89	26,38	25,98	25,38	23,98

Tabulka 70 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 18 [1]

Vzorek č. 18						
Počet úderů	15	18	21	25	27	31
Vlhkost (%)	44,61	41,28	38,09	37,91	34,91	32,64

Tabulka 71 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 19 [1]

Vzorek č. 19						
Počet úderů	15	16	21	28	29	32
Vlhkost (%)	35,64	32,41	29,37	28,64	25,72	21,64

Tabulka 72 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 20 [1]

Vzorek č. 20						
Počet úderů	16	18	19	22	28	31
Vlhkost (%)	36,46	34,29	30,64	29,21	27,12	25,38

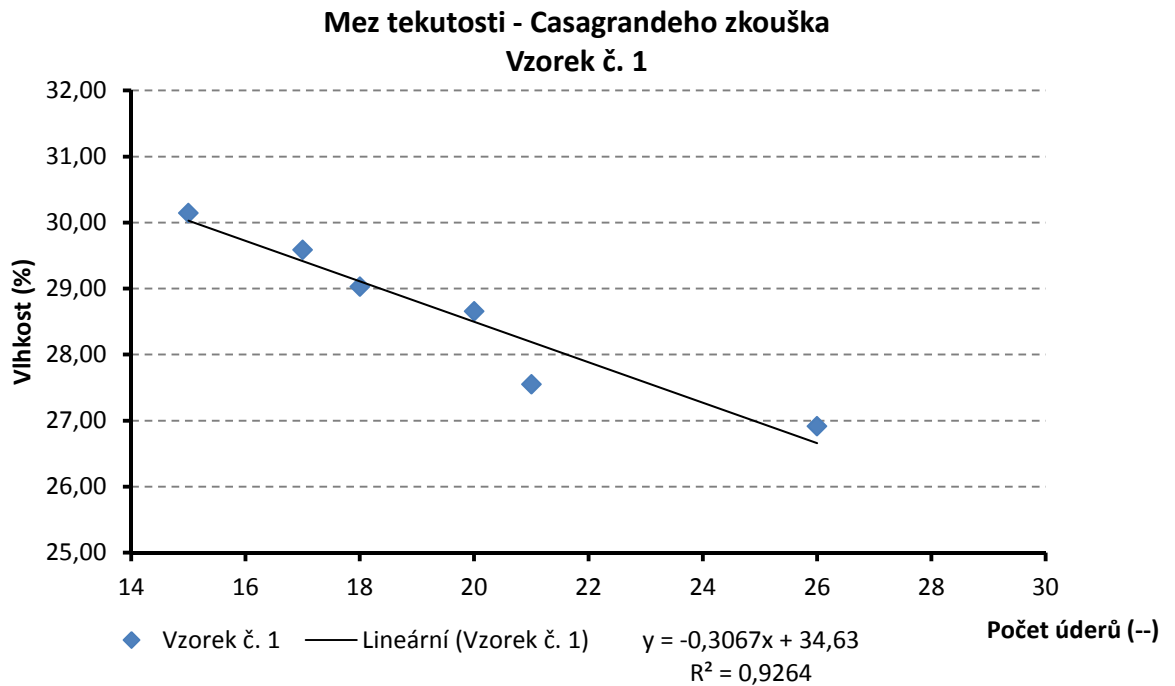
Tabulka 73 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 21 [1]

Vzorek č. 21						
Počet úderů	16	19	21	25	29	31
Vlhkost (%)	63,61	60,73	59,34	58,81	56,29	54,12

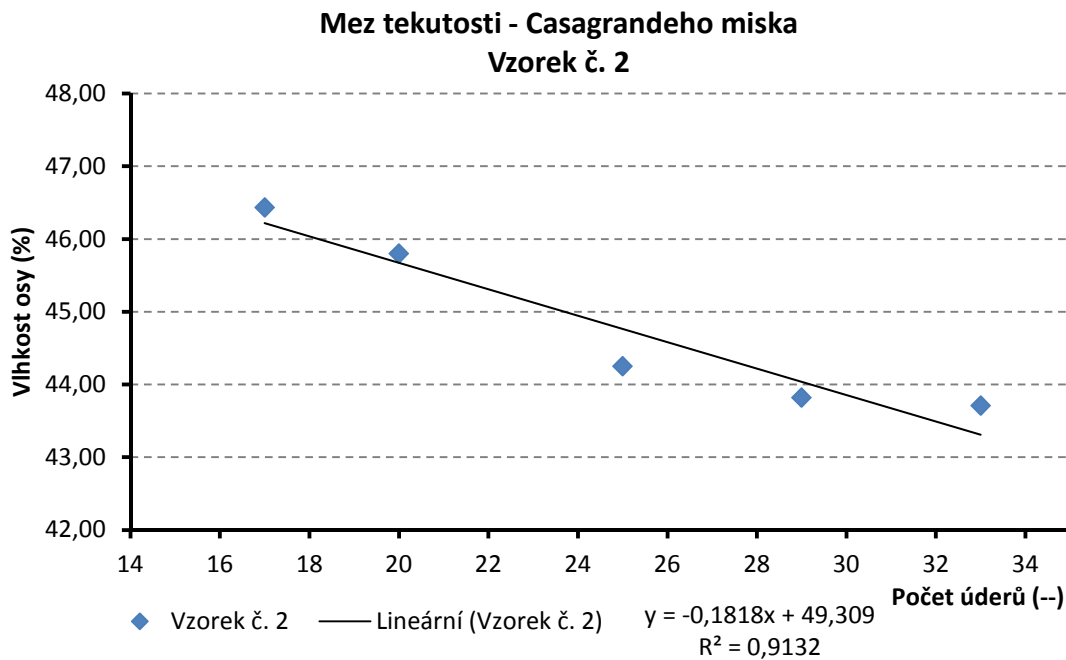
Tabulka 74 - Vstupní hodnoty pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 22 [1]

Vzorek č. 22						
Počet úderů	15	19	22	28	30	33
Vlhkost (%)	59,67	52,94	48,91	45,94	44,76	41,51

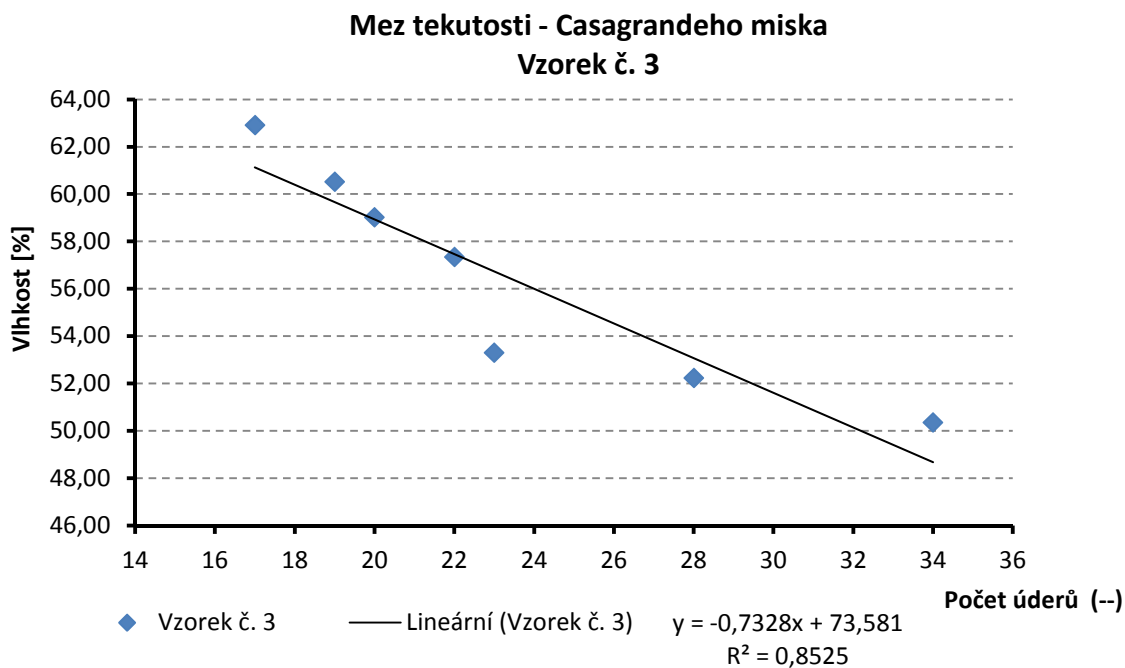
PŘÍLOHA D - Mez tekutosti – Casagrandeho miska



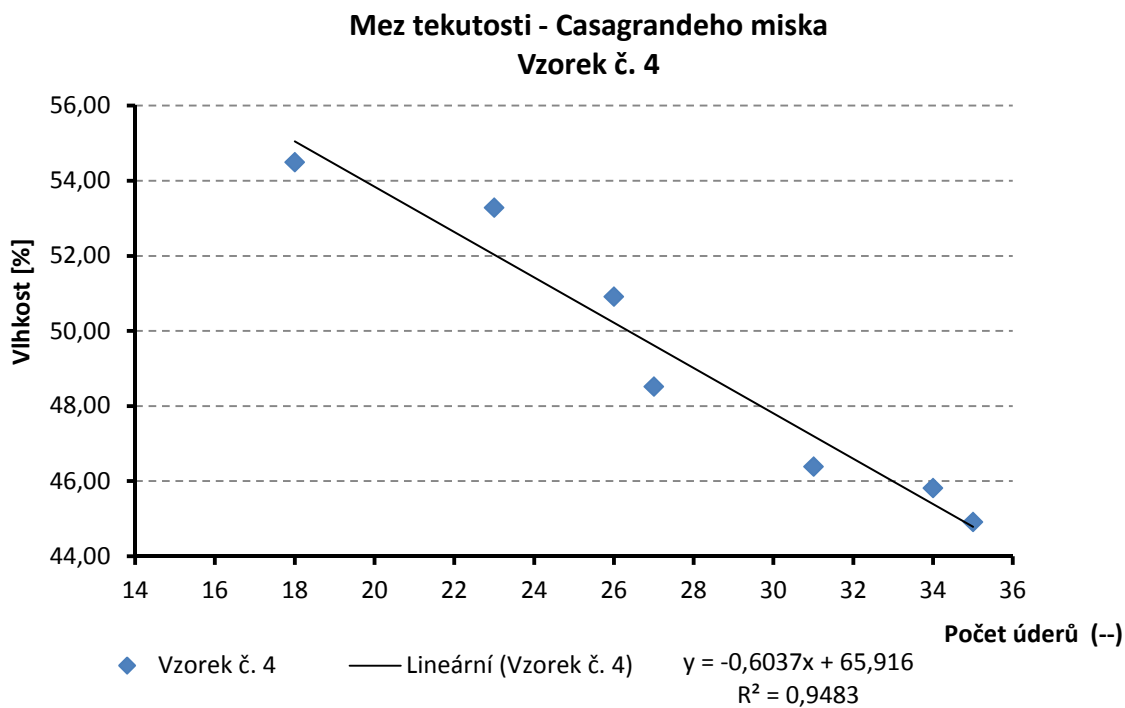
Graf 29 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 1 [1]



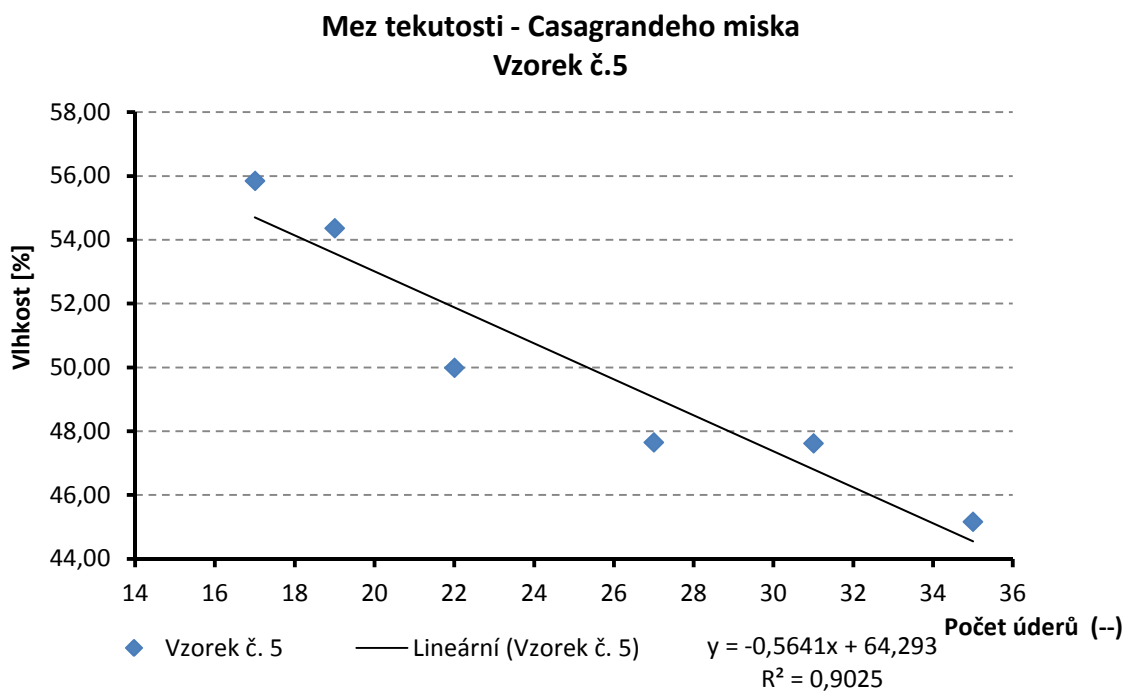
Graf 30 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 2 [1]



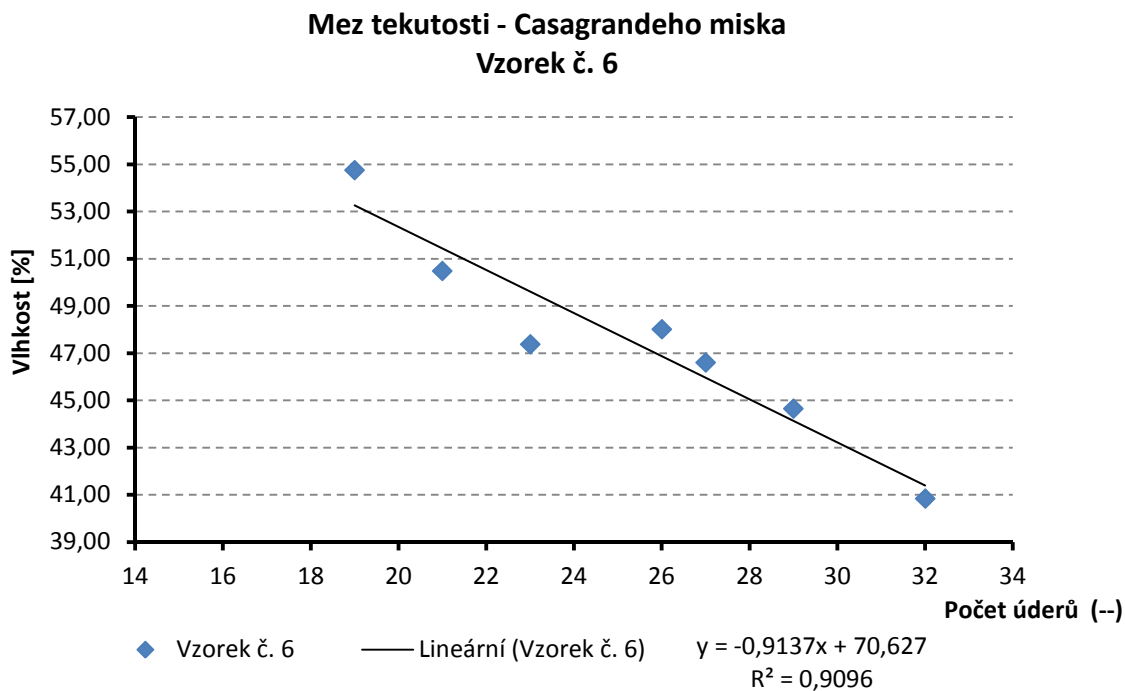
Graf 31 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 3 [1]



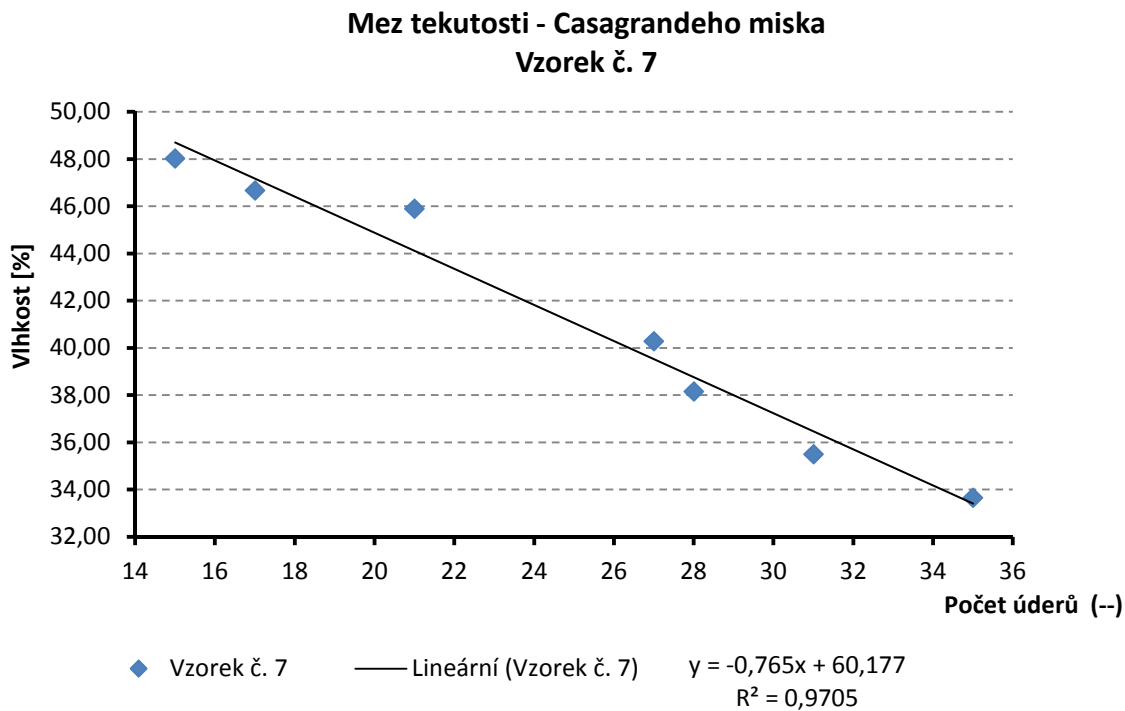
Graf 32 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 4 [1]



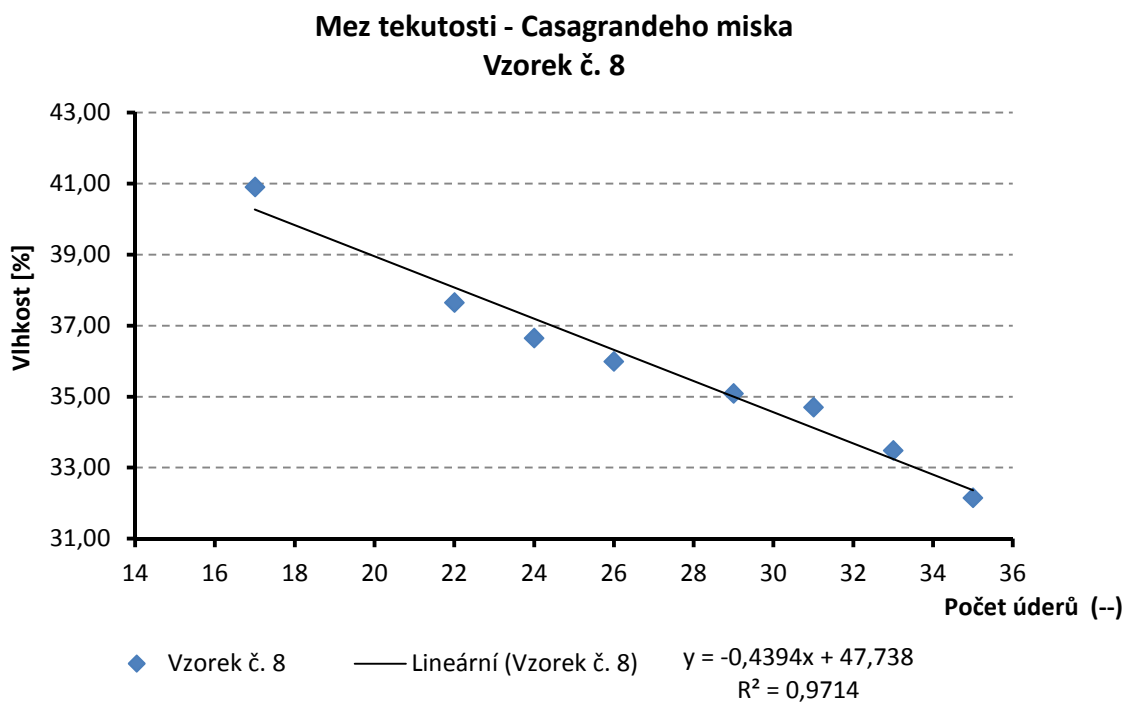
Graf 33 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 5 [1]



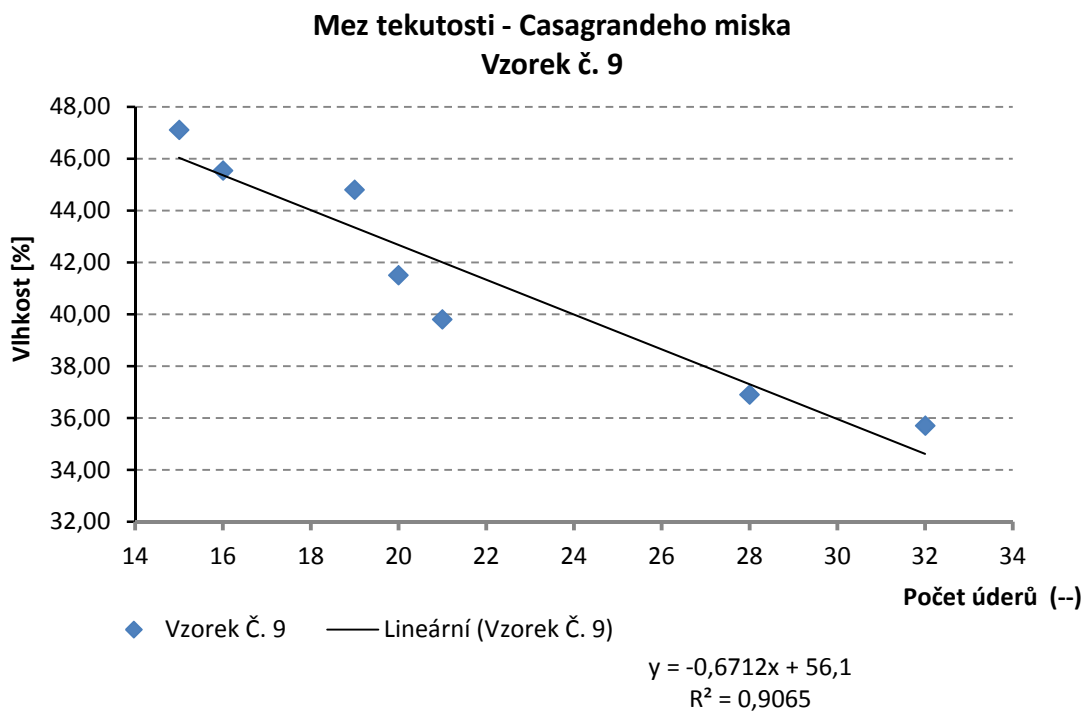
Graf 34 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 6 [1]



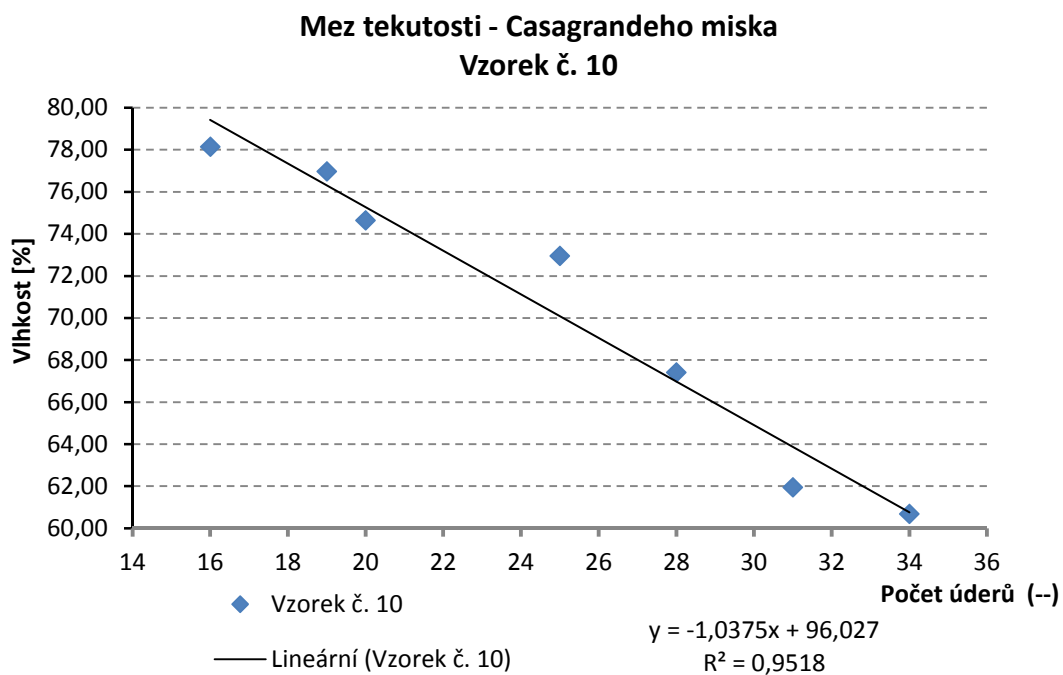
Graf 35 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 7 [1]



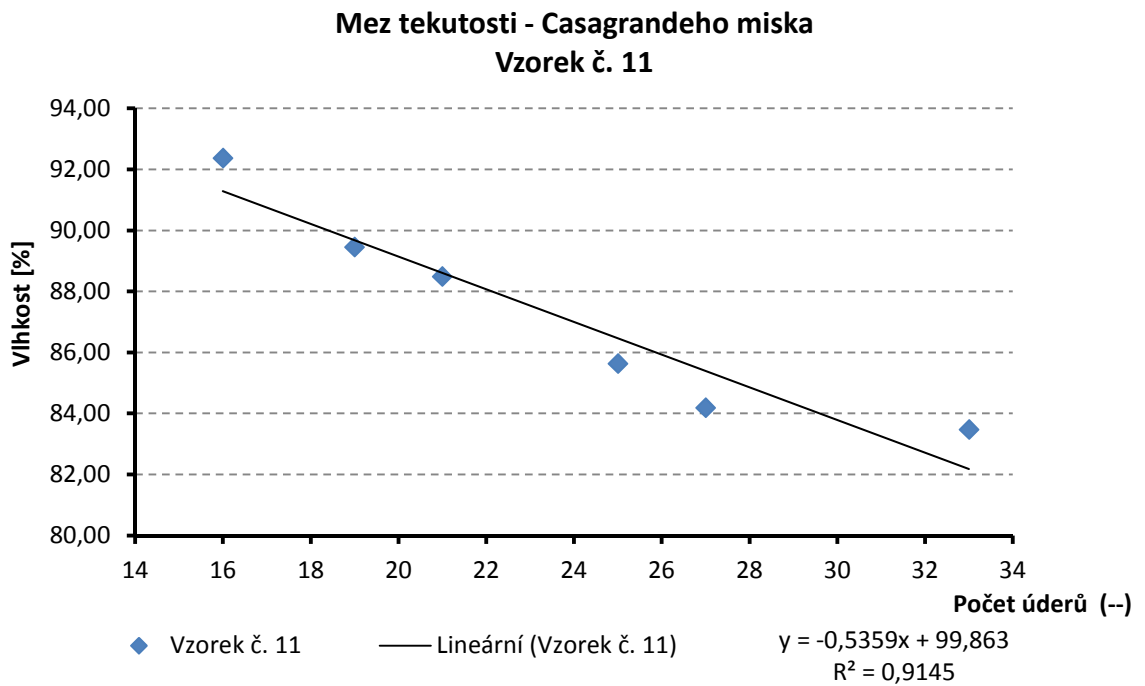
Graf 36 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 8 [1]



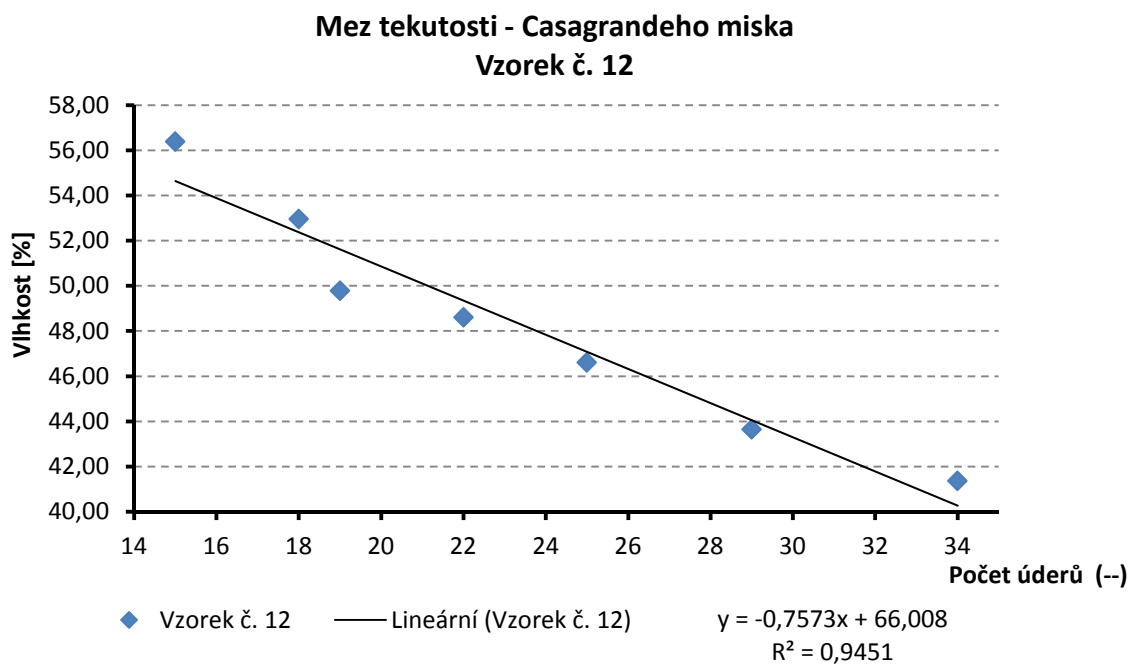
Graf 37 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 9 [1]



Graf 38 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 10 [1]

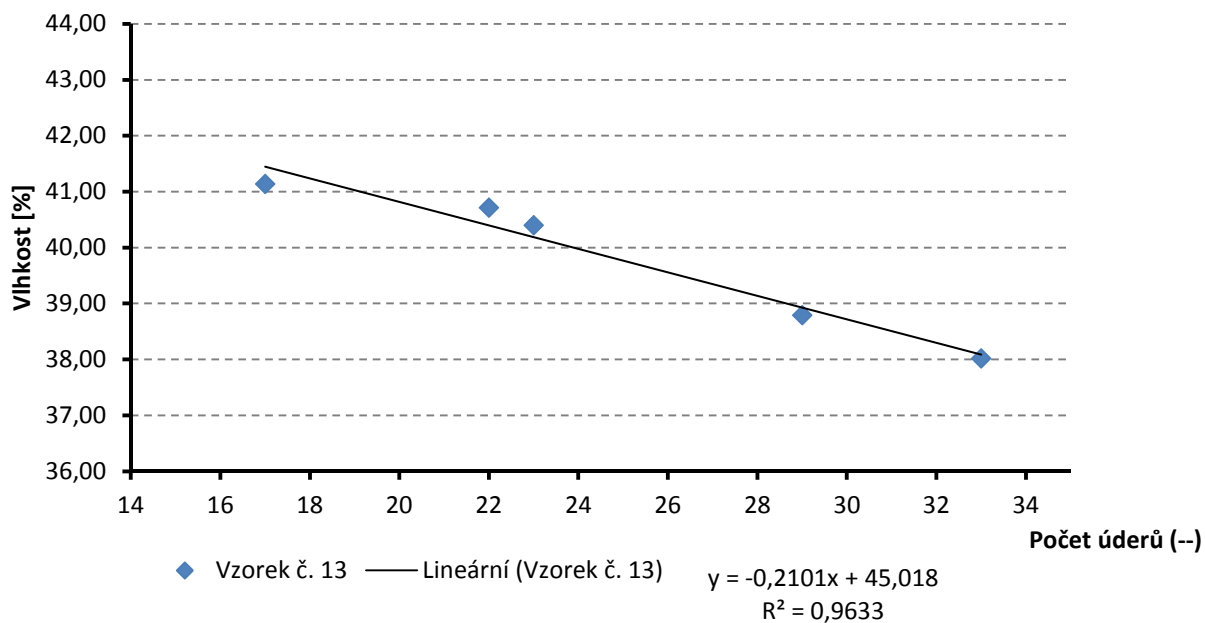


Graf 39 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 11 [1]



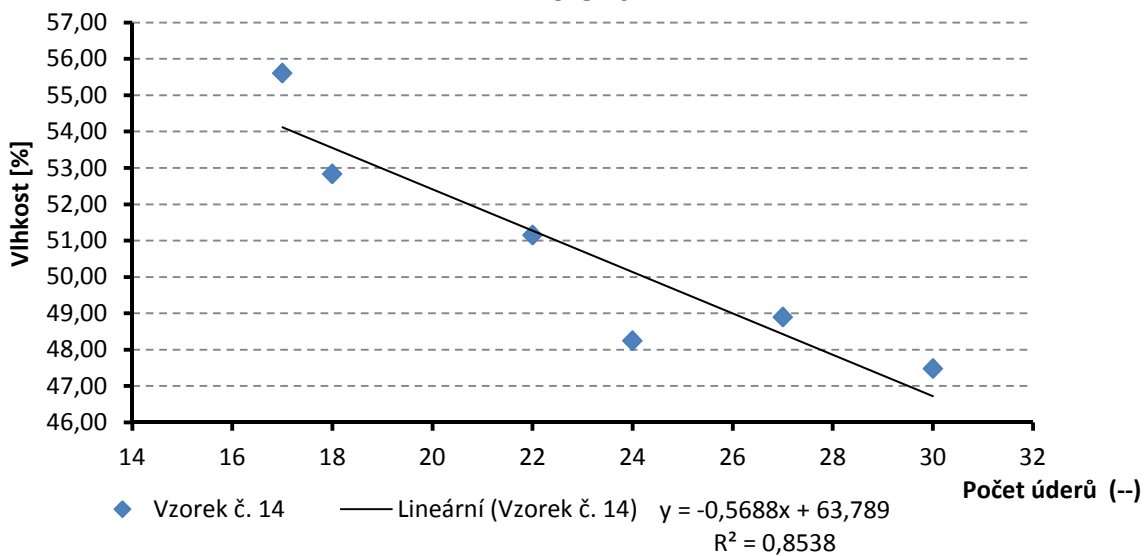
Graf 40 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 12 [1]

**Mez tekutosti - Casagrandeho miska
Vzorek č. 13**

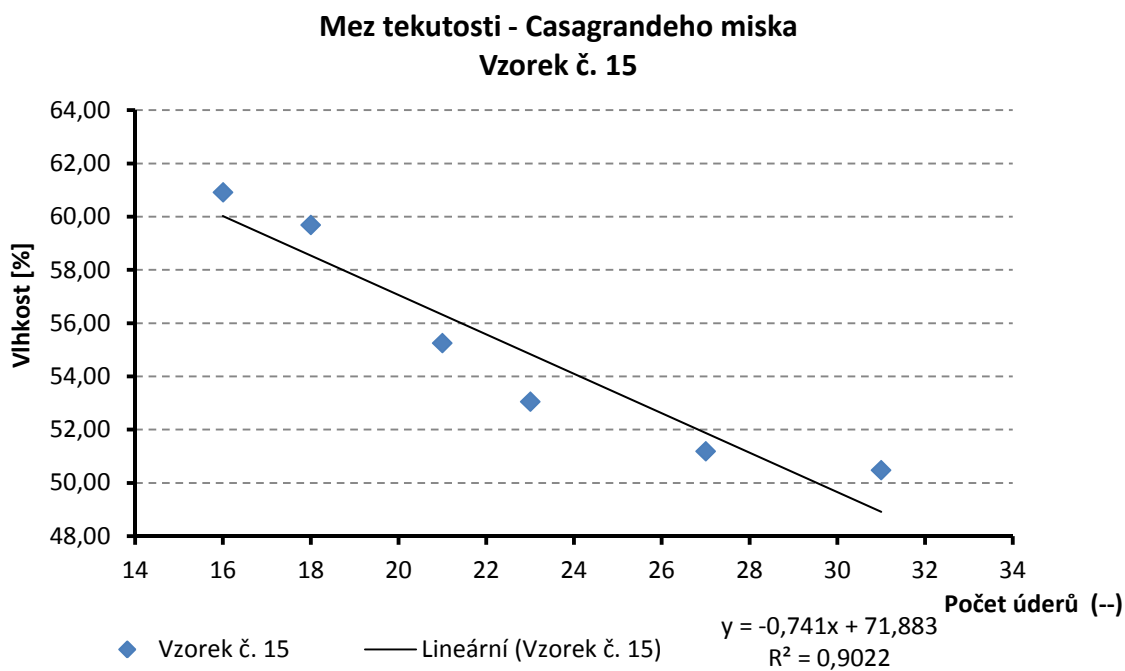


Graf 41 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 13 [1]

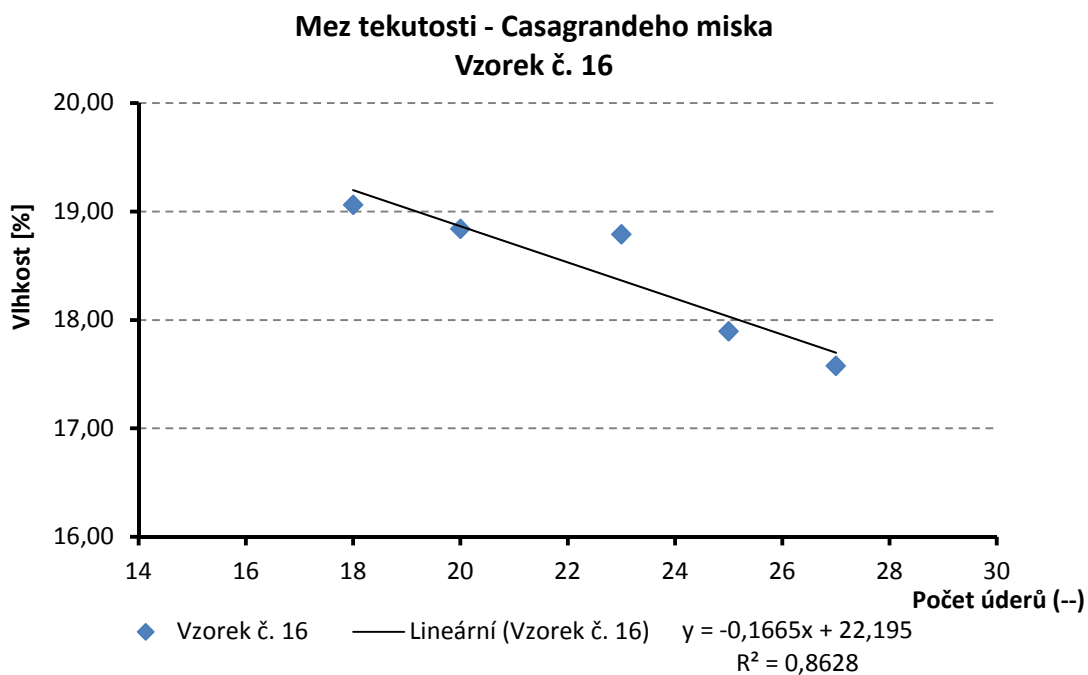
**Mez tekutosti - Casagrandeho miska
Vzorek č. 14**



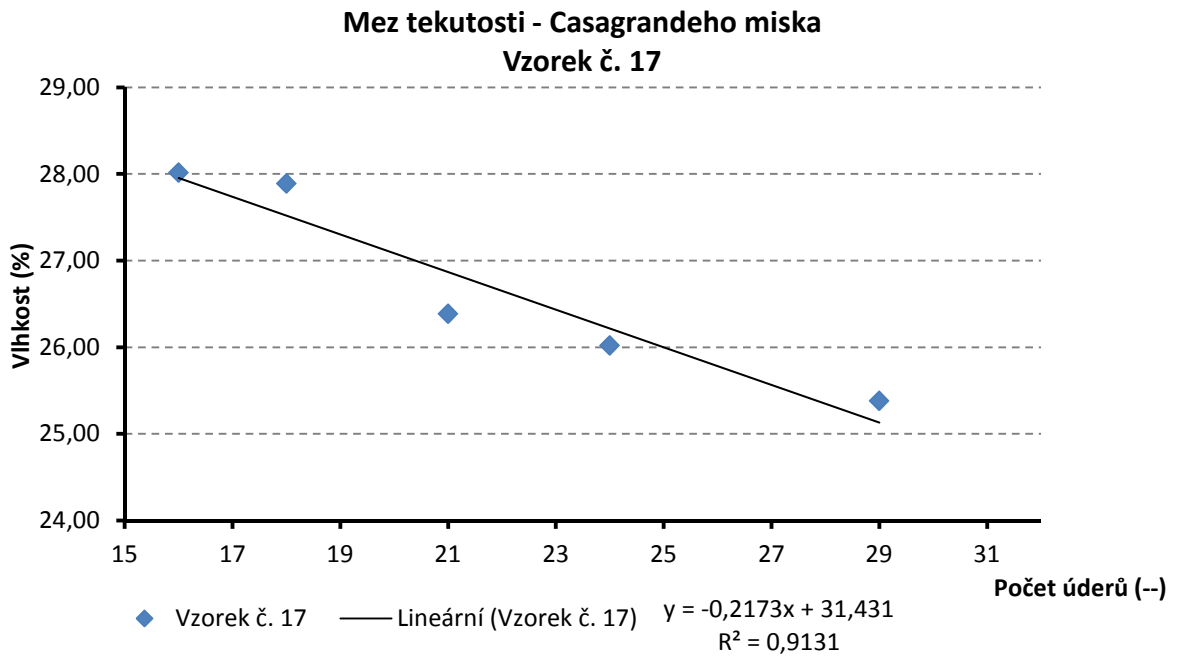
Graf 42 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 14 [1]



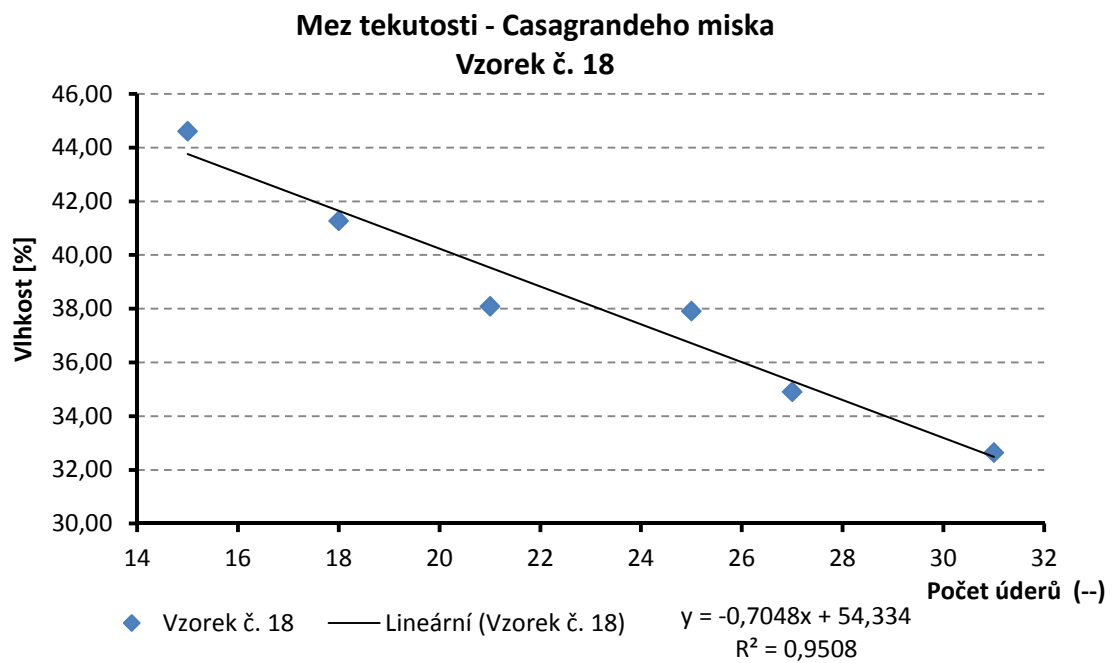
Graf 43 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu- vzorek č. 15 [1]



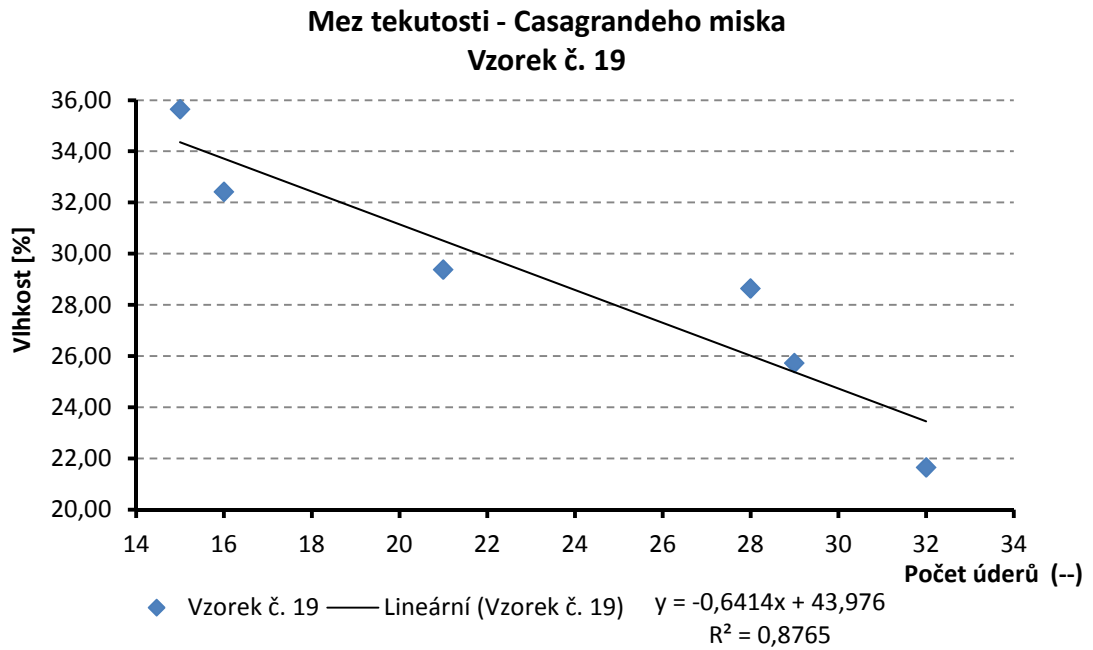
Graf 44 - Znázornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 16 [1]



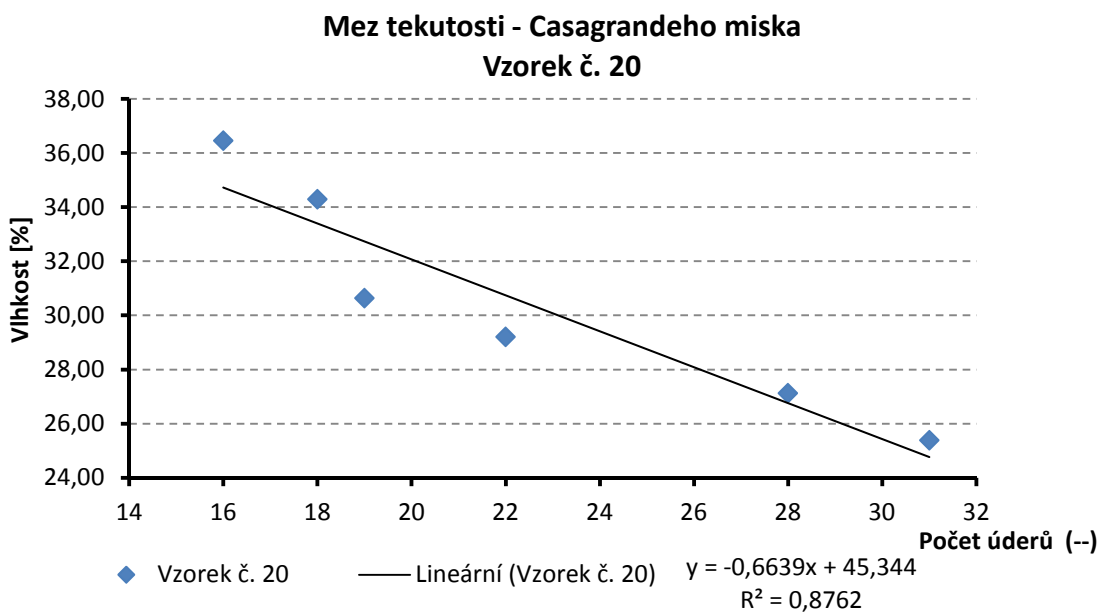
Graf 45 - Znáornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 17 [1]



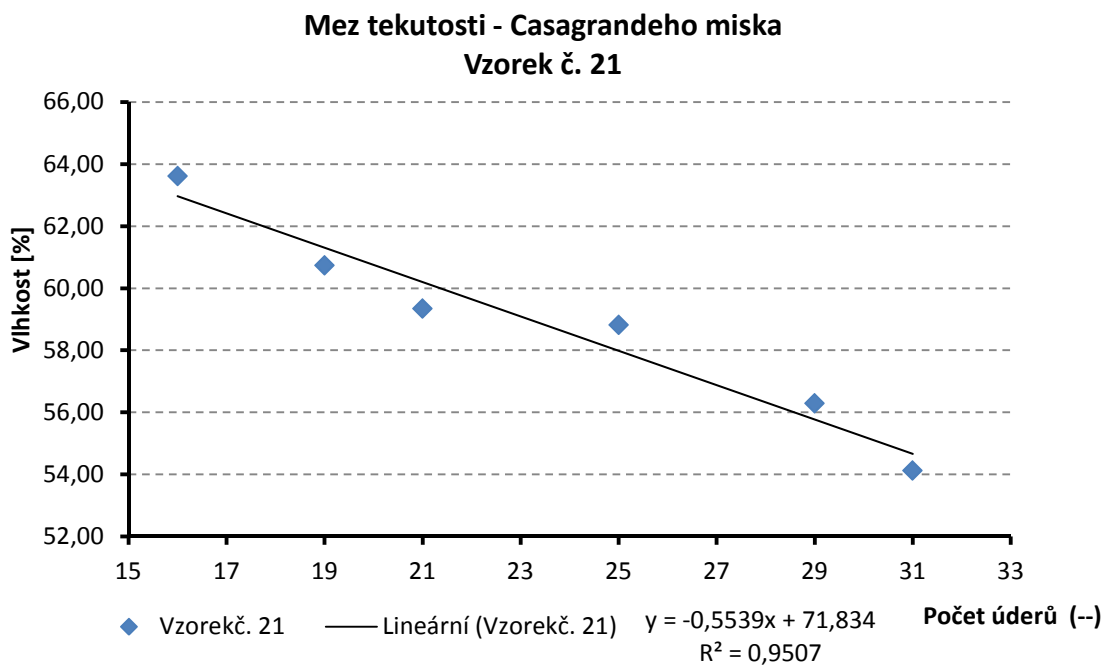
Graf 46 - Znáornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 18 [1]



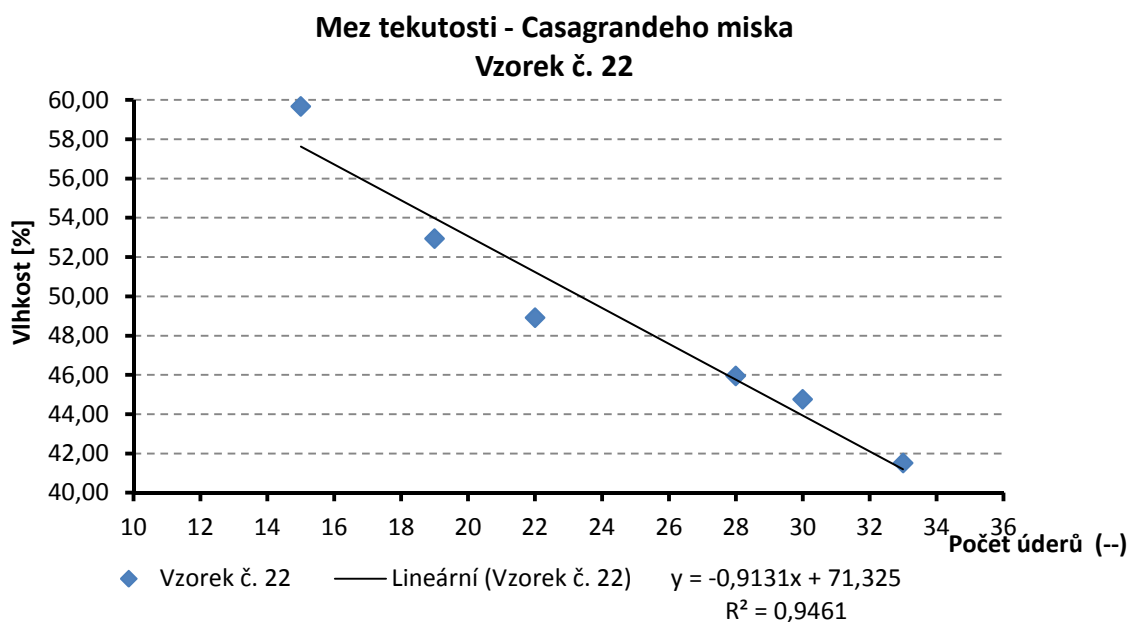
Graf 47 - Znárodnění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 19 [1]



Graf 48 - Znárodnění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 20 [1]



Graf 49 - Znáznornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 21 [1]



Graf 50 - Znáznornění meze tekutosti pro Casagrandeho metodu - vzorek č. 22 [1]

PŘÍLOHA E – Naměřené hodnoty a klasifikace zkušebních vzorků

Tabulka 75 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 1 [1]

<i>Vzorek č. 1</i>	<i>Naměřené hodnoty, klasifikace</i>
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	16,23
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 598
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	29,99
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	26,97
MEZ PLASTICITY w_p [%]	19,52
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	10,47
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	7,45
INDEX KONZISTENCE I_c	1,31
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	3,44
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F6CL
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	jíl s nízkou plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	Si
BARVA VZORKU	světle žlutohnědá

Tabulka 76 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 2 [1]

<i>Vzorek č. 2</i>	<i>Naměřené hodnoty, klasifikace</i>
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	22,62
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 559
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	45,08
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	44,79
MEZ PLASTICITY w_p [%]	24,94
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	20,14
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	19,85
INDEX KONZISTENCE I_c	1,35
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	-
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F5MI
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	Hlína se střední plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	saSi
BARVA VZORKU	tmavě hnědá

Tabulka 77 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 3 [1]

Vzorek č. 3	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	24,18
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 677
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	57,05
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	55,26
MEZ PLASTICITY w_p [%]	28,81
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	28,24
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	26,45
INDEX KONZISTENCE I_c	1,16
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	1,17
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F8CH
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	jíl s vysokou plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	clSi
BARVA VZORKU	světle žlutohnědá

Tabulka 78 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 4 [1]

Vzorek č. 4	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	17,27
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 653
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	44,59
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	50,82
MEZ PLASTICITY w_p [%]	28,18
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	16,40
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	22,64
INDEX KONZISTENCE I_c	1,66
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F5MI
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	hlína se střední plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	Si
BARVA VZORKU	tmavě hnědá

Tabulka 79 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 5 [1]

Vzorek č. 5	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	16,49
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 706
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	43,37
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	50,19
MEZ PLASTICITY w_p [%]	25,22
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	18,15
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	24,97
INDEX KONZISTENCE I_c	1,48
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	1,89
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F6CI
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	jíl se střední plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	clSi
BARVA VZORKU	světle žlutohnědá

Tabulka 80 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 6 [1]

Vzorek č. 6	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	17,65
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 716
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	45,66
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	47,78
MEZ PLASTICITY w_p [%]	24,42
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	21,24
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	23,36
INDEX KONZISTENCE I_c	1,32
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	0,96
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F6CI
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	jíl se střední plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	clSi
BARVA VZORKU	světle žlutohnědá

Tabulka 81 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 7 [1]

Vzorek č. 7	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	17,10
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 656
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	40,25
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	41,05
MEZ PLASTICITY w_p [%]	24,71
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	15,53
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	16,34
INDEX KONZISTENCE I_c	1,49
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	3,88
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F5MI
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	hlína se střední plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	Si
BARVA VZORKU	tmavě hnědá

Tabulka 82 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 8 [1]

Vzorek č. 8	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	18,37
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 679
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	34,64
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	36,77
MEZ PLASTICITY w_p [%]	21,24
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	13,39
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	15,53
INDEX KONZISTENCE I_c	1,21
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	1,22
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F6CL
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	hlína s nízkou plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	clSi
BARVA VZORKU	světle žlutohnědá

Tabulka 83 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 9 [1]

Vzorek č. 9	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	11,92
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 663
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	39,80
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	42,67
MEZ PLASTICITY w_p [%]	17,23
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	22,57
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	25,44
INDEX KONZISTENCE I_c	1,23
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	2,26
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	S5SC
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	písek jílovitý
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	siSa
BARVA VZORKU	hnědo žluto šedá

Tabulka 84 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 10 [1]

Vzorek č. 10	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	25,98
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 752
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	72,26
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	75,27
MEZ PLASTICITY w_p [%]	40,58
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	31,68
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	34,69
INDEX KONZISTENCE I_c	1,14
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	0,59
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F8CV
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	jíl s velmi vysokou plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	Cl
BARVA VZORKU	hnědošedá

Tabulka 85 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 11 [1]

<i>Vzorek č. 11</i>	<i>Naměřené hodnoty, klasifikace</i>
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	55,32
ZDÁNLIIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 644
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	93,35
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	89,15
MEZ PLASTICITY w_p [%]	49,24
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	44,11
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	39,91
INDEX KONZISTENCE I_c	0,86
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F7ME
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	hlína s extrémně vys. plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	Si
BARVA VZORKU	tmavě hnědá, místy žlutohnědá

Tabulka 86 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 12 [1]

<i>Vzorek č. 12</i>	<i>Naměřené hodnoty, klasifikace</i>
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	28,45
ZDÁNLIIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 708
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	47,11
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	50,86
MEZ PLASTICITY w_p [%]	20,73
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	26,38
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	30,13
INDEX KONZISTENCE I_c	0,71
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	1,32
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F6CI
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	jíl se střední plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	clSi
BARVA VZORKU	tmavě hnědá, hnědožlutá

Tabulka 87 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 13 [1]

Vzorek č. 13	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	20,01
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 595
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	41,57
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	39,77
MEZ PLASTICITY w_p [%]	28,97
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	12,60
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	10,80
INDEX KONZISTENCE I_c	2,08
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	-
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F5MI
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	Hlína se střední plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	saSi
BARVA VZORKU	tmavě hnědá

Tabulka 88 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 14 [1]

Vzorek č. 14	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	24,76
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 650
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	51,62
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	49,57
MEZ PLASTICITY w_p [%]	29,42
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	22,20
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	20,15
INDEX KONZISTENCE I_c	1,21
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	2,92
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F7MH
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	hlína s vysokou plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	Si
BARVA VZORKU	tmavě hnědá

Tabulka 89 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 15 [1]

Vzorek č. 15	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	25,30
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 687
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	59,46
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	53,36
MEZ PLASTICITY w_p [%]	29,35
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	30,11
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	24,01
INDEX KONZISTENCE I_c	1,13
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	1,77
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F8CH
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	jíl s vysokou plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	clSi
BARVA VZORKU	světle žlutohnědá

Tabulka 90 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 16 [1]

Vzorek č. 16	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	11,71
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 608
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	19,77
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	18,03
MEZ PLASTICITY w_p [%]	15,01
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	4,76
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	3,02
INDEX KONZISTENCE I_c	1,69
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	-
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F5ML
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	hlína s nízkou plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	saSi
BARVA VZORKU	světle žlutohnědá

Tabulka 91 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 17 [1]

Vzorek č. 17	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	16,54
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 643
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	28,27
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	26,00
MEZ PLASTICITY w_p [%]	17,98
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	10,29
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	8,02
INDEX KONZISTENCE I_c	1,14
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	-
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F5ML
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	hlína s nízkou plasticitou
KLASIFIKACE ČSN EN ISO 14688-2	saSi
BARVA VZORKU	světle žlutohnědá

Tabulka 92 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 18 [1]

Vzorek č. 18	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	29,35
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 662
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	37,36
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	35,32
MEZ PLASTICITY w_p [%]	30,93
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	6,43
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	4,39
INDEX KONZISTENCE I_c	1,24
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	0,26
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F5MI
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	hlína se střední plasticitou
KLASIFIKACE DLE ČSN EN ISO 14688-2	saclSi
BARVA VZORKU	tmavě hnědá

Tabulka 93 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 19 [1]

Vzorek č. 19	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	20,96
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 682
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	31,96
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	31,10
MEZ PLASTICITY w_p [%]	23,91
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	8,05
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	7,19
INDEX KONZISTENCE I_c	1,37
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	0,67
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F5ML
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	hlína s nízkou plasticitou
KLASIFIKACE DLE ČSN EN ISO 14688-2	saclSi
BARVA VZORKU	tmavě hnědá

Tabulka 94 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 20 [1]

Vzorek č. 20	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	18,82
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 728
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	29,85
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	32,07
MEZ PLASTICITY w_p [%]	21,39
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	8,46
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	10,68
INDEX KONZISTENCE I_c	1,30
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	0,47
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F6CL
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	jíl s nízkou plasticitou
KLASIFIKACE DLE ČSN EN ISO 14688-2	saclSi
BARVA VZORKU	žlutošedohnědá

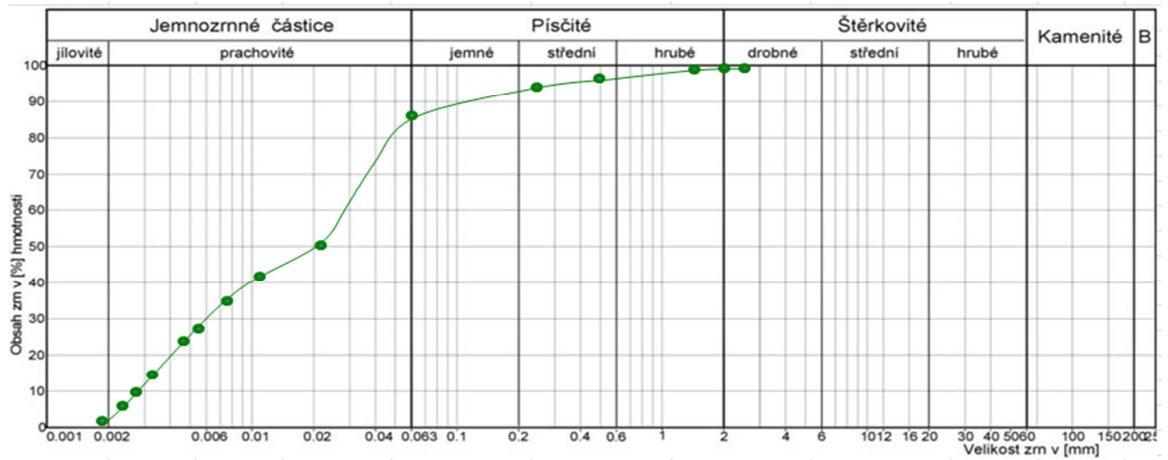
Tabulka 95 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 21 [1]

Vzorek č. 21	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	21,66
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 739
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	62,19
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	60,76
MEZ PLASTICITY w_p [%]	31,64
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	30,55
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	29,12
INDEX KONZISTENCE I_c	1,32
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	0,49
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F8CH
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	jíl s vysokou plasticitou
KLASIFIKACE DLE ČSN EN ISO 14688-2	Cl
BARVA VZORKU	okrově béžová, tmavohnědá

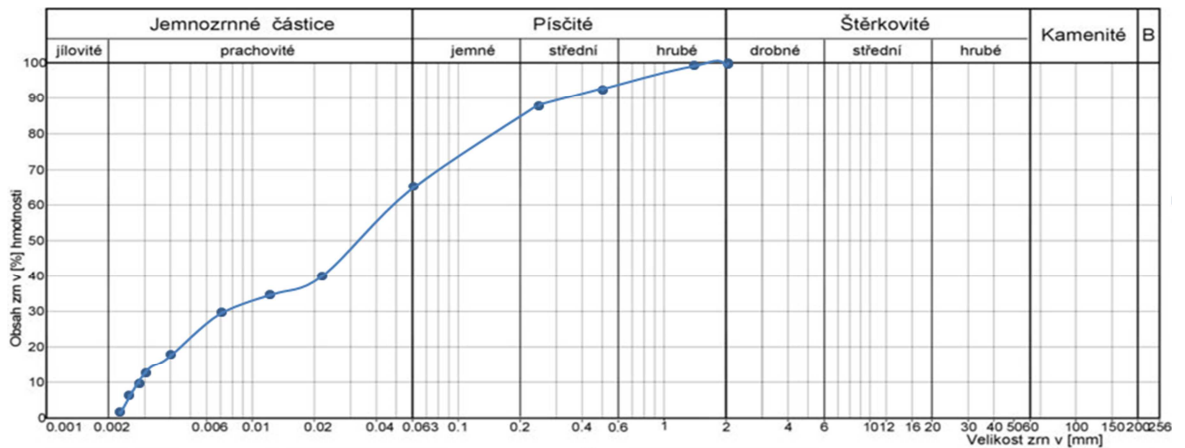
Tabulka 96 - Naměřené hodnoty - vzorek č. 22 [1]

Vzorek č. 22	Naměřené hodnoty, klasifikace
VLHKOST PŘIROZENÁ [%]	23,87
ZDÁNLIVÁ HUSTOTA [kg/m ³]	2 709
MEZ TEKUTOSTI - KUŽELOVÁ ZKOUŠKA w_L [%]	48,40
MEZ TEKUTOSTI - CASAGRANDEHO MISKA w_L [%]	53,06
MEZ PLASTICITY w_p [%]	23,10
INDEX PLASTICITY – KUŽELOVÁ ZKOUŠKA I_p [%]	25,30
INDEX PLASTICITY – CASAGRANDEHO MISKA I_p [%]	29,96
INDEX KONZISTENCE I_c	0,97
INDEX KOLOIDNÍ AKTIVITY JÍLŮ I_A	1,21
KLASIFIKACE ČSN 73 6133	F6CI
NÁZEV ZEMINY ČSN 73 6133	jíl se střední plasticitou
KLASIFIKACE DLE ČSN EN ISO 14688-2	clSi
BARVA VZORKU	hnědožlutošedá

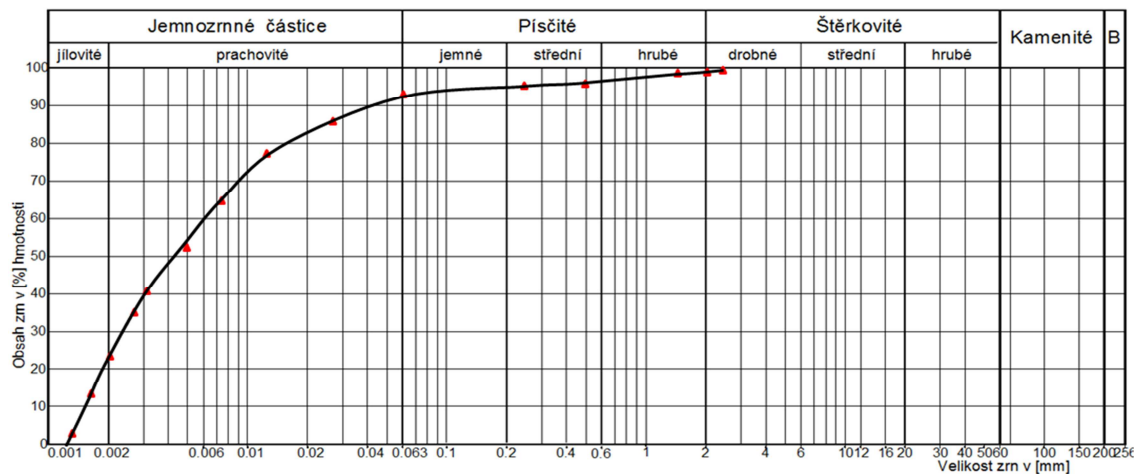
PŘÍLOHA F – Křivka zrnitosti



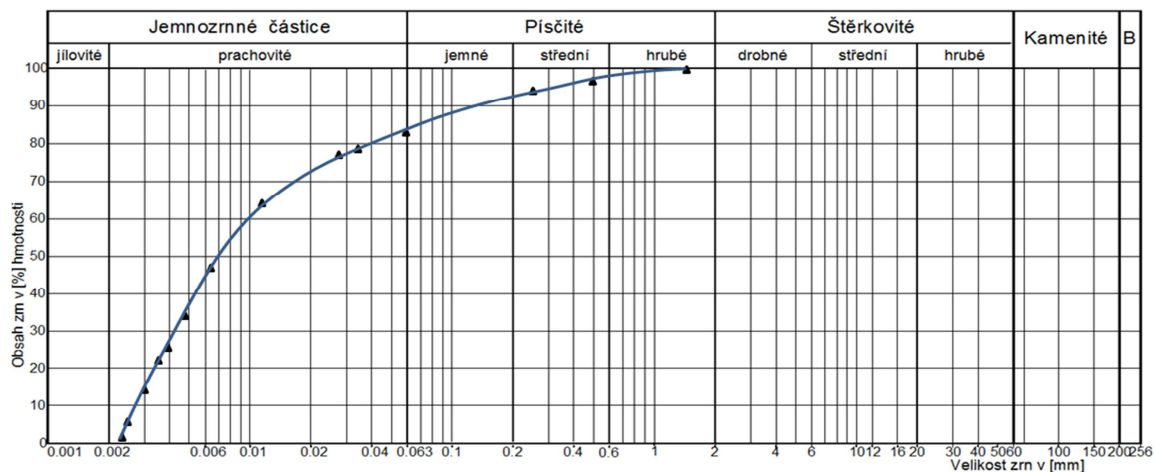
Obrázek 14 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 1 [1]



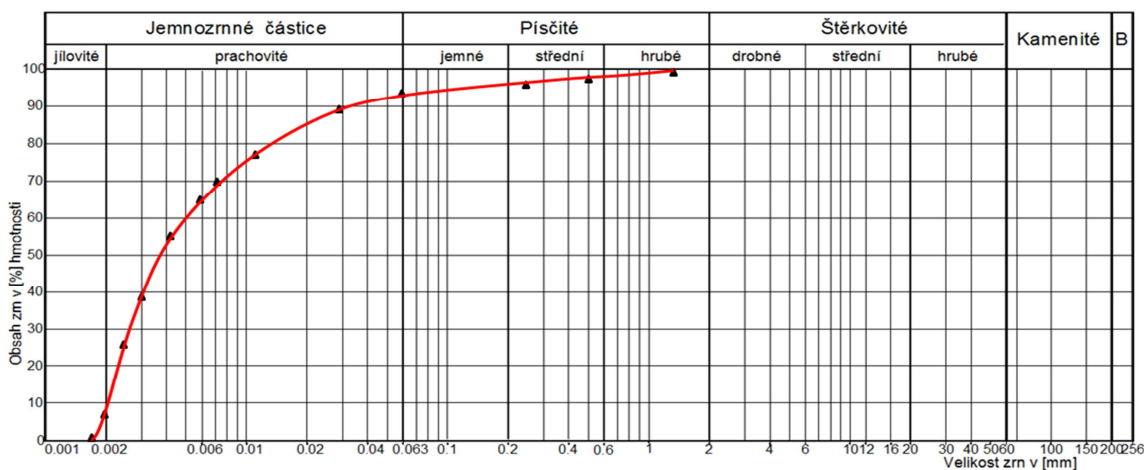
Obrázek 15 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 2 [1]



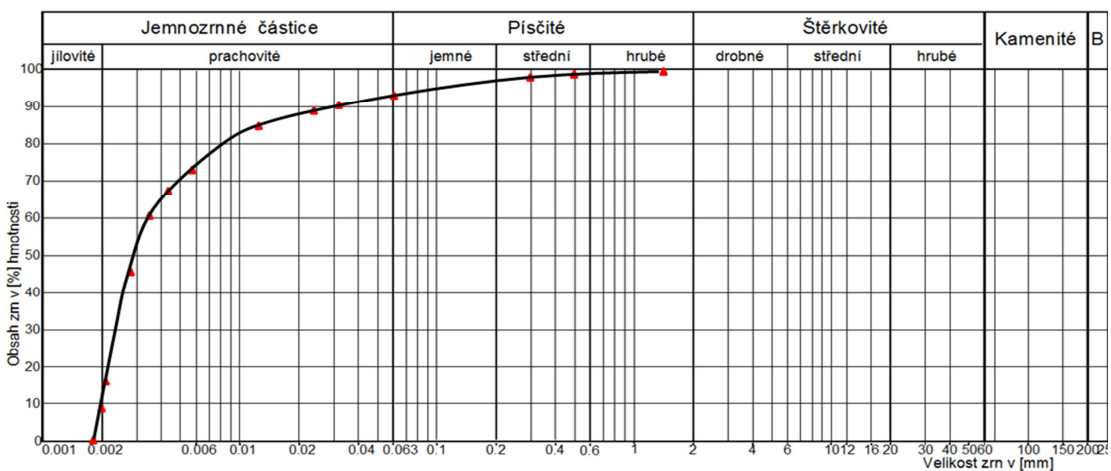
Obrázek 13 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 3 [1]



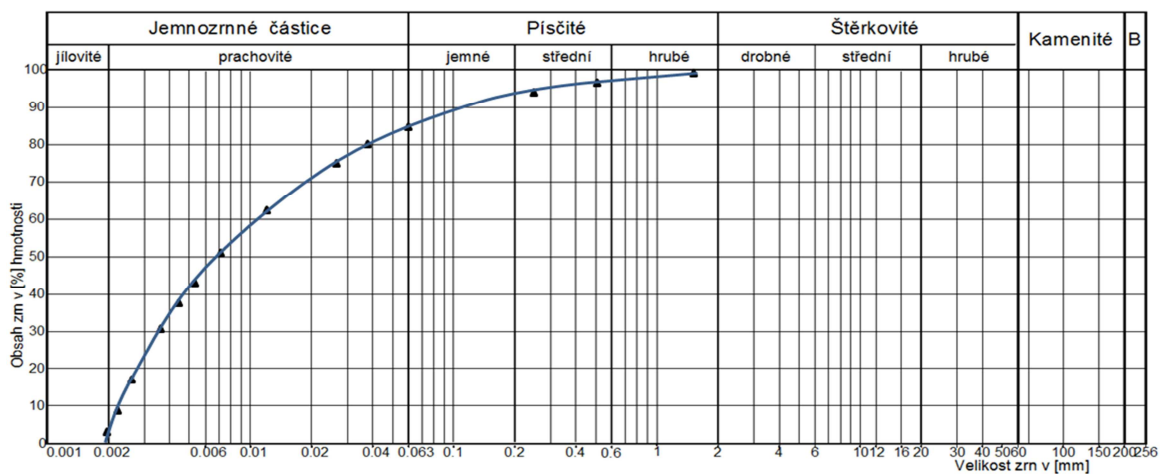
Obrázek 16 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 4 [1]



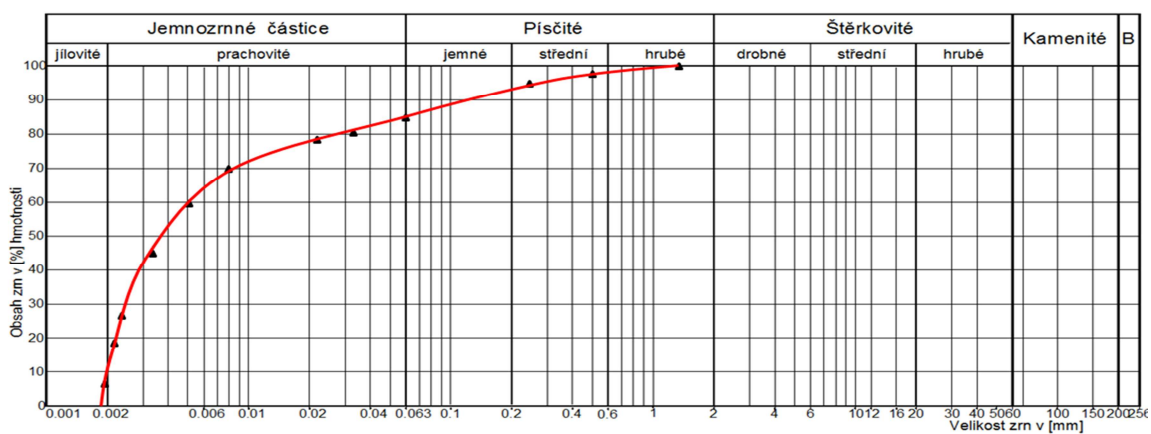
Obrázek 17 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 5 [1]



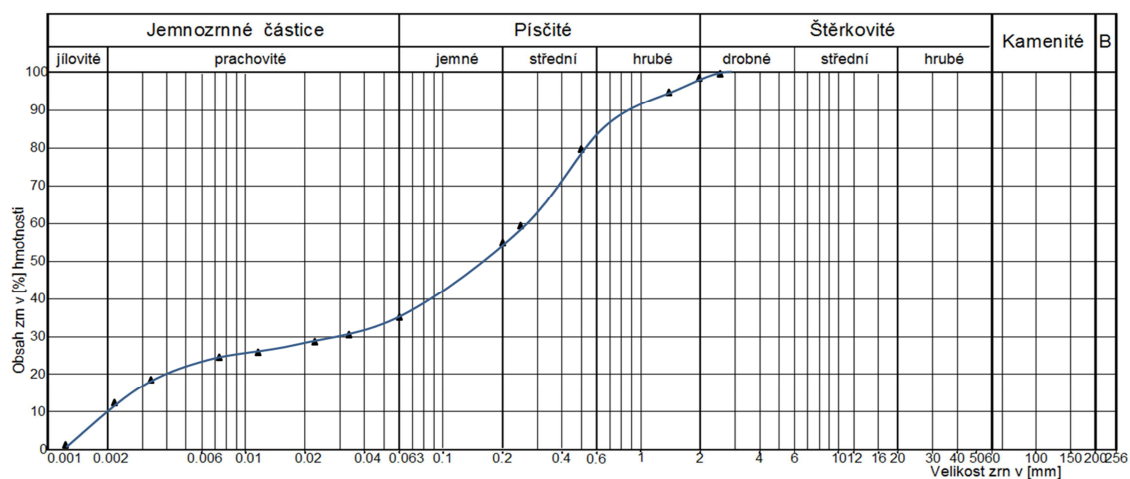
Obrázek 18 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 6 [1]



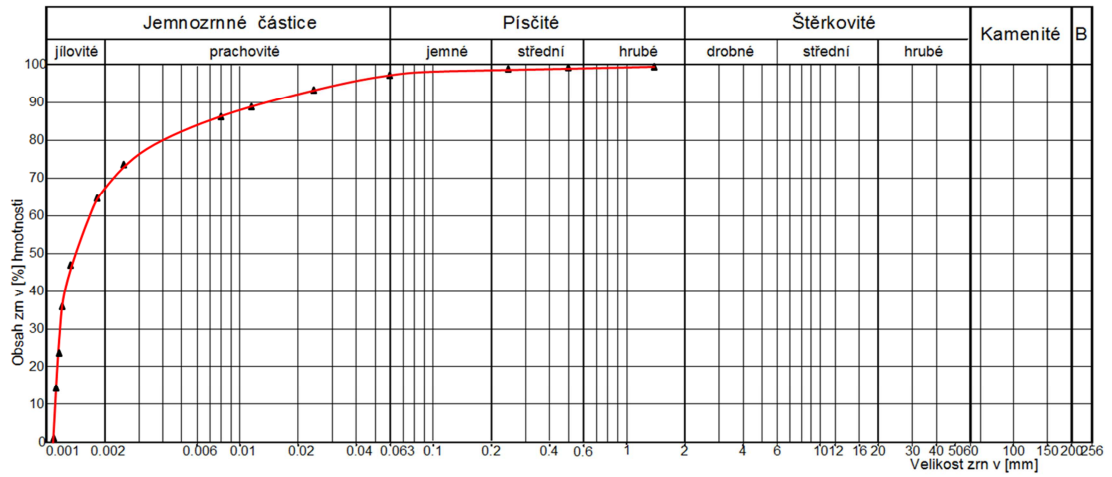
Obrázek 19 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 7 [1]



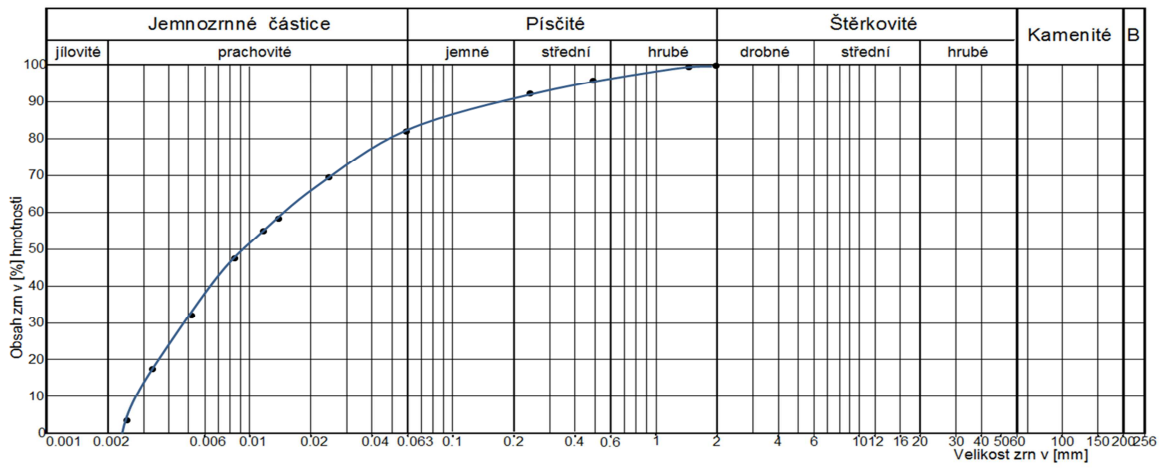
Obrázek 20 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 8 [1]



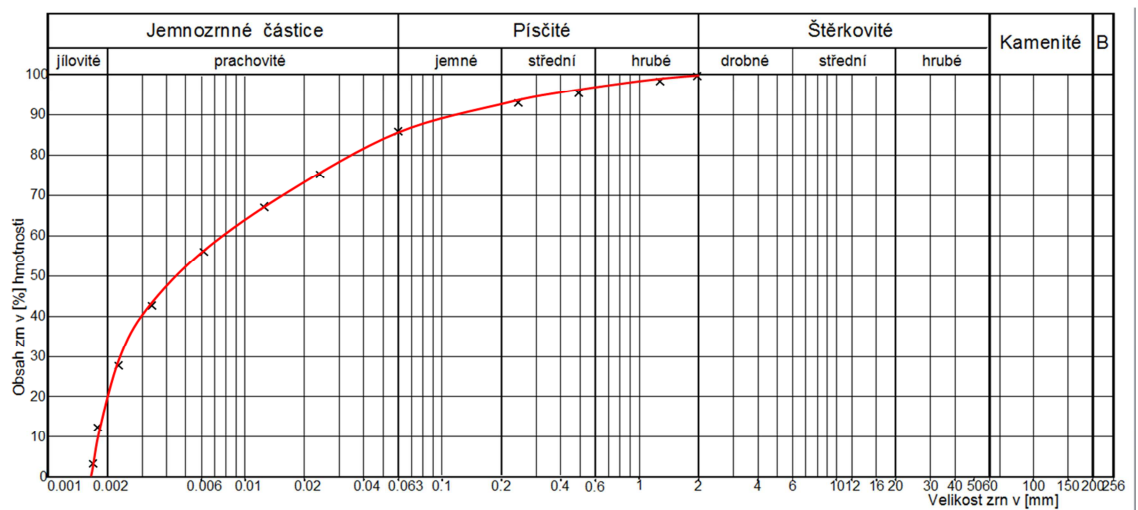
Obrázek 21 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 9 [1]



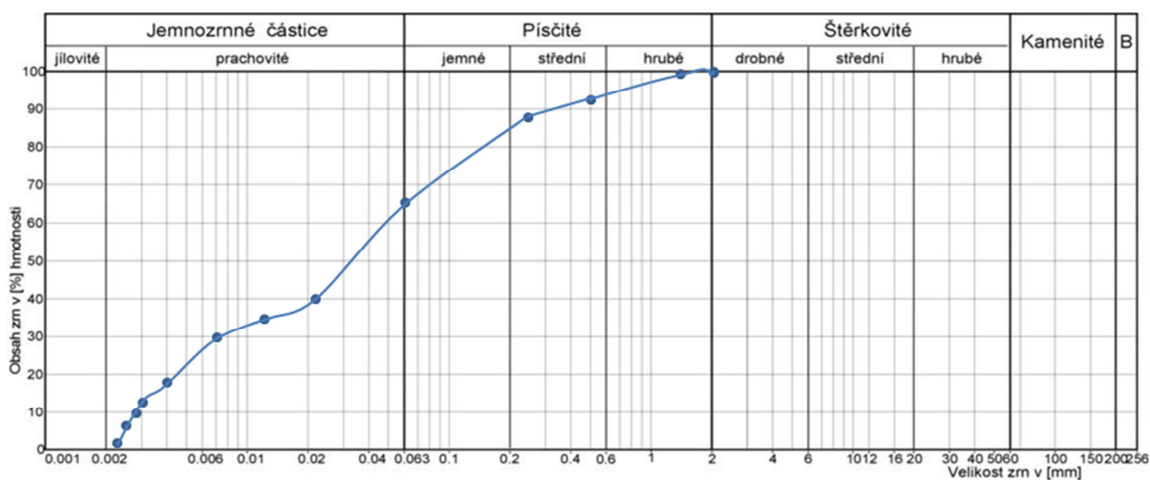
Obrázek 22 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 10 [1]



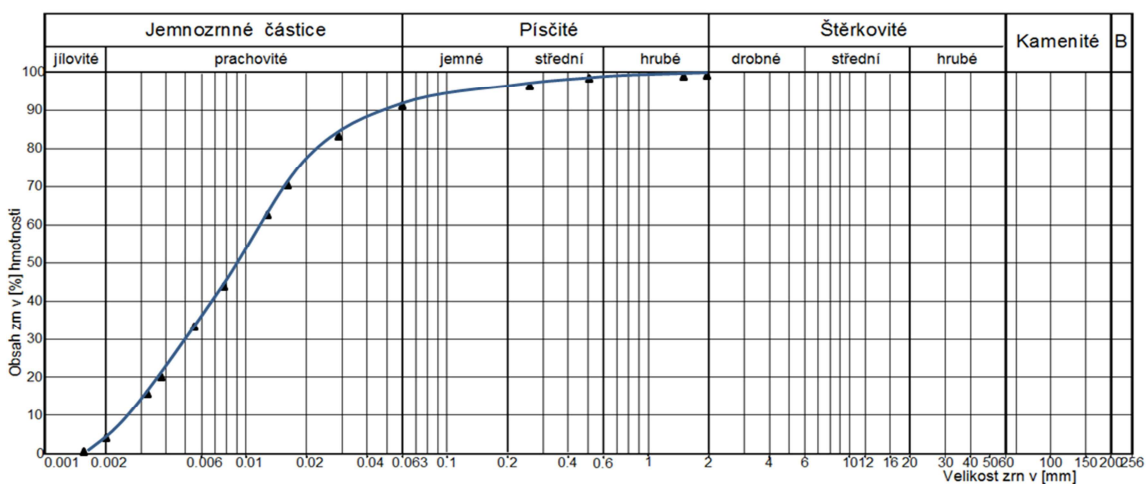
Obrázek 23 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 11 [1]



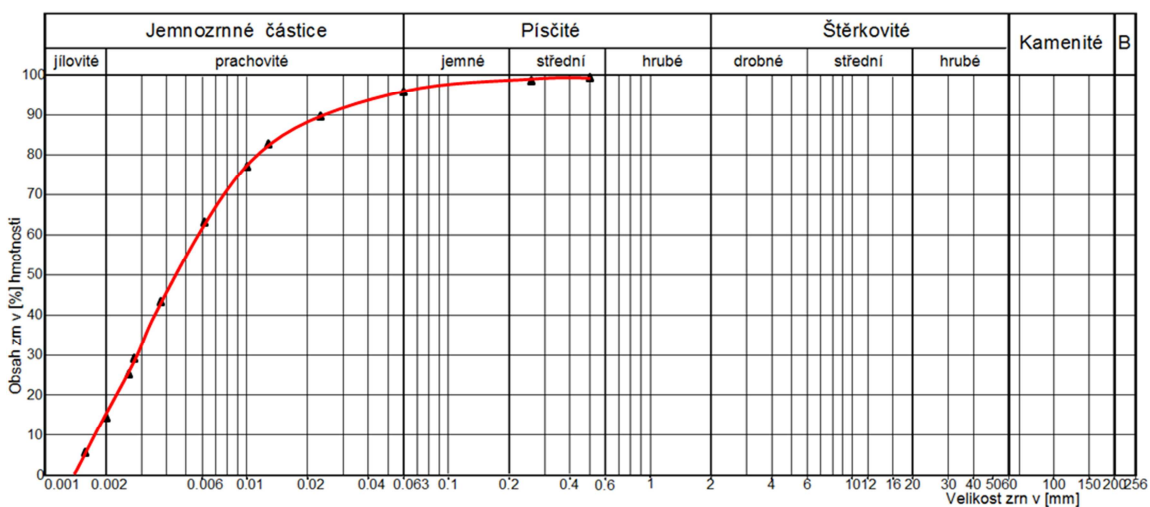
Obrázek 24 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 12 [1]



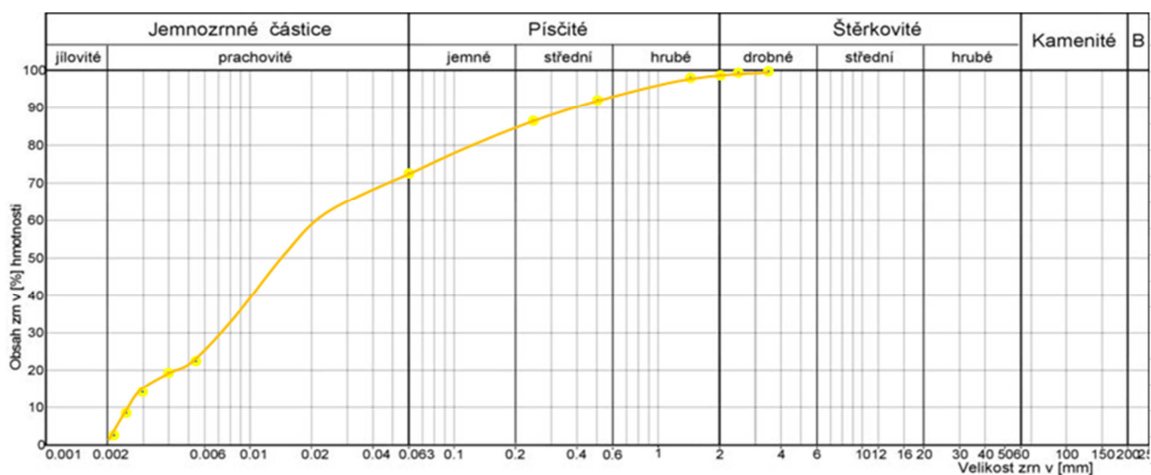
Obrázek 25 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 13 [1]



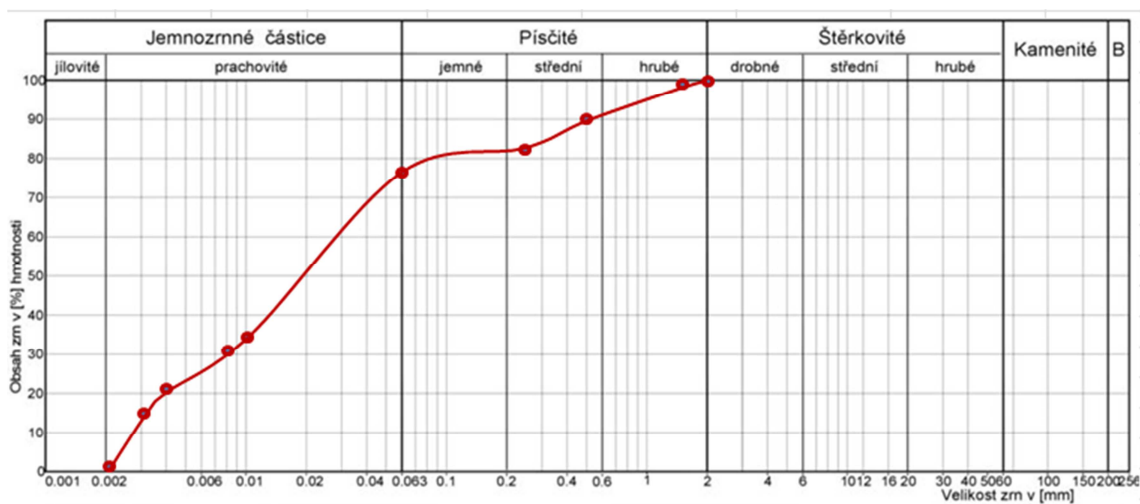
Obrázek 26 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 14 [1]



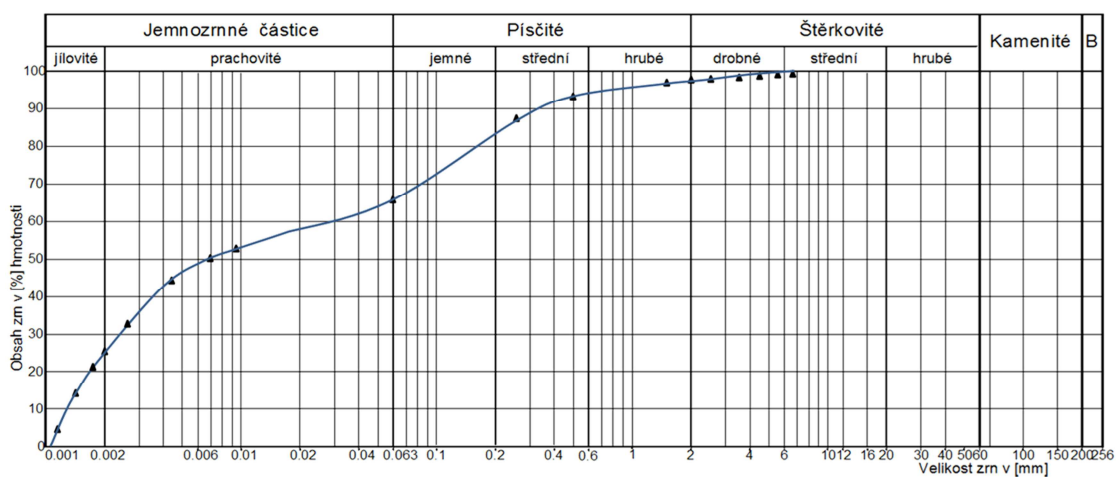
Obrázek 27 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 15 [1]



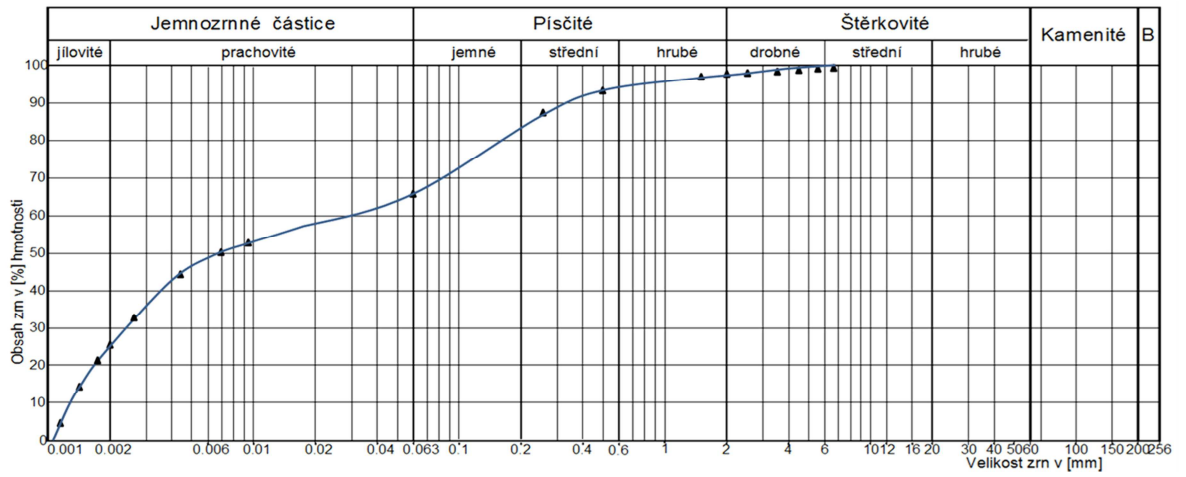
Obrázek 28 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 16 [1]



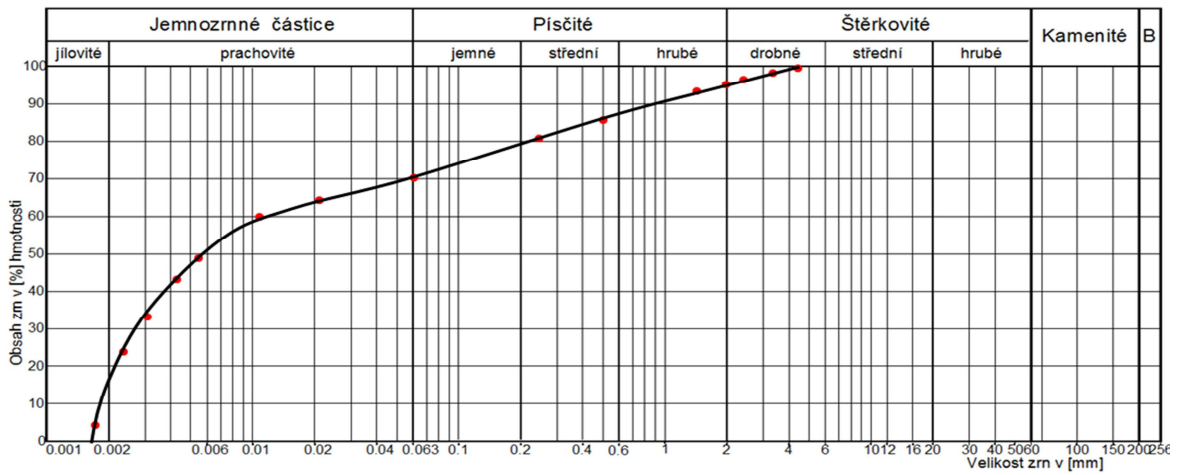
Obrázek 29 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 17 [1]



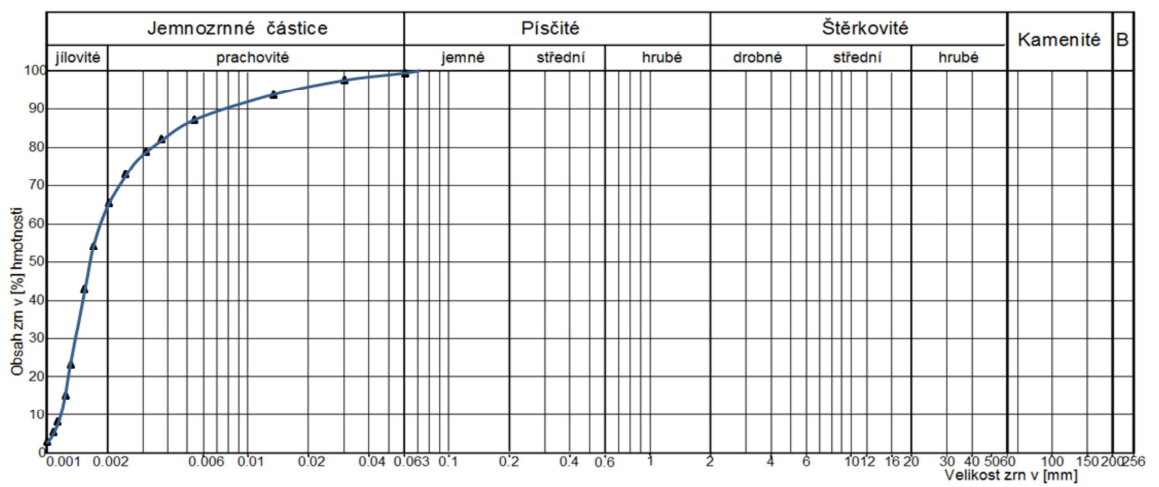
Obrázek 30 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 18 [1]



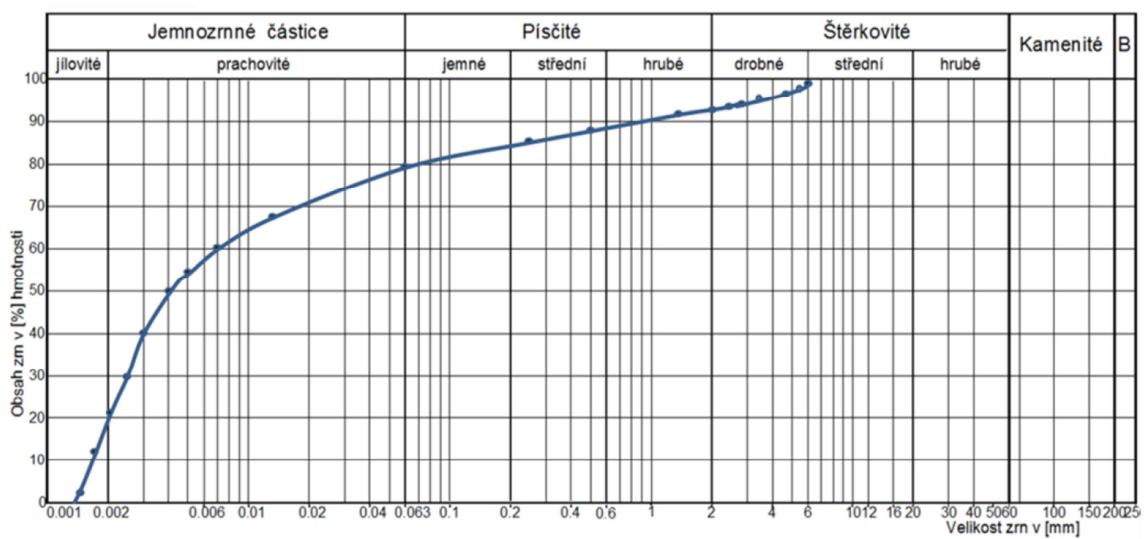
Obrázek 31 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 19 [1]



Obrázek 32 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 20 [1]

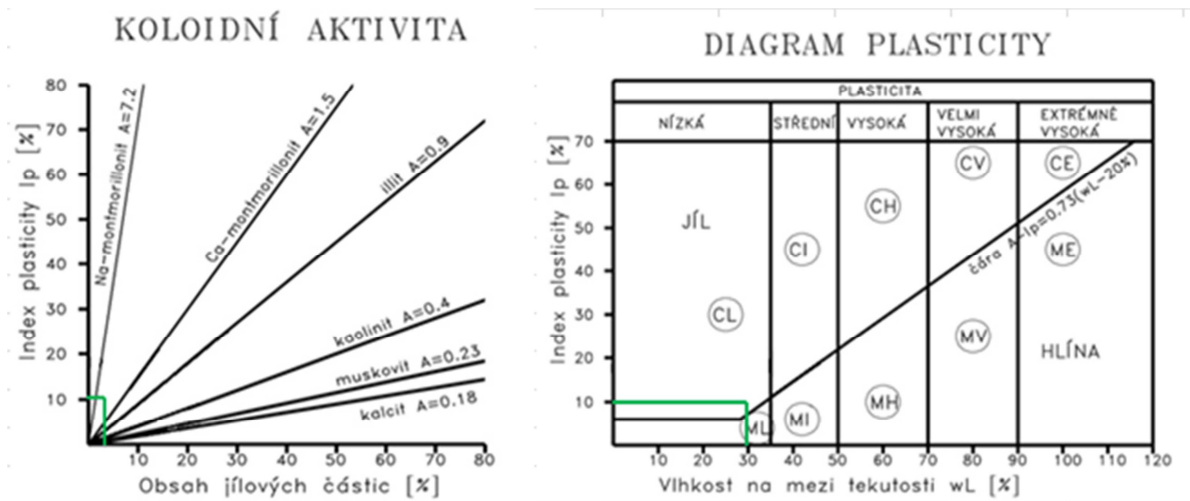


Obrázek 33 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 21 [1]

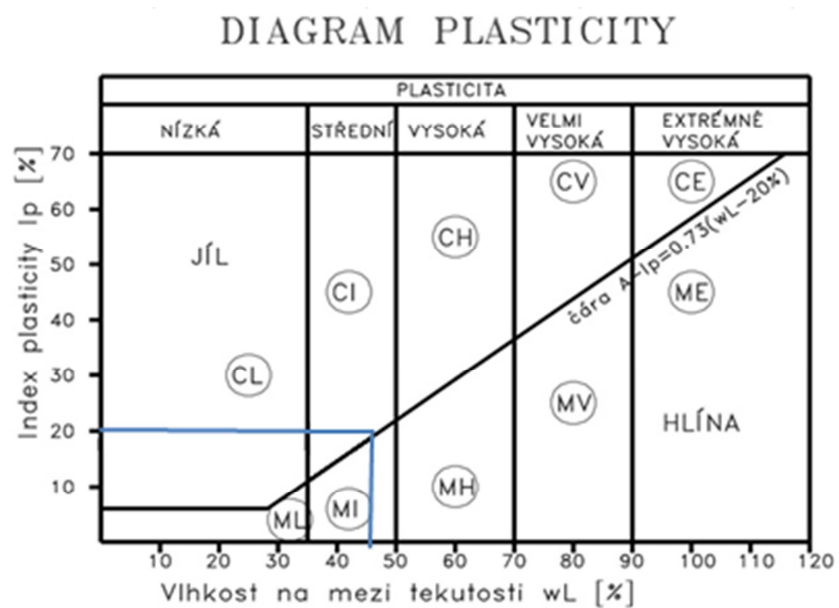


Obrázek 34 - Křivka zrnitosti pro vzorek č. 22 [1]

PŘÍLOHA G – Koloidní aktivita a diagram plasticity



Obrázek 35 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 1 [1]



Obrázek 36 - Diagram plasticity pro vzorek č. 2 [1]

KOLOIDNÍ AKTIVITA

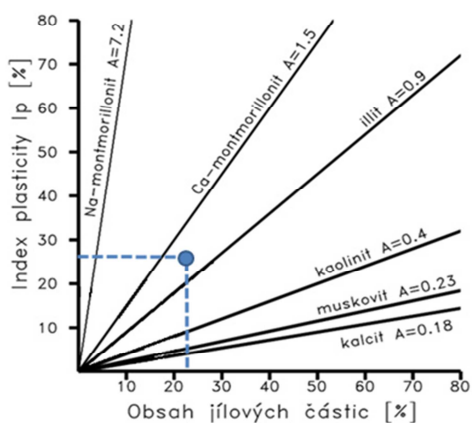
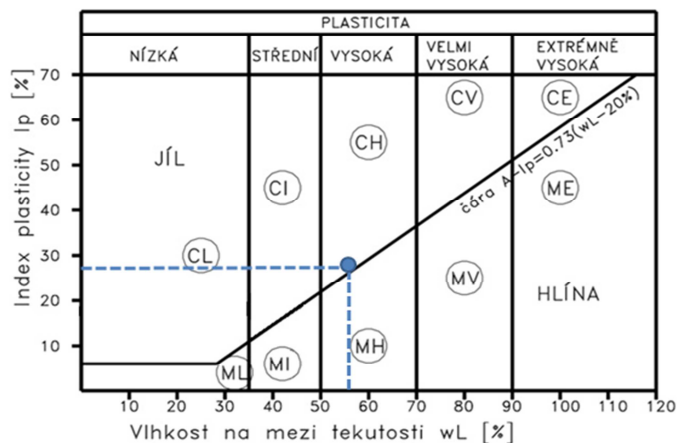
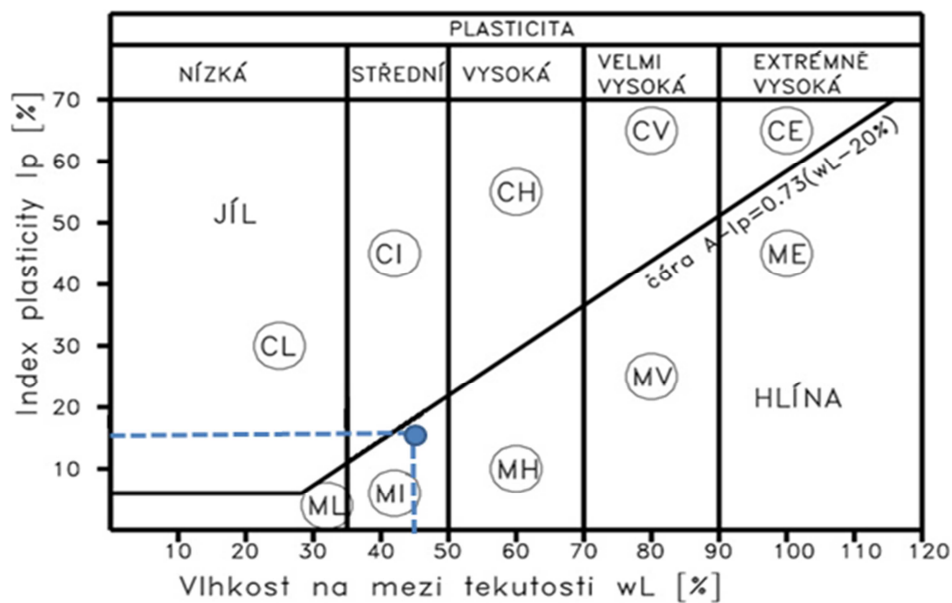


DIAGRAM PLASTICITY



Obrázek 37 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 3 [1]

DIAGRAM PLASTICITY



Obrázek 38- Diagram plasticity pro vzorek č. 4 [1]

KOLOIDNÍ AKTIVITA

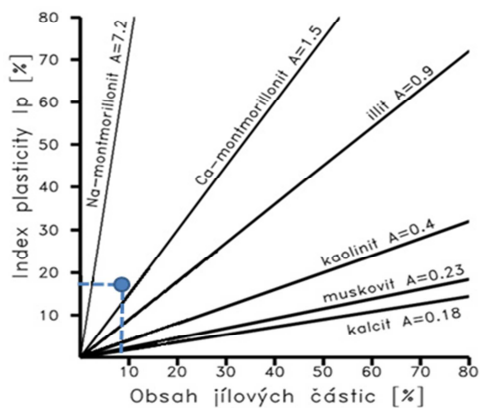
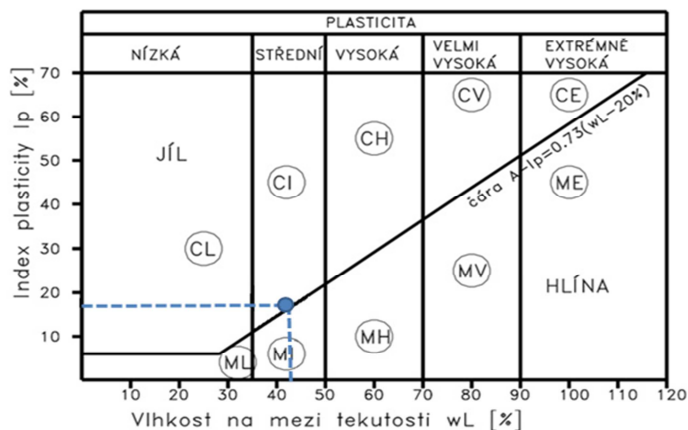


DIAGRAM PLASTICITY



Obrázek 39 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 5 [1]

KOLOIDNÍ AKTIVITA

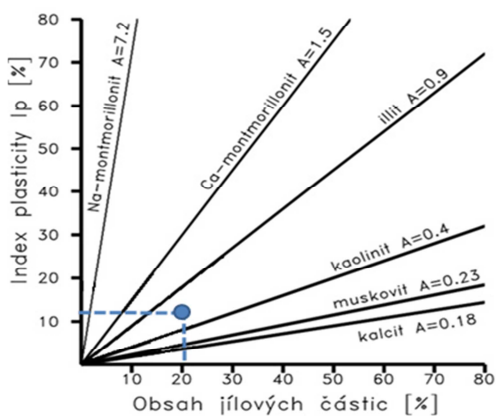
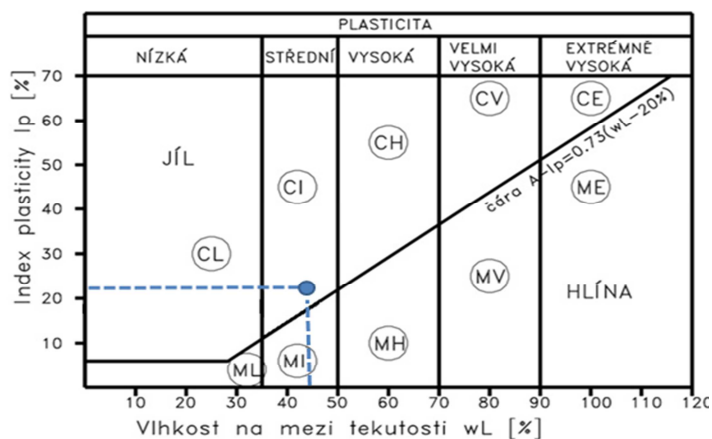


DIAGRAM PLASTICITY



Obrázek 40 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 6 [1]

KOLOIDNÍ AKTIVITA

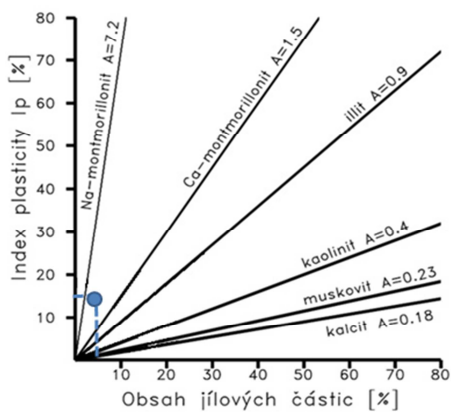
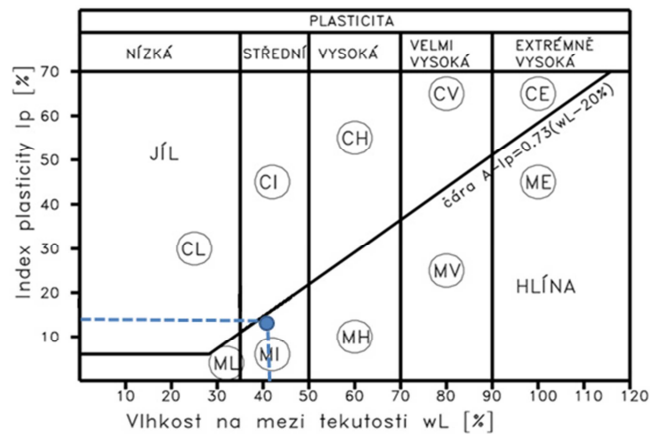
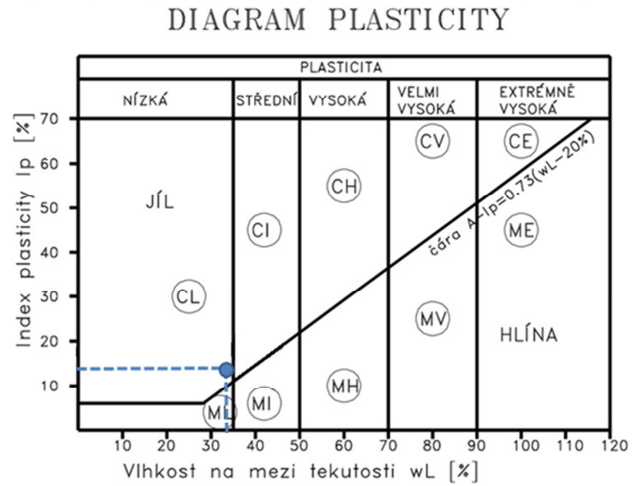
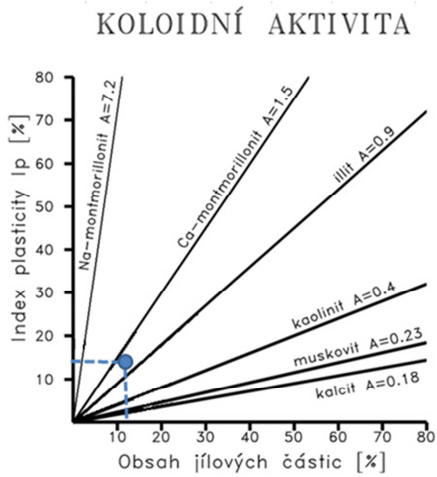


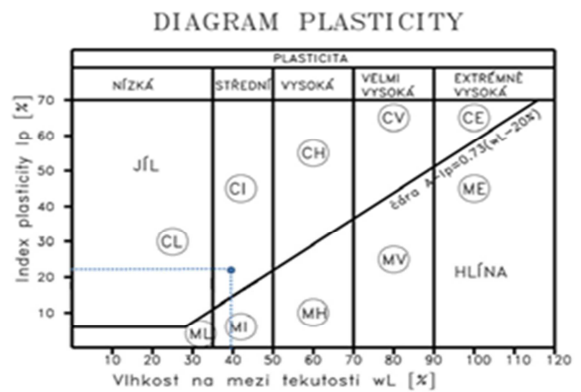
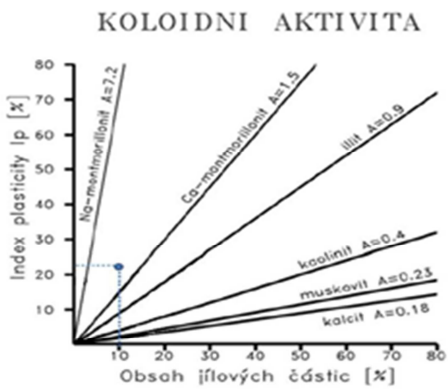
DIAGRAM PLASTICITY



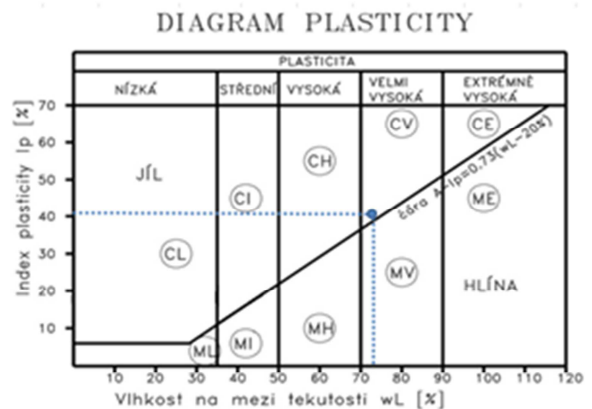
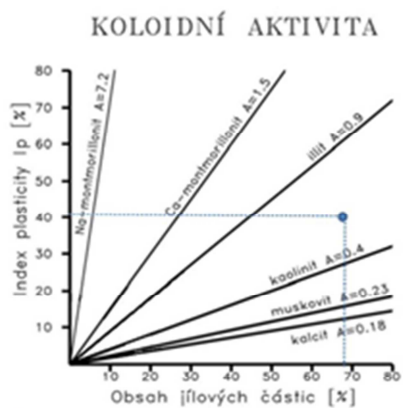
Obrázek 41 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 7 [1]



Obrázek 42 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 8 [1]

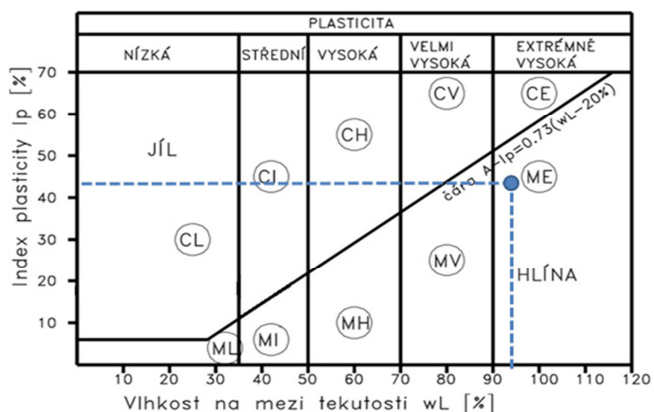


Obrázek 43 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 9 [1]

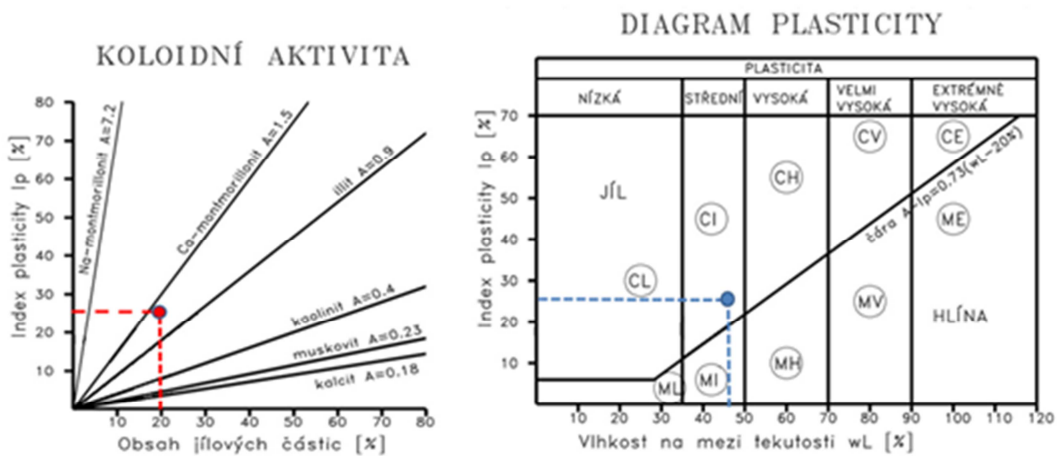


Obrázek 44 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 10 [1]

DIAGRAM PLASTICITY

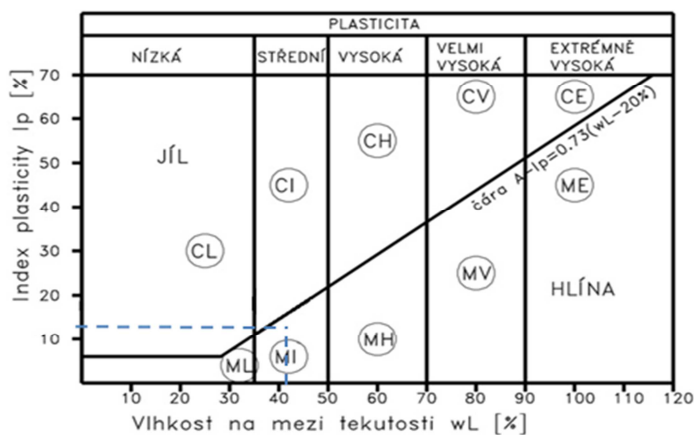


Obrázek 45 - Diagram plasticity pro vzorek č. 11 [1]



Obrázek 46 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 12 [1]

DIAGRAM PLASTICITY



Obrázek 47 - Diagram plasticity pro vzorek č. 13 [1]

KOLOIDNÍ AKTIVITA

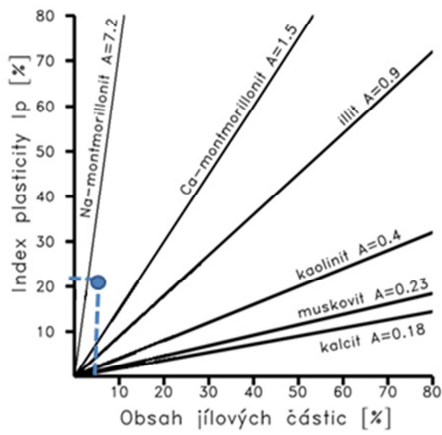
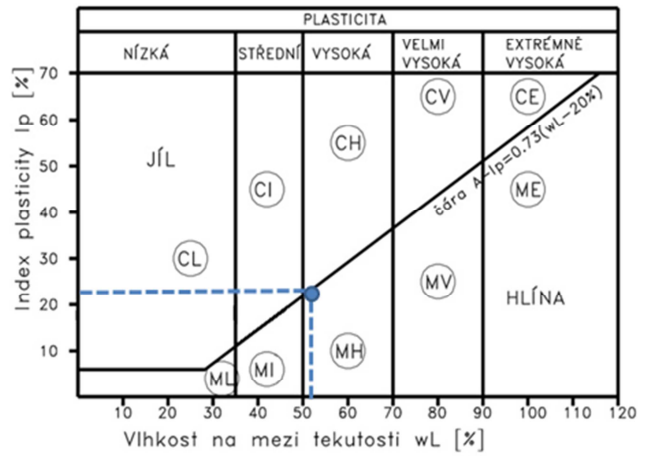


DIAGRAM PLASTICITY



Obrázek 48 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 14 [1]

KOLOIDNÍ AKTIVITA

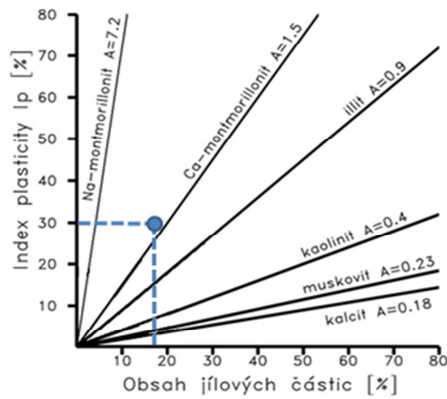
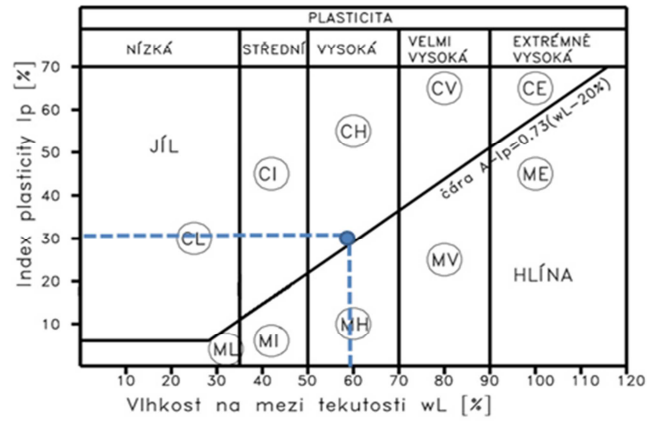
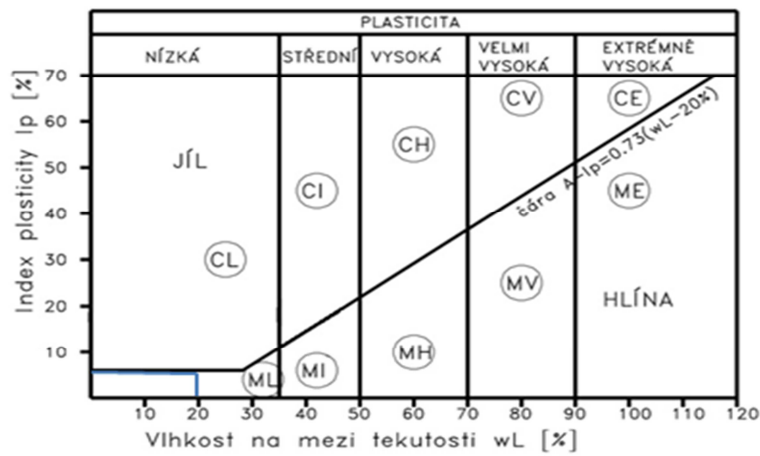


DIAGRAM PLASTICITY



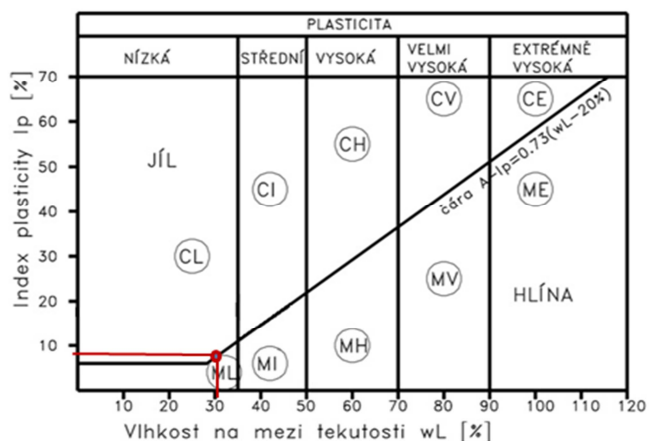
Obrázek 49 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 15 [1]

DIAGRAM PLASTICITY



Obrázek 50 - Diagram plasticity pro vzorek č. 16 [1]

DIAGRAM PLASTICITY



Obrázek 51 - Diagram plasticity pro vzorek č. 17 [1]

KOLOIDNÍ AKTIVITA

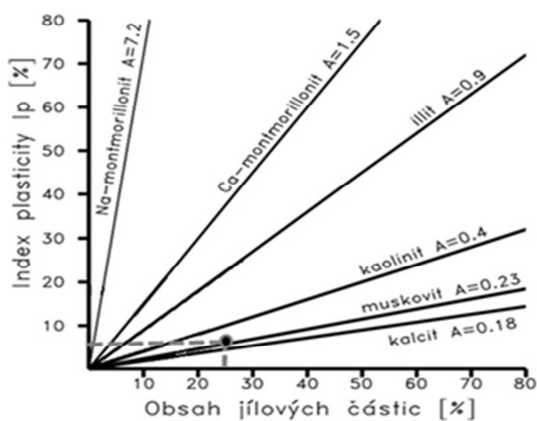
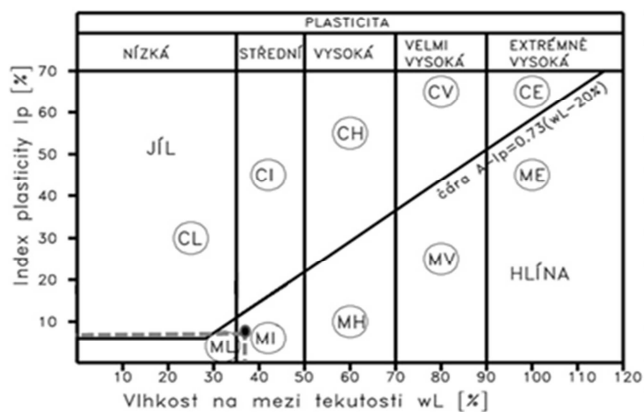


DIAGRAM PLASTICITY



Obrázek 52 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 18 [1]

KOLOIDNÍ AKTIVITA

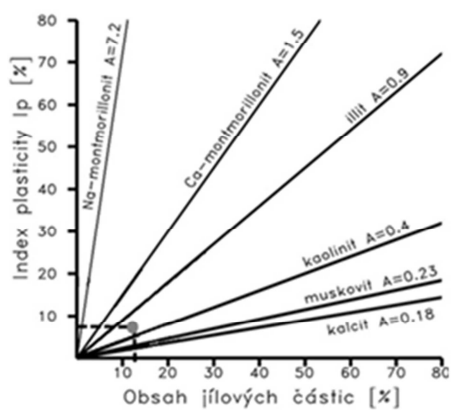
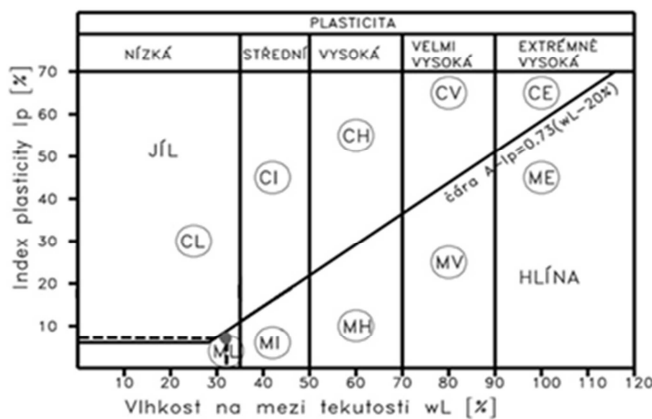


DIAGRAM PLASTICITY



Obrázek 53 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 19 [1]

KOLOIDNÍ AKTIVITA

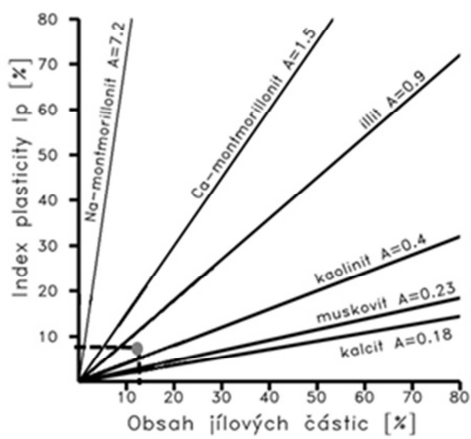
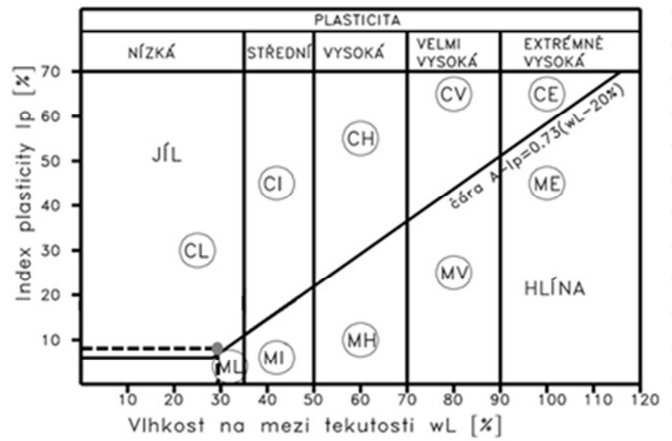


DIAGRAM PLASTICITY



Obrázek 54 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 20 [1]

KOLOIDNÍ AKTIVITA

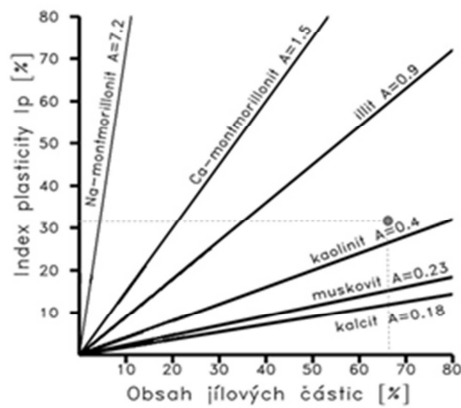
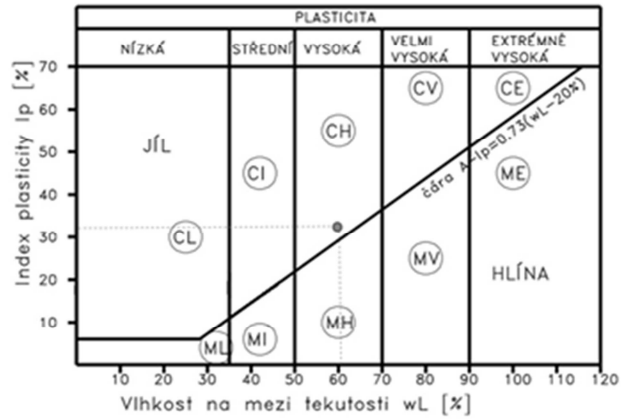


DIAGRAM PLASTICITY



Obrázek 55 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 21 [1]

KOLOIDNÍ AKTIVITA

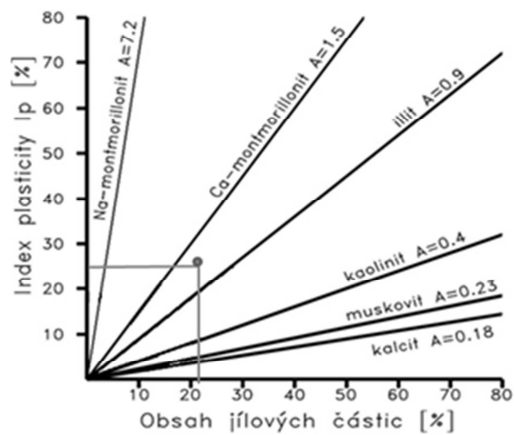
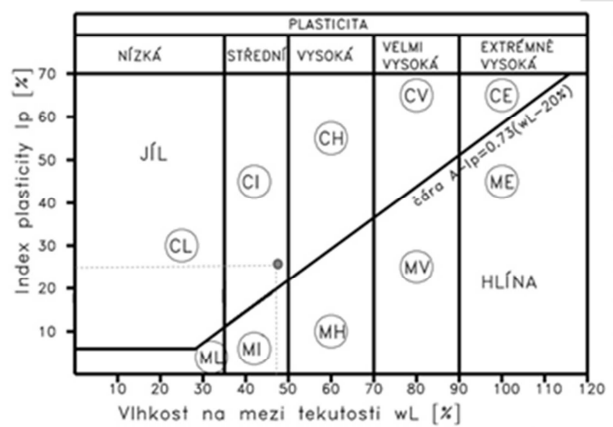


DIAGRAM PLASTICITY



Obrázek 56 - Koloidní aktivita a diagram plasticity pro vzorek č. 22 [1]