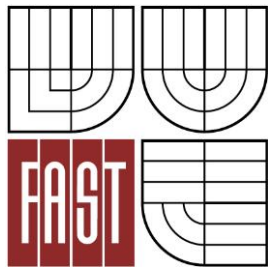






VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STAVEBNÍ

ÚSTAV POZEMNÍCH KOMUNIKACÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

INSTITUTE OF ROAD STRUCTURES

## NESTMELENÉ PODKLADNÍ VRSTVY

UNBOUND GRANULAR LAYERS

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

Lukáš Simkovič

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE

Ing. PETR HÝZL, Ph.D.

SUPERVISOR

BRNO 2015



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

**Studijní program** B3607 Stavební inženýrství  
**Typ studijního programu** Bakalářský studijní program s prezenční formou studia  
**Studijní obor** 3647R013 Konstrukce a dopravní stavby  
**Pracoviště** Ústav pozemních komunikací

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**Student** Lukáš Simkovič

**Název** Nestmelené podkladní vrstvy

**Vedoucí bakalářské práce** Ing. Petr Hýzl, Ph.D.

**Datum zadání bakalářské práce** 30. 11. 2014

**Datum odevzdání bakalářské práce** 29. 5. 2015

V Brně dne 30. 11. 2014

.....  
doc. Dr. Ing. Michal Varaus  
Vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## **Podklady a literatura**

ČSN 73 6126-1 Stavba vozovek - Nestmelené vrstvy - Část 1: Provádění a kontrola shody  
ČSN EN 13285 Nestmelené směsi - Specifikace  
TP 170 Navrhování vozovek pozemních komunikací

## **Zásady pro vypracování**

V práci bude zpracována problematika provádění nestmelených podkladních vrstev při výstavbě vozovek. Rozbor problematiky bude proveden především rešeršní formou v teoretické rovině.

## **Struktura bakalářské/diplomové práce**

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).
- 3.

.....

Ing. Petr Hýzl, Ph.D.  
Vedoucí bakalářské práce

## **Abstrakt**

Bakalářská práce provádí porovnání vhodnosti využití nestmelených podkladních vrstev z materiálu se zrnou dvou velikostí. Práce hodnotí vlastnosti směsí a ekonomickou výhodnost.

## **Klíčová slova**

kamenivo, podkladní vrstva, zemina, frakce, podložní vrstva, plošné stavby, mechanické vlastnosti, plasticita, propustnost, vlhkost, pojivo, příměsi, smykové parametry

## **Abstract**

Bachelor thesis provides collation of two fraction of soil. Work assess mechanical properties and economical value.

## **Keywords**

aggregate, base, soil, fraction, subgrade, areal structures, mechanical properties, plasticity, permeability, moisture, bond, additives, shear parameters

## **Bibliografická citace VŠKP**

Lukáš Simkovič *Nestmelené podkladní vrstvy*. Brno, 2015. 59 s. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav pozemních komunikací. Vedoucí práce Ing. Petr Hýzl, Ph.D.

**Prohlášení:**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval(a) samostatně a že jsem uvedl(a) všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 17. 5. 2015

.....  
podpis autora

Lukáš Simkovič

# PROHLÁŠENÍ O SHODĚ LISTINNÉ A ELEKTRONICKÉ FORMY VŠKP

## **Prohlášení:**

Prohlašuji, že elektronická forma odevzdané bakalářské práce je shodná s odevzdanou listinnou formou.

V Brně dne 17.5.2015

.....  
podpis autora

Lukáš Simkovič



**Poděkování:**

Rád bych poděkoval především mému vedoucímu bakalářské práce Ing. Petru Hýzlovi, Ph.D. za cenné rady a odbornou pomoc při vypracování práce.

Dále bych chtěl poděkovat své rodině a blízkým za jejich podporu po celou dobu mého studia.

## Obsah

1	Úvod.....	12
1.1	Stav současné problematiky .....	12
2	Cíl práce .....	13
3	Teoretická část.....	14
3.1	Druhy a členění podkladních vrstev .....	15
3.1.1	Filtrační kritéria.....	15
3.1.2	Přetvárné vlastnosti .....	15
3.1.3	Typy nestmelených podkladních vrstev dle skladby.....	16
3.1.4	Požadavky na kamenivo pro nestmelené směsi .....	16
3.1.5	Požadavky na nestmelené směsi .....	17
3.1.6	Nestmelené směsi s recyklovaným kamenivem.....	18
3.2	Zkoušení podkladních vrstev .....	18
3.2.1	Propustnost zeminy .....	19
3.2.2	Zhutnitelnost zemin.....	20
3.2.3	Smyková pevnost .....	21
3.2.4	Obsah vodou rozpustných síranů .....	22
3.3	Stanovení ceny stavebních prvků a prací .....	23
3.3.1	Náklady .....	23
3.3.2	Organizování a normování práce .....	25
4	Praktická část.....	27
4.1	Charakteristika místa výstavby.....	27
4.2	Technologie .....	28
4.2.1	Skrývka.....	28
4.2.2	Příprava podkladu .....	29

4.2.3	Příprava směsí .....	29
4.2.4	Rozprostírání .....	30
4.2.5	Hutnění .....	33
4.2.6	Zkoušení .....	34
4.3	Výsledky zkoumaných směsí .....	34
4.3.1	Vlhkost .....	34
4.3.2	Zrnitost .....	35
4.3.3	Statická zatěžovací zkouška .....	38
4.3.4	SZZ pro zrnitost 0/63 .....	38
4.3.5	SZZ pro zrnitost 0/125 .....	39
4.3.6	SZZ pro zrnitost 0/63 + 1% CaO .....	41
4.3.7	SZZ pro zrnitost 0/63 + 2% CaO .....	42
4.3.8	SZZ pro zrnitost 0/63 + 3% CaO .....	43
4.3.9	SZZ pro zrnitost 0/63 + 1% vápenný hydrát CL90 .....	44
4.3.10	SZZ pro zrnitost 0/63 + 2% vápenný hydrát CL90 .....	45
4.3.11	SZZ pro zrnitost 0/63 + 3% vápenný hydrát CL90 .....	46
4.3.12	SZZ pro zrnitost 0/63 + 1% Dorosolu .....	47
4.3.13	SZZ pro zrnitost 0/63 + 2% Dorosolu .....	48
4.3.14	SZZ pro zrnitost 0/63 + 3% Dorosolu .....	49
4.4	Kalkulace nákladů .....	50
4.4.1	Cena vstupních surovin a nákladů .....	50
4.4.2	Kalkulace .....	51
4.5	Závěr .....	53
5	Bibliography .....	55
6	Seznam obrázků .....	58
7	Seznam tabulek .....	60

# 1 Úvod

Princip fungování vrstev stmelených hydraulickými pojivy se nedá vysvětlit pouze na základě existence jejich pevnosti, i když tato pevnost se využívá k jejich klasifikaci a kontrole. Protože vrstva vždy leží na podkladu, který svým spolupůsobením významně omezuje její průhyb a tím též umožňuje její existenci. Proto si nelze myslet, že ve vrstvě stmelené hydraulickým pojivem by její pevnost byla jedinou příčinou její únosnosti. Je tedy potřebné hledat příčiny další.

V každé vrstvě, stmelené i nestmelené se významně uplatňuje pevnost ve smyku, způsobená dvěma faktory:

- vnitřním třením mezi zrny kameniva nebo zeminy,
- kohezí (soudržností ve smyku).

U nestmelených materiálů je dominantní složkou pevnosti ve smyku vnitřní tření. Koheze, pokud existuje, je způsobená kapilárními silami vlivem vlhkostí a její velikost je zanedbatelná (tzv. nepravá koheze). Jiná situace je však u materiálů stmelených, kde je koheze významným faktorem ovlivňujícím pevnost ve smyku.

Jak již bylo uvedeno, ve vrstvách ze směsí stmelených hydraulickými pojivy vznikají mikrotrhliny. Ty podstatně snižují pevnost v tlaku, ale na smykovou pevnost nemají prakticky vliv, protože mají jiný směr než ve kterém působí smykové síly. Naopak mikrotrhliny působí příznivě tím, že vrstva se částečně chová i jako nestmelená. Proto se například při navrhování vozovek u vrstev stmelených hydraulickými pojivy s jejich pevností prakticky nepočítá a tyto vrstvy se na účinky namáhání a následného porušování ani neposuzují (jsou vlastně porušeny od samého začátku).

## 1.1 Stav současné problematiky

Co je příčinou únosnosti nestmelených podkladních vrstev? Je to pevnost ve smyku, způsobená vnitřním třením mezi zrny kameniva ve vrstvě. Co je však zdrojem únosnosti v případě vrstev stmelených hydraulickými pojivy? Odpověď na tuto otázku není vůbec jednoduchá, i když se to může na první pohled zdát. Důvody k těmto pochybnostem jsou zřejmé.

Vrstvy ze směsí stmelených hydraulickými pojivy mají relativně vysoký modul pružnosti a nízkou pevnost. Proto v nich i při malé deformaci vznikají velká napětí, kterým vrstva není schopna odolat. Dá se to vyjádřit i tak, že řekneme, že vrstva je křehká. Z tohoto důvodu se pod vlivem i malého zatížení každá položená vrstva porušuje a velmi rychle se v ní vytvoří množství nepatrných trhlinek. Tyto trhlinky ještě více sníží pevnost vrstvy (zejména v tahu za ohybu), ale na druhé straně zlepšují její „poddajnost“ tak, že se vrstva v netuhé stavbě nechová jako tuhá deska.

Laboratorní pevnosti a přetvárné charakteristiky směsí stmelených hydraulickými pojivy jsou přibližně 10x vyšší, než ty, které jsou běžně měřeny na stavbě. Toto je způsobeno tím, že ve směsích zkoumaných v laboratoři nejsou žádné trhlinky.

## **2 Cíl práce**

Porovnání vhodnosti využití nestmelených podkladních vrstev z materiálu o velikosti zrn 0/63 a 0/125 z lomového kamene. Porovnání struktury horniny z místa stavby a dále získaného kameniva z nedalekého lomu, ekonomické zhodnocení využití této horniny na stavbě. Práce bude obsahovat, jak velké množství horniny se na stavbě využije, jak bude upravena, jaká frakce bude ekonomicky nejvýhodnější.

### 3 Teoretická část

Nestmelená směs je zrnitý materiál s kontrolovanou zrnitostí od dolního síta (dna s prostupností 0% a neobsahuje žádné přidané pojivo a příměs) přes síta s větší propustností až k sítu, na kterém při prosívání zůstane největší zrno. Nutnost zkoušet všechny vlastnosti je omezena podle určeného nebo konečného použití nebo původu směsi.

Nestmelené vrstvy se označují jako zpevněné kamenivo (MZK), šterkodrt' (ŠD), šterkopísek (ŠP), vibrovaný šterk (VŠ), mechanicky zpevněná zemina (MZ).

Podle normy ČSN EN 13285 je na základě zrnitosti v jednotlivých kategoriích podle propadu což je uvedeno v tabulce 1.

**Tabulka 1 - používané nestmelené směsi podle zrnitosti, zdroj: ČSN EN 13285**

0/8	0/10	0/11,2	0/12,5	0/14	0/16	0/20
0/22,4	0/31,5	0/40	0/45	0/56	0/63	0/125

(v ČR se používají pouze označené frakce)

Mezi základní požadavky na nestmelené vrstvy beze sporu patří:

- dostatečná únosnost, která je také závislá na únosnosti podloží,
- trvanlivost – vrstvy by měly mít stabilní vlastnosti s ohledem na klimatické vlivy jako je mráz, vysoké teploty a kolísající vlhkost,
- vrstvy by měly obsahovat co nejmenší přítomnost jílovitých minerálů, protože vrstvy obsahující větší složku jílových minerálů se hůře zpracovávají a hutní, a jsou citlivé na změny vlhkosti → u vrstev se proto provádí zkouška ekvivalentu písku.

Nenamrzavost vrstev lze sledovat Casagrandeho kritériem, kdy podíl částic menších než 0,02 mm je ve vrstvách méně než 3 %.

Casagrandův přístroj zjišťuje pevnost zemin ve smyku.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Myslivec, Alois. Mechanika zemin. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1964. s. 38

### 3.1 Druhy a členění podkladních vrstev

Pro konstrukci nestmelených podkladních vrstev se přednostně používají materiály s vysokou smykovou pevností, kterou vykazuje zejména drcené kamenivo.<sup>2</sup>

#### 3.1.1 Filtrační kritéria

Významné je rovněž zamezení vzájemnému prostupování nestmelené vrstvy a podloží. Toto prostupování může nastat v případě, že je materiál podloží příliš jemnozrnný a materiál nestmelené vrstvy naopak příliš hrubozrnný. Pro zamezení vtlačování jemnozrnné zeminy do podkladní vrstvy je zapotřebí splnit podmínku že podíl nestmelené vrstvy D15 a podloží D85 musí být menší nebo roven 5. D15 (D85) přitom znamená velikost zrna odpovídající propadu 15% (85%).

Pohyb vrstev si můžeme dále představit jako proudění kapalin. Pohybuje-li se voda v uzavřeném potrubí, vzniká laminární a turbulentní proudění. Při laminárním proudění se vodní částice pohybují vedle sebe, při turbulentním proudění je pohyb částic nepravidelný. Darcyho zákon<sup>3</sup> aplikuje pohyb vody v potrubí na pohyb vody v pórech zeminy. Póry v zeminách jsou tak malé, že při průsaku vody v nich vzniká skutečně laminární pohyb a proto je tato aplikace oprávněná. Rychlost prosakující vody v zemině je přímo úměrná hydraulickému spádu. U některých jílových zemin se začíná voda v pórech pohybovat až při jisté velikosti spádu, který se nazývá počáteční (nulový) spád. Součinitel propustnosti závisí na velikosti pórů, specifické váhy a viskozity tekutiny.

#### 3.1.2 Přetvárné vlastnosti

Pro potřeby dimenzování vozovek se vyjadřují přetvárné vlastnosti nestmelených vrstev modulem pružnosti.

Modul pružnosti u zemin je obtížně vyjádřitelný a nelze ho chápat klasickým způsobem jako u pevných látek. Modul pružnosti je závislý jednak na fyzikálních a technických parametrech materiálu a dále na mechanickém působení okolí.

Nestmelený materiál snese pouze prostorové namáhání, kde se uplatní vnitřní tření, které je hlavní příčinou jeho únosnosti. Proto se stanovení modulu dá zjišťovat pouze v podmínkách, které se přibližují skutečnému stavu.

---

<sup>2</sup> Zapletal, Vratislav, Mencl, Vojtěch a Rosa, Vojtěch. Stavební látky. Brno : Vysoké učení technické, 1991. s.61

<sup>3</sup> Myslivec, Alois. Mechanika zemin. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1964. s. 38

V průběhu životnosti konstrukce stavby se přetvárné vlastnosti nestmelených materiálů jednotlivých konstrukčních vrstev mění. Deformace jsou ovlivňovány, jak již bylo uvedeno, nejen účinky zatížení, ale i účinky vodního a teplotního režimu. Dosud publikované výsledky měření zjištěné z literatury<sup>4</sup> uvádí že:

- hodnoty modulů pružnosti souvrství MZK (mechanicky zpevněného kameniva) a ŠD (šterkodrti) kolísají v hodnotách 238 – 562 MPa,
- vliv času a zatížení se v období 9 let projevil v převážné míře nevýznamně.

Vzhledem k nerovnoměrnému kolísání vypočtených modulů pružnosti (Stehlík ve výše citované literatuře uvádí, že variabilita dosahuje hodnoty větší než 50 %) lze usuzovat, že největší vliv na hodnoty modulů pružnosti bude mít jejich okamžitá vlhkost.

### 3.1.3 Typy nestmelených podkladních vrstev dle skladby

S plynulou čarou zrnitosti, tj. že mezery mezi většími zrny jsou vyplňovány zrny menšími, dosáhneme minimální mezerovitosti. Toto nám ukazují:

- Fullerova parabola představující ideální čáru s nejtěsnějším uspořádáním zrn, často se zjednodušeně místo Fullerovy paraboly uvádí číslo nestejnozrnnosti  $d_{60}/d_{10}$ , pokud je menší jak 5, je materiál považován za stejnozrnný,
- vlastnosti vrstev s plynulou čarou zrnitosti:
  - únosnost dosažená větším třením,
  - lepší zhutnitelnost než u stejnozrnného materiálu.

### 3.1.4 Požadavky na kamenivo pro nestmelené směsi

Kamenivo se dělí podle původu na přírodní, a to dále na drcené a těžené (písky, šterky) a kamenivo umělé (hutné a pórovité).<sup>5</sup> Prosíváním přes síta dělíme kamenivo do frakcí. Za úzkou frakci považujeme, je-li poměr velikosti otvorů dvou sousedních sít méně než 1:2. Pokud je poměr větší, jedná se o širokou frakci. Patří sem i frakce, která propadne jen horním sítem, jehož otvory jsou větší než 1 mm.

---

<sup>4</sup> Stehlík, Dušan. Praktické aplikace v pozemních komunikacích: Modul 07 Nestmelené podkladní vrstvy. [Online] Vysoké učení technické v Brně: Fakulta stavební, 2006. [Citace: 08. 03 2015.] s. 9

<sup>5</sup> Zapletal, Vratislav, Mencl, Vojtěch a Rosa, Vojtěch. Stavební látky. Brno : Vysoké učení technické, 1991. s.32



Norma ČSN EN 13242 požaduje, aby kamenivo použité ve směsi vyhovělo v těchto parametrech:

- tvar zrn hrubého kameniva (tvarový index),
- procento drcených nebo rozlámaných zrn a kulatých zrn v hrubém kamenivu,
- vlastnosti jemných částic,
- odolnost hrubého kameniva proti rozpadavosti,
- objemová hmotnost částic kameniva,
- nasákavost,
- odolnost hrubého kameniva proti otěru,
- požadavky na chemické vlastnosti,
- požadavky na trvanlivost.

### **3.1.5 Požadavky na nestmelené směsi**

Nestmelené směsi podobně jako zeminy podrobujeme síťovému rozboru. Podle standardních laboratorních zkoušek můžeme také zeminu zatřídit a učit její charakter.<sup>6</sup> Zdali je v zemině větší podíl jílovité nebo prachovité složky nám stačí prosít nejjemnější část přes síto 0,5 mm a provést:

- zkouška otřesy (dilatace),
- zkouška pevnosti vysušené zeminy,
- tuhost zeminy při postupném hnětení.

#### **3.1.5.1 Obsah jemných částic**

Procento částic, které propadnou sítem 0,063 (jemné částice), stanovené podle EN 933-1. Pro nestmelené směsi se pohybuje pro jednotlivé kategorie *UF* mezi max. 3 až max. 15% hm. Pokud se požaduje minimální množství jemných částic je v ČSN EN 13285 popsán ve třech kategoriích *LF* min. 2 až min. 8% hm.

Kategorie se zvolí tak, aby rozdíl mezi maximálním obsahem jemných částic a minimálním obsahem jemných částic nebyl menší než 3 %.

---

<sup>6</sup> Weiglová, Kamila. Mechanika zemin - návody a příklady do cvičení. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 1993. ISBN 80-214-0488-4. s.12

### **3.1.5.2 Nadsítné**

Procento částic, které propadnou horním sítem je stanovené v normě ČSN EN 933-1. Podle ČSN EN 13285 je specifikováno kategoriemi *OC* pro 75 až 95 %-ní propad hmotnosti.

### **3.1.5.3 Sítový rozbor a čára zrnitosti**

Zrnitost se určuje v již zmíněných kategoriích  $G_A$ ,  $G_B$ ,  $G_C$ ,  $G_O$  a  $G_P$ . Průměrná hodnota po čítaná ze všech zrnitostí musí ležet uvnitř intervalu pro dodavatelem deklarované hodnoty, který odpovídá příslušné kategorii.

### **3.1.6 Nestmelené směsi s recyklovaným kamenivem**

Pro nestmelené směsi lze využít recyklátů. Složení směsi, obsahující recyklované kamenivo se posuzuje vizuálně, pomocí metody podrobně popsané v EN 13285, příloha A.2. Norma upravuje popis složení směsi a jak má směs vyhovovat požadavkům podle příslušných tabulek. Jednotlivé směsi se dělí:

- směs kameniva z drceného betonu,
- kamenivo z drceného zdiva,
- směs drceného kameniva,
- drcený materiál z vozovek,
- zbytkový popel z pecí.

## **3.2 Zkoušení podkladních vrstev**

Zkušební (počáteční) vzorky nestmelených směsí předepisuje ČSN EN 13286-1. Ke stanovení laboratorní suché objemové hmotnosti a optimální vlhkosti musí být vybrána jedna z níže uvedených metod:

- Proctorova zkouška podle EN 13286-2,
- vibrační tlak s řízenými parametry podle EN 13286-3,
- vibrační pěch podle EN 13286-4,
- vibrační stůl podle EN 13286-5.

Pokud se laboratorní suchá objemová hmotnost a optimální vlhkost stanovuje Proctorovou zkouškou podle ČSN EN 13286-2, použije se Proctorova zkouška modifikovaná.

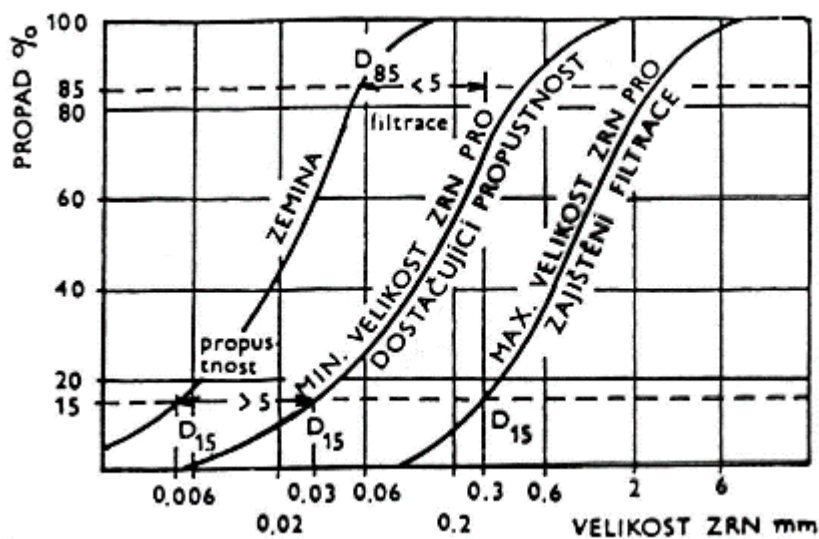
### 3.2.1 Propustnost zeminy

Propustnost zeminy se měří především v laboratorním prostředí. Přístroje na měření propustnosti zemin můžeme rozdělit na:<sup>7</sup>

- přístroj o stálém spádu,
- přístroj o spádu proměnlivém.

Měříme-li součinitel propustnosti za určitou dobu, ukazuje se, že propustnost je z počátku malá, zvětšuje se, a teprve druhý den dosáhne maxima, načež se opět zmenšuje. Menší propustnost na začátku měření si můžeme vysvětlit tím, že zemina nebývá zcela nasycena vodou. Pozdější zmenšení propustnosti je způsobeno bobtnáním koloidů. Velký vliv na průchod má dále vzduch, který byl rozpuštěn ve vodě, a za průsaku, když se tlak vody zmenšuje, vylučuje se z vody a uchycuje se v pórech zeminy, které ucpává.

Pro nestmelené vrstvy ukazuje kritérium filtrace a propustnosti obrázek:



Obrázek 1 - kritérium filtrace a propustnosti, zdroj: Dušan Stehlik - Praktické aplikace v pozemních komunikacích

Tato zkouška byla zavedena v mnoha zemích EU včetně ČR, je popsána v EN 13286-7.

<sup>7</sup> Myslivec, Alois. Mechanika zemin. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 1964. s. 41

### 3.2.2 Zhutnitelnost zemin

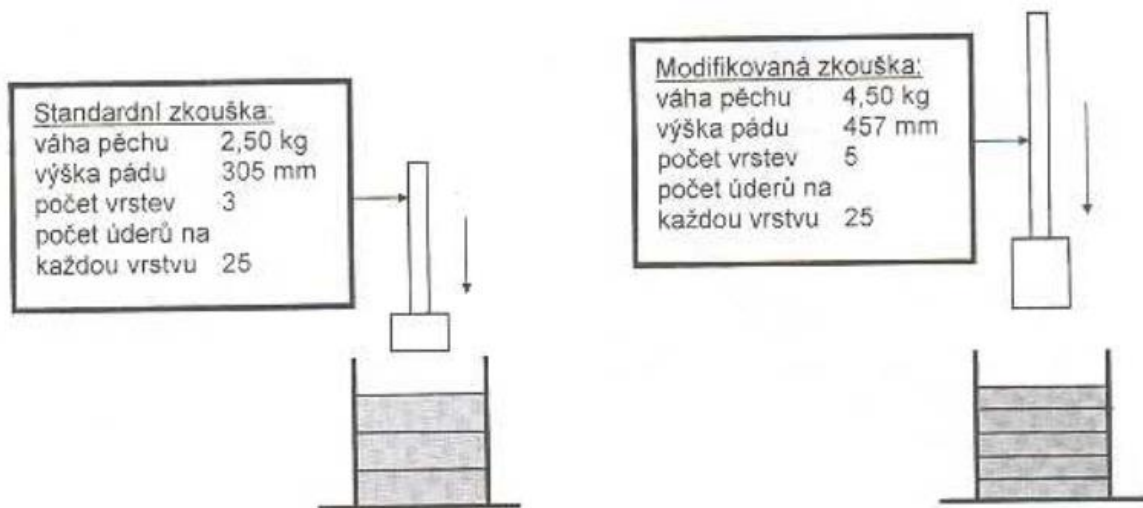
Dodatečné zhutnění zemin se provádí za účelem dosažení maximální objemové hmotnosti.

Stupeň zhutnění, kterého lze při použití určité technologie dosáhnout, je závislý především na vlhkosti zeminy.<sup>8</sup> Maximálního zhutnění dosáhneme, má-li zemina optimální vlhkost.

Ke stanovení optimální vlhkosti, při níž dosáhneme pro zvolenou hutnicí energii největšího zhutnění slouží Proctorova zkouška, kterou rozdělujeme:

- standardní,
- modifikovanou.

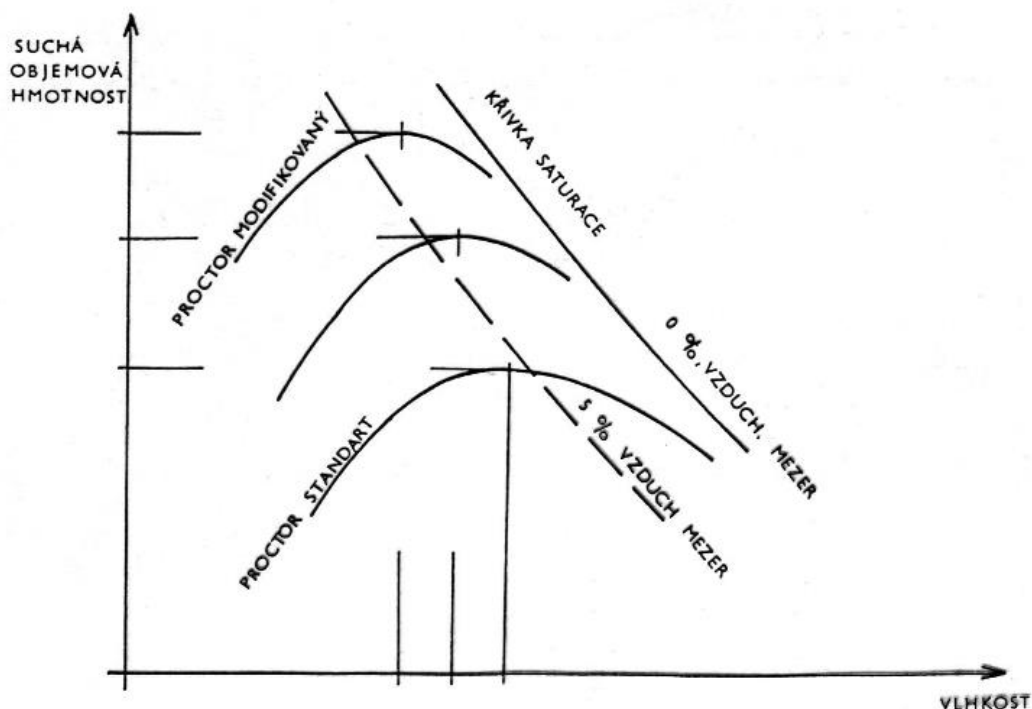
Rozdíl mezi oběma vysvětluje následující obrázek.



Obrázek 2 - Proctorova zkouška zhutnění - zdroj: vlastní

Výsledky zkoušky se opět zapisují do křivky, ze které můžeme vyčíst, jaké vzduchové mezery má zemina a kolik nenaplněných pórů (mezer) obsahuje – tedy kolik je její saturace.

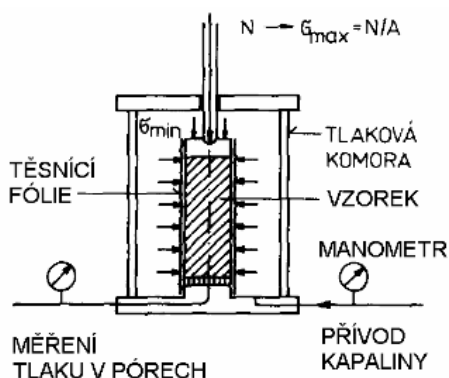
<sup>8</sup> Weiglová, Kamila. Mechanika zemin - návody a příklady do cvičení. Brno : Vysoké učení technické v Brně, 1993. ISBN 80-214-0488-4. s. 69



Obrázek 3 Standardní a modifikovaní Proctorova zkouška, zdroj: Dušan Stehlík - Praktické aplikace v pozemních komunikacích

### 3.2.3 Smyková pevnost

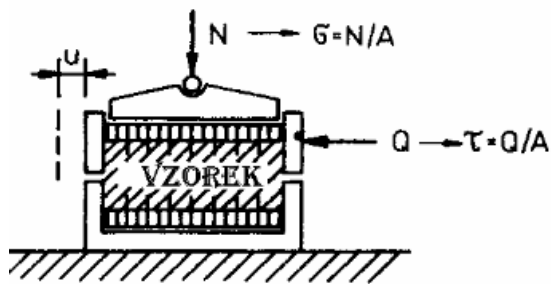
Pro stanovení smykové pevnosti zeminy se používá trojosý (triaxiální) smykový přístroj.<sup>9</sup> Do přístroje se vkládá neporušený vzorek zeminy tvaru válečku v gumovém obalu. Vzorek se zatěžuje na horním konci svislou silou a na plášti radiálním hydrostatickým tlakem vody v tlakové komoře. Vyvodí se tak trojosá napjatost. Svislé napětí se zvětšuje až do porušení vzorku, kdy se vytvoří jedna nebo dvě smykové plochy a dojde k výraznému poklesu vzorku.



Obrázek 4 - schéma triaxonomického smykového přístroje - zdroj: Weiglová, Kamila. Mechanika zemin

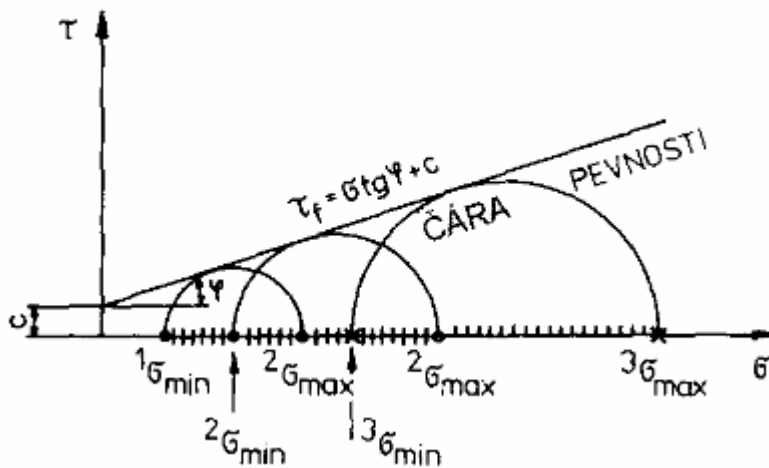
<sup>9</sup> Kratochvíl, Miloš. Mechanika zemin - cvičení. Bratislava : ALFA, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1982. s. 46

Je rovněž možné využít krabicový smykový přístroj.<sup>10</sup> Ten ovšem vyhodnocuje smykovou pevnost pouze v jednom směru.



Obrázek 5 - schéma smykového krabicového přístroje - zdroj: Weiglová, Kamila. Mechanika zemin

Obě zkoušky lze vyhodnotit i graficky, při kterém napětí dosahuje zemina největší pevnosti.

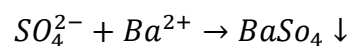


Obrázek 6 - vyhodnocení smykových zkoušek - zdroj: Weiglová, Kamila. Mechanika zemin

### 3.2.4 Obsah vodou rozpustných síranů

Někteří výrobci musí ještě stanovit vodou rozpustný obsah síranů ve směsi za použití zkušební metody podle EN 1744-1.

Princip gravimetrické metody je založený na tvorbě prakticky nerozpustné sraženiny síranu barnatého ve slabě kyselém prostředí.



<sup>10</sup> Kratochvíl, Miloš. Mechanika zemin - cvičení. Bratislava : ALFA, vydavateľstvo technickej a ekonomickej literatúry, 1982. s.44

Sraženina se odfiltruje, společně s filtračním papírem se spálí v porcelánovém kelímku a poté se vyžihá v peci při 750°C konstantní hmotnosti. Mezi rušivé vlivy patří přítomnost nerozpuštěných a koloidních látek, křemičitanů, siřičitanů, Fe, Cr, alkalických kovů ve vysokých koncentracích a příliš nízké pH.

### 3.3 Stanovení ceny stavebních prvků a prací

#### 3.3.1 Náklady

Náklady z finančního hlediska znamenají úbytek ekonomického prospěchu, charakteristický především poklesem aktiv nebo růstem dluhu (v hodnoceném období) na úkor snížení vlastního kapitálu.<sup>11</sup>

Členění nákladů dle účelu vychází z kontroly hospodárnosti. Cílem je zjistit, zda se v podniku náklady spoří nebo překračují. Struktura členění do několika úrovní je závislá úkolu – např. výrobní činnost, servisní činnost. V rámci této skupiny jsou poté náklady členěny dále na nižší úroveň – technologické stupně, procesy, aktivity, operace. I v projektech stavebního charakteru se setkáme s nákladovostí. Oprostím se od další teorie a vyberu jen obecnou zásadu, která říká, je třeba identifikovat věcného nositele nákladu. Znalost nákladů má význam především pro tyto činnosti:<sup>12</sup>

- tvorba cen,
- evidence spotřeb,
- zjišťování efektivnosti výroby,
- rozhodování při volbě variant, zdrojů, technologie, organizace, marketingové strategie,
- zjišťování činnosti výrobních činitelů,
- postavení firmy vůči konkurenci.

Obecné rozčlenění je na jednicové a režijní náklady, vycházející většinou z technologických norem (receptury), které určují úroveň nákladů na dílčí část technologické úrovně. Nákladový

---

<sup>11</sup> Král, Bohumil, a další. *Manažerské účetnictví*. Praha: Management Press, 2002. ISBN 80-7261-062-7. s.36-37

<sup>12</sup> Heralová, Renáta Schneiderová, Kadlčáková, Anna a Kremlová, Lucie. *Kalkulace a nabídky 1*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2006. ISBN 80-01-03532-8. s.102

úkol se stanoví jako násobek normou stanoveného nebo dílčím úkolem provedeného výkonu. Tato část technologického úkolu tvoří jednicové náklady.<sup>13</sup>

---

<sup>13</sup> **Macík, Karel.** *Kalkulace nákladů - základ podnikového controllingu.* Ostrava : MONTANEX, 1999. ISBN 80-7225-002-7. s.12-13



Náklady související s technologickým procesem jako celkem, stanovené na základě souhrnu limitů a normativů pro určitý objem nebo časové období jsou náklady režijními. Pro klasifikaci nákladů je rovněž důležité i hledisko chování nákladů při změnách faktorů. Faktory ovlivňující chování nákladů jsou:<sup>14 15</sup>

- množství (objem) výkonů,
- provozní (výrobní) kapacita,
- stupeň zaměstnanosti.

### 3.3.2 Organizování a normování práce

Při kalkulacích je čas základním měřítkem využívání jednotlivých zdrojů, především strojů, zařízení a pracovníků. Pracnost produktu je chápána jako čas nutný k produkci (zhotovení) určitého výrobku nebo vykonání určité činnosti. Lze zde najít přímou úměrnost – čím větší je velikost spotřeby času, tím více je zdroj využit. Pracnost produktu se rovněž odvíjí od způsobu technického řešení výrobku, používaného vybavení, organizace a řízení výrobního procesu. Úkolem řízení je zajištění jen nezbytně nutné spotřeby času. Důležitým podkladem pro operativní plánování a zajištění efektivnosti výrobního procesu jsou normy pracnosti. Norma vyjadřuje spotřebu času na jednotku produkce v normohodinách (Nh), což lze volně deklarovat jako optimální míra spotřeby času za předpokladu účelného uspořádání výrobního procesu.<sup>16</sup>

Úkolem normování spotřeby práce je určování množství spotřeby času při práci v návaznosti na studium zdokonalování způsobů práce. Normy musí obsahovat pouze spotřebu práce a času nutných pracovních operací, musí odpovídat druhu a konkrétním podmínkám vykonané pracovní činnosti a musí být v souladu s technologickým a pracovním procesem.<sup>17</sup>

---

<sup>14</sup> **Heralová, Renáta Schneiderová, Kadlčáková, Anna a Kremlová, Lucie.** *Kalkulace a nabídky 1.* Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2006. ISBN 80-01-03532-8. s.102

<sup>15</sup> **Macík, Karel.** *Kalkulace nákladů - základ podnikového controllingu.* Ostrava : MONTANEX, 1999. ISBN 80-7225-002-7. s.12-13

<sup>16</sup> **Macík, Karel.** *Kalkulace nákladů - základ podnikového controllingu.* Ostrava : MONTANEX, 1999. ISBN 80-7225-002-7. s.96

<sup>17</sup> **Heralová, Renáta Schneiderová, Kadlčáková, Anna a Kremlová, Lucie.** *Kalkulace a nabídky 1.* Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2006. ISBN 80-01-03532-8. s.29

Normativy spotřeby práce jsou soubory časových, technických a technologických organizačních údajů pro různé varianty pracovních operací. Normativy se používají pro: <sup>18</sup>

- tvorbu norem,
- projektování pracovních procesů,
- určování účelných pracovních postupů (porovnání variant),
- ekonomické propočty, kalkulace nákladů a ceny, plánování.

Normativ času udává předpokládanou spotřebu času na jednotlivé dílčí části operace vykonávané za určitých technickoorganizačních podmínek. Normativ času práce udává nutnou spotřebu času k vykonání dílčích částí normované operace, dále se dělí na normativ pohybů a normativ pohybových operací. <sup>19</sup>

---

<sup>18</sup> **Macík, Karel.** *Kalkulace nákladů - základ podnikového controllingu.* Ostrava : MONTANEX, 1999. ISBN 80-7225-002-7. s.96

<sup>19</sup> **Heralová, Renáta Schneiderová, Kadlčáková, Anna a Kremlová, Lucie.** *Kalkulace a nabídky 1.* Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2006. ISBN 80-01-03532-8. s.102

## 4 Praktická část

Ve své práci jsem porovnával dva druhy směsí. Směs s drceným kamenivem ve frakci 0/63 a směs s frakcí 0/125. K oběma směsím byla přidávána příměs v podílu 0-3% hmotnosti. V následujících kapitolách bude popsána, jak situace a použité technologie zkoumání, tak zde budou porovnávány výsledky mé práce.

### 4.1 Charakteristika místa výstavby

Místo výstavby EGT Velká Bystřice se nachází v obci, která se nachází na střední Moravě přibližně 10km východním směrem od města Olomouce. Prostor je situován do jihozápadního podhůří Oderské vrchoviny na hranici bývalého vojenského prostoru Libavá. Oderské vrchy jsou součástí geomorfologického celku Nízký Jeseník, jež leží na území Olomouckého a Moravskoslezského kraje. V Oderských vrších, na území vojenského výcvikového prostoru pramení řeka Odra. Území Oderské vrchy bylo v roce 1994 vyhlášeno přírodním parkem o rozloze 287 km<sup>2</sup>. Roste zde smíšený lesní porost, skládající se převážně z buků a smrků. Místo výstavby leží v nadmořské výšce 250 – 380 m.n.m.



Obrázek 7 - letecký snímek místa výstavby - zdroj: Google Maps

Z petrografického hlediska je geologické podloží v území výstavby Moravská droba. Droba je sedimentární hornina z období druhohor vyznačující se hnědou, někdy až zlatavou barvou.





Obrázek 8 – fotografie z místa stavby - zdroj: vlastní

## 4.2 Technologie

### 4.2.1 Skrývka

Skrývka je proces, při kterém je sejmuta nadložní vrstva. Při těžbě nebo zakládání staveb, při kterých je trvale nebo dočasně odnímána zemědělská půda, se provádí skrývka kulturních vrstev půdy, tj. ornice, aby mohly být použity pro svůj původní zemědělský účel. Sejmuté horniny a půdy se ukládají do deponií a výsypek, odkud jsou dále distribuovány pro další využití. Skrývka se odstraňuje pomocí mechanizace, jako jsou buldozery, scrapery či velkstroje.

V mém případě se skrývka provedla pro přípravu stavby v přesně vymezeném koridoru. Mimo koridor zůstal pozemek ponechán ve stavu, v jakém se nalézal. Skrývka se deponovala na pozemku, bude využita k terénním úpravám po dokončení stavby. Pro skrývku svrchní vrstvy byl použit pásový dozér CAT D6N.

#### 4.2.2 Příprava podkladu

Konstrukci podkladních vrstev i souvrství určuje dokumentace stavby. Pokud není stanoveno v zadávací dokumentaci stavby (ZDS) jinak, musí být podkladní vrstvy navrženy podle technických kvalitativních podmínek pro dokumentaci stavby (TKP-D), vzorových listů staveb pozemních komunikací (VL). Podklad pod souvrstvím musí být dostatečně únosný a v požadovaném sklonu.

#### 4.2.3 Příprava směsi

Drcení a třídění sutí, kamene a betonu bylo zajištěno přímo na stavbě. Rozdrcený a vyříděný materiál byl uložen přímo na místě drcení a tříděn na haldy.



Obrázek 9 - stroje pro přípravu směsi - zdroj: vlastní

Drcení bylo prováděno mobilním odrazovým drtičem a mobilním hrubotříděčem. Stroje jsou na pásovém podvozku. K dávkování a třídění na haldy byl použit bagr.

Příměsi byly rovněž přidávány přímo do drtiče. Výsledná finální směs byla pásovým nakladačem distribuována na stavební plochu. Protože se jednalo o celkem malou plochu (250m<sup>2</sup>) nebylo zapotřebí manipulovat s výslednou směsí nákladními auty, směs ve lžici rovnoměrně distribuoval pásový nakladač. Objem lžice nakladače byla 2,5 m<sup>3</sup>.

Byly použity tyto stroje:

- pásový bagr CAT 322 LN, který nabíral lomový kámen do čelistového drtiče,
- pásový nakladač CAT 963E, který distribuoval směs po staveništi,
- MFL drtič – pásové mobilní zařízení s odrazovým drtičem.

Mobilní čelistový drtič MFL je kromě standardních funkcí vybaven také rotačním odhliňovačem složeným ze šesti rotačních válců, které tak ještě efektivněji „odhliňují“ materiál před vstupem do drtiče. Stroj je poháněn diesel-elektrickým pohonem, a proto jsou provozní náklady i při vysoké tvrdosti materiálu (čedič až 400 MPa) a produkci okolo 250 t/h výrazně nižší než při použití jiného typu pohonu. Tento druh motoru je svými účinky a efektivitou unikátním systémem. Po drcení kamene následuje třídění, kterým se rozdrčený materiál rozdělí podle velikosti. zrn na štěrk, drť, písek apod. Třídící zařízení je součástí mobilního drtiče.

#### **4.2.4 Rozprostírání**

Po smíchání směsi a její distribuci na pozemek bagrem, bylo přistoupeno k rozprostírání směsi. K rozprostírání byl použit finišer a grejdr. Rozprostírání bylo minimálně v jedné vrstvě, v lokalitách s vysokou nerovností ve více vrstvách.



Rozprostírání směsi mělo toto omezení:

- pokládka se prováděla jen za příznivého počasí, při dlouho trvajícím dešti nebo teplotách  $< 0^{\circ}\text{C}$  byly práce přerušeny,
- navýšení vrstvy v nerovnostech bylo mezi 10-20%,
- pro cementobetonový kryt bylo vytvořeno rozšíření 35-50 cm na každé straně,



**Obrázek 10 - grejdr použitý na stavbě - zdroj: vlastní**

Grejdr je samojízdný stavební stroj určený ke srovnávání velkých ploch při zemních pracích. Typické grejdry jsou třínápravové. Mnohem méně rozšířené jsou malé, dvounápravové grejdry. Motor a kabina řidiče se nachází zpravidla nad vzadu umístěnými dvěma nápravami. Třetí, přední náprava je řiditelná. Uprostřed, mezi nápravami se nachází široká radlice. Radlice je u většiny grejdrů otočná o  $360^{\circ}$  kolem svislé osy, výškově nastavitelná, výsuvná do boků a na obě strany výkyvná. Před přední nápravou může být umístěna další radlice použitelná pro hrubší práce.

Typická oblast nasazení grejdrů je v silničním a železničním stavitelství pro srovnávání zemní pláně zemního tělesa, např. násypu, před jeho hutněním a položením krytu vozovky, železničního svršku, apod.

Grejdry se rozlišují, tak jako ostatní stavební stroje, podle hmotnosti. Další rozlišovací hlediska mohou být podle výkonu motoru a šířky radlice.

Finišér je stroj používaný především v silničním stavitelství pro pokládku živičných (asfaltových), betonových a jiných zpevněných ploch. Tento stroj pracuje v podstatě tak, že do tzv. koše vysype nákladní vozidlo materiál, na dně koše jsou většinou dva pásy ve tvaru žebříku, které dopravují materiál před hladicí lištu (žehličku). Pomocí příčné šroubovice se tento materiál dostane na celou šířku hladicí lišty. Pak se materiál dostane mezi podklad a hladicí lištu, která zajistí primární zhutnění materiálu a rovnoměrné rozložení materiálu na podkladní ploše. Finišéry mohou pokládat materiál v šířce od 0,5 - 16 metrů, dle typu užitého stroje. Pracovní šířka stroje je vždy variabilní díky teleskopické hladicí liště.



**Obrázek 11 - finišér využitý na stavbě - zdroj: Dušan Stehlík - Praktické aplikace v pozemních komunikacích**



#### 4.2.5 Hutnění

S hutněním se začalo ihned po rozprostření směsi. Pro hutnění byly použity vibrační válce se sníženým třením mezi trny. Následně pneumatikový válec pro uzavření povrchu. Pro malé plochy byly využity vibrační desky.

Rychlost pojezdu byla 2-3 km/h, hutnění se provádělo podélnými pojezdy v jedné stopě.

Vibrační válec patří mezi hutnicí stroje, tj. stroje určené pro hutnění zemin nebo živců (asfaltů). Oproti statickému válci působí vibrační válec na podloží svojí statickou vahou, ale navíc i dynamickou silou vyvolanou vibrujícím běhounem. Běhoun je pracovním nástrojem válce. Běhoun se skládá z ocelového pláště a je vybaven hydraulicky poháněným vibrátorem, který vyvolává vibraci běhounu. Běhoun je ke stroji upevněn prostřednictvím gumokovů, které zachycují vibrace a zabraňují jejich přenosu do nosné části stroje.

Pneumatikový válec se vyznačuje jedinečnou schopností hnětacího účinku. Výsledkem konstantního statického pohybu vlastní hmotnosti a pružnosti pneumatik je trvalý účinek udusání a utěsnění. Tento účinek umožňuje využít stroj pro velké množství hutnicích činností, od hutnicích asfaltových směsí až po hutnicí operace na půdě. Schopnost zatížení a centrální systém umožňují přesné nastavení parametrů a nejlepší výsledky kompresního systému.

Vibrační deska patří mezi hutnicí stroje, tj. stroje určené pro hutnění zemin nebo živců (asfaltů). Pracovní částí je ocelová nebo ocelolitinová deska (též plotna), na které je umístěn vibrátor, nejčastěji poháněný spalovacím motorem. Vlivem vibrací se deska pohybuje a současně tyto vibrace přenáší na hutněný materiál. Obdobný stroj v menším provedení a se svislejší rukojetí (podobný pneumatickému sbíjecímu kladivu, s nímž je někdy kombinovatelný) se nazývá vibrační pěch.

#### 4.2.6 Zkoušení

Tato práce se prováděla zkoušením na dvou místech. Statická dynamická zkouška byla prováděna přímo na stavbě. Ostatní zkoušky byly prováděny v laboratoři. Výsledky zkoušek budou prezentovány v následných odstavcích.



Obrázek 12 - provádění statické dynamické zkouška - zdroj: vlastní

### 4.3 Výsledky zkoumaných směsí

Na odebraných vzorcích zeminy byla provedena série zkoušek tak, aby zkoušené materiály bylo možné použít pro zemní práce HTÚ (zeminová deska). S ohledem na výsledky provedených zkoušek úpravy zemin byl zpracován návrh skladby násypu pro únosnost upravené zeminy min. 60Mpa.

#### 4.3.1 Vlhkost

Vlhkost zkoumané směsi odpovídala metodice dle ČSN EN 17982-1, pokud bylo potřeba, pak se vzorky vysušovaly při teplotě 105-115 °C v laboratorním sušícím zařízení.

### 4.3.2 Zrnitost

Zrnitost se stanovuje zjištěním jednotlivých podílů užšího zrnění, převedeno na procenta vzhledem k hmotnosti vzorku.



Obrázek 13 - laboratorní sestava sít sloužící ke stanovení zrnitosti - zdroj: vlastní

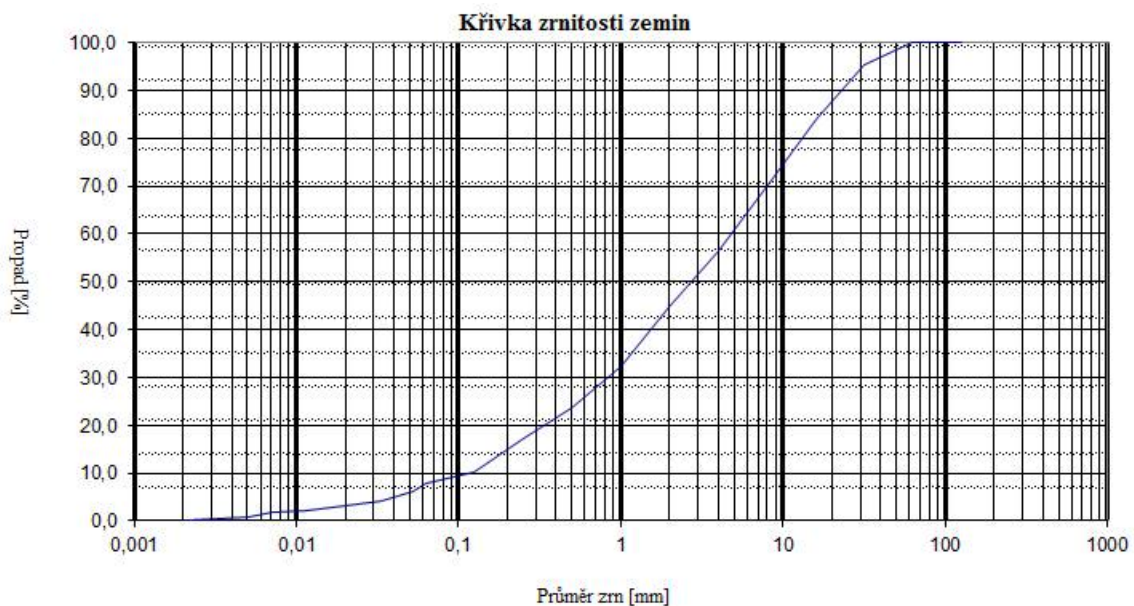
Výsledek je nejčastěji znázorněn graficky v podobě křivky zrnitosti, která je součtovou čarou hmotností jednotlivých frakcí vykreslenou do rastru s vodorovnou logaritmickou stupnicí (průměry zrn) a svislou lineární stupnicí (procenta zrn propadlých sítím daného průměru).

Podíl zrn nad 0,063 mm se stanovil proséváním přes normovou sadu sít. Velikost zrn pod 0,063 mm byla zjištěna nepřímo na základě proměnlivé rychlosti jejich sedimentace v suspenzi, tzv. hustoměrnou metodou podle zkoušek ČSN EN 17892-4.

Hustoměrná zkouška byla prováděna pro zrna pocházející sítím 0,2 mm. Zkouška je založena na principu Stokesova usazovacího zákona.

#### 4.3.2.1 Sítový rozbor směsi 0/63

Směs s menší frakční velikostí 0/63 vykazovala následující velikost zrn:



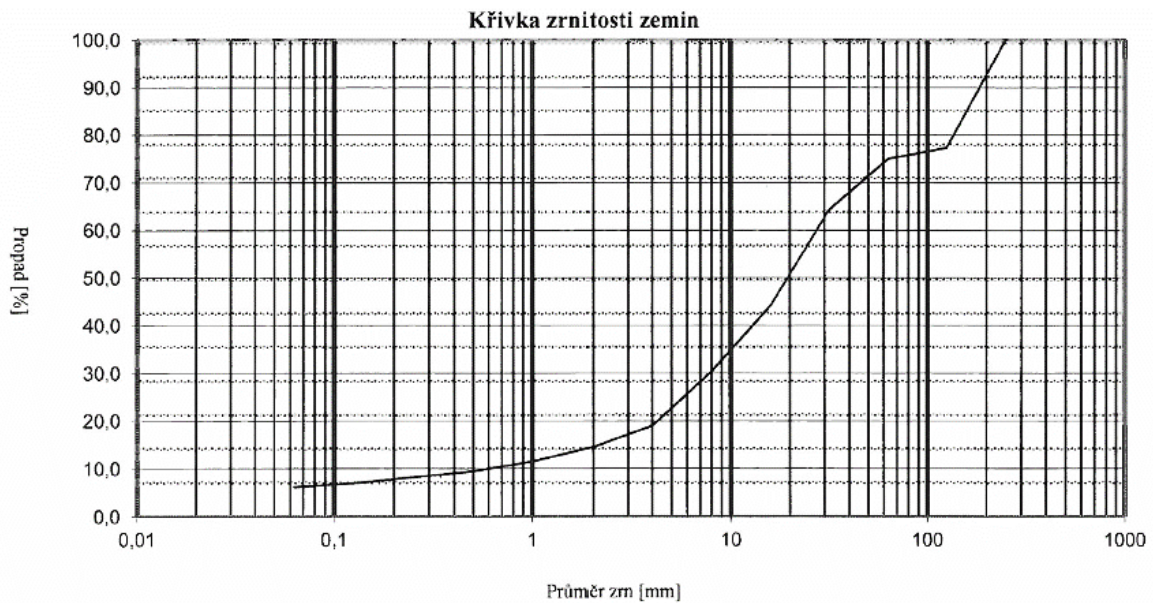
Obrázek 14 - křivka zrnitosti 0/63- zdroj: vlastní

#### 4.3.2.2 Sítový rozbor zrnitosti 0/125

Jak již bylo řečeno, pro srovnání byla ještě použita jedna křivka zrnitosti, s maximální velikostí zrn 0,125 mm.

Strukturu směsi zobrazuje následující křivka zrnitosti:





**Obrázek 15 - křivka zrnitosti 0/125- zdroj: vlastní**

Granulometrické složení směsi ve složení 0/63 ukázalo, že směs bude vysoce namrzavá, avšak bude méně nebezpečná na nepropustnost. Směs obsahovala vysoký podíl jemných částic. Směs 0/125 ukázala vyšší podíl šterku, avšak hrubozrná nebyla. Z hustoměrné zkoušky navíc vyplynulo, že směs nemá velký podíl jílových zemin, tudíž není příliš znečištěná namrzavými zeminami.

#### **4.3.2.3 Obsah jemných částic**

Pro nestmelené směsi je důležité procento částic, které propadnou sítím 0,063 (jemné částice), stanovené podle EN 933-1. Typicky pro nestmelené pro jednotlivé kategorie UF má být podíl jemných částic 3 až 15% hm. Pokud se požaduje minimální množství jemných částic je v ČSN EN 13285 popsán ve třech kategoriích LF min. 2 až min.8% hm.

Kategorie se zvolí tak, aby rozdíl mezi maximálním obsahem jemných částic a minimálním obsahem jemných částic nebyl menší než 3 %.

Casagrandeho kritérium (podíl částic < 0,02 mm < 3 %) bylo splněno jen u vrstvy s kamenivem 0/125.

### 4.3.3 Statická zatěžovací zkouška

Zkouška byla prováděna pro oba druhy zrnitosti. Zkouška je prováděna dle standardu ČSN 72 1006 Kontrola hutnění zemin a sypanin. Zkouška se používá ke stanovení míry zhutnění a k ověření deformačních charakteristik předepsaných dokumentací stavby, jako:

- modulu přetvárnosti z druhého zatěžovacího cyklu  $E_{def,2}$
- poměru modulů přetvárnosti  $E_{def,2}/E_{def,1}$

Moduly přetvárnosti  $E$  a jejich poměr jsou uvedeny níže. Směs s větší zrnitostí vykazovala větší moduly přetvárnosti, avšak podíl modulů mezi jednotlivými zatíženími vycházel příznivěji jemnější směsi.

### 4.3.4 SZZ pro zrnitost 0/63

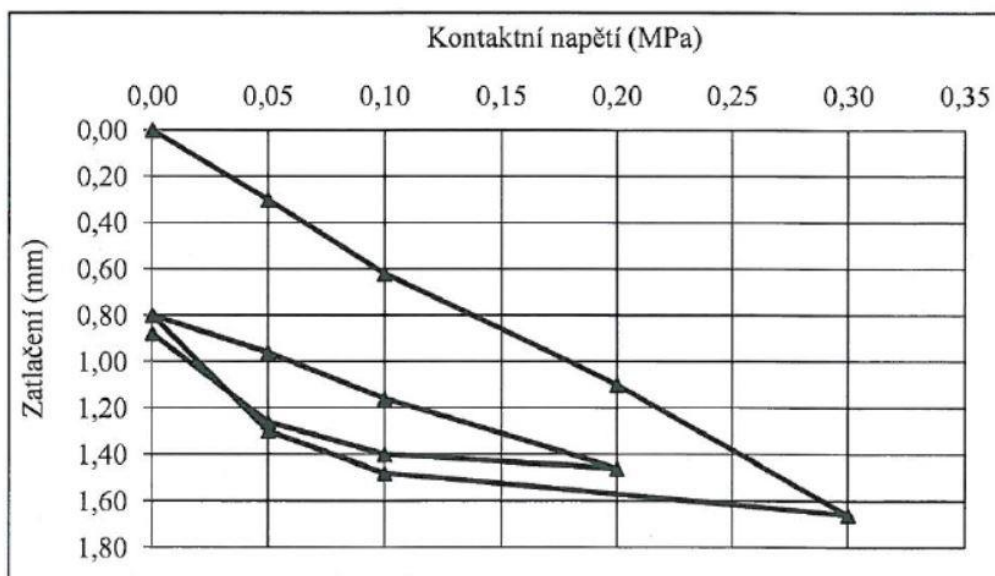
První byl zkoušen materiál se zrnitostí 0/63mm, odebraní při 3°C zatažené obloze.

Zatěžovací cykly byly stanoveny:

První zatěžovací cyklus $E_{def,1}$	56,1	MPa
Druhý zatěžovací cyklus $E_{def,2}$	89,7	MPa
$E_{def,2} / E_{def,1}$	1,60	

Obrázek 16 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 - zdroj: vlastní

Při zatížení byla zemina stlačována podle následujícího průběhu:



Obrázek 17 - stlačení zeminy 0/63 při zatížení - zdroj: vlastní

Výsledné napětí a zatlačení ukazuje tabulka:

Tabulka 2 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 - zdroj: vlastní

Napětí p MPa	Zatlačení y mm
0,00	0,00
0,05	0,30
0,10	0,62
0,20	1,10
0,30	1,66
0,10	1,48
0,05	1,30
0,00	0,80
0,05	0,96
0,10	1,16
0,20	1,46
0,10	1,40
0,05	1,26
0,00	0,88

#### 4.3.5 SZZ pro zrnitost 0/125

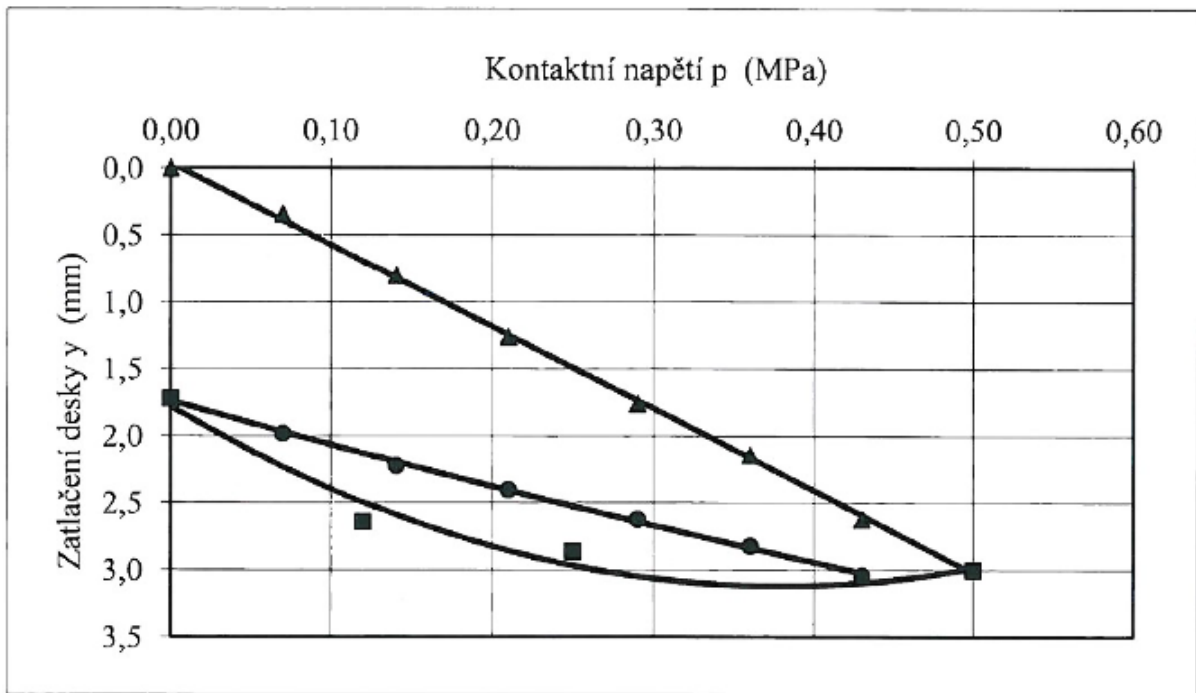
Podíváme-li se na druhou skladbu zrnitosti 0/125, pak dosáhneme lepších výsledků. Zkoušení bylo provedeno na vzorku odebraném při 13°C jasné obloze.

Zatěžovací cykly byly stanoveny:

První zatěžovací cyklus $E_{def,1}$	36,0	MPa
Druhý zatěžovací cyklus $E_{def,2}$	75,3	MPa
$E_{def,2} / E_{def,1}$	2,09	

Obrázek 18 - zatěžovací cykly zeminy 0/125 - zdroj: vlastní

Při tomto zatížení byla zemina stlačována podle následujícího průběhu:



Obrázek 19 - stlačení zeminy 0/125 při zatížení - zdroj: vlastní

Výsledek zkouška určil tato zatížení:

Tabulka 3 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 - zdroj: vlastní

Napětí p MPa	Zatlačení y mm
0,00	0,00
0,07	0,34
0,14	0,80
0,21	1,26
0,29	1,76
0,36	2,14
0,43	2,62
0,50	3,00
0,25	2,86
0,12	2,64
0,00	1,72
0,07	1,98
0,14	2,22
0,21	2,40
0,29	2,62
0,36	2,82
0,43	3,04

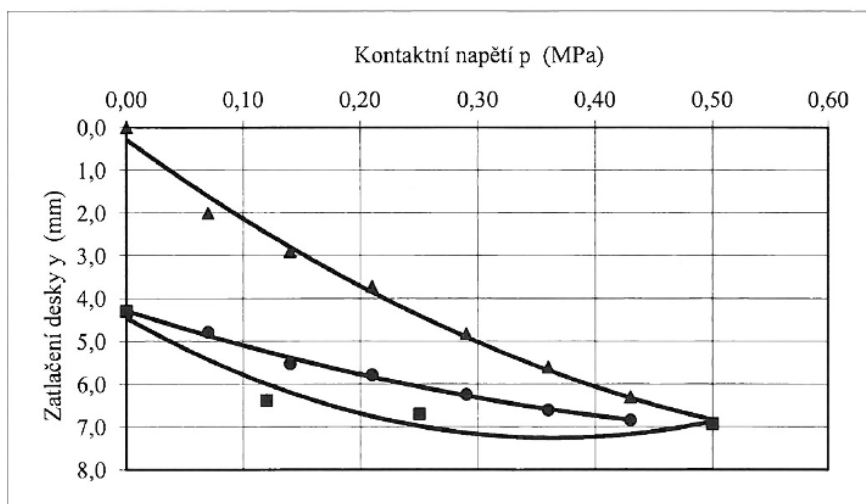


#### 4.3.6 SZZ pro zrnitost 0/63 + 1% CaO

První zatěžovací cyklus $E_{def,1}$	18,7	MPa
Druhý zatěžovací cyklus $E_{def,2}$	37,9	MPa
$E_{def,2} / E_{def,1}$	2,02	

Obrázek 20 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 1% CaO - zdroj: vlastní

Při tomto zatížení byla zemina stlačována podle následujícího průběhu:



Obrázek 21 - stlačení zeminy 0/63 + 1% CaO při zatížení - zdroj: vlastní

Tabulka 4 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 1% CaO- zdroj: vlastní

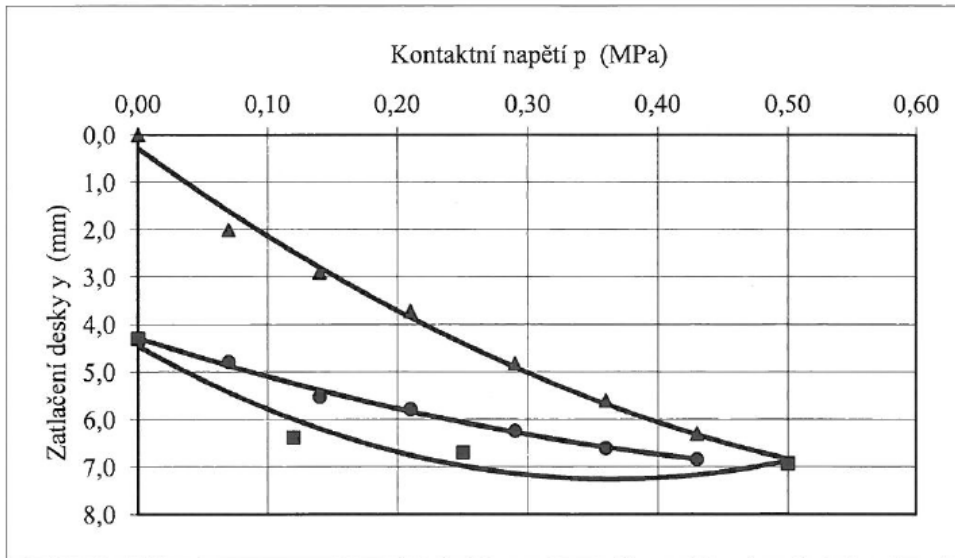
Napětí p MPa	Zatlačení y mm
0,00	0,00
0,07	2,00
0,14	2,90
0,21	3,72
0,29	4,82
0,36	5,60
0,43	6,30
0,50	6,92
0,25	6,70
0,12	6,38
0,00	4,30
0,07	4,78
0,14	5,52
0,21	5,78
0,29	6,24
0,36	6,60
0,43	6,84

#### 4.3.7 SZZ pro zrnitost 0/63 + 2% CaO

První zatěžovací cyklus $E_{def,1}$	34,9	MPa
Druhý zatěžovací cyklus $E_{def,2}$	60,1	MPa
$E_{def,2} / E_{def,1}$	1,72	

Obrázek 22 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 2% CaO - zdroj: vlastní

Při tomto zatížení byla zemina stlačována podle následujícího průběhu:



Obrázek 23 - stlačení zeminy 0/63 + 2 % CaO při zatížení - zdroj: vlastní

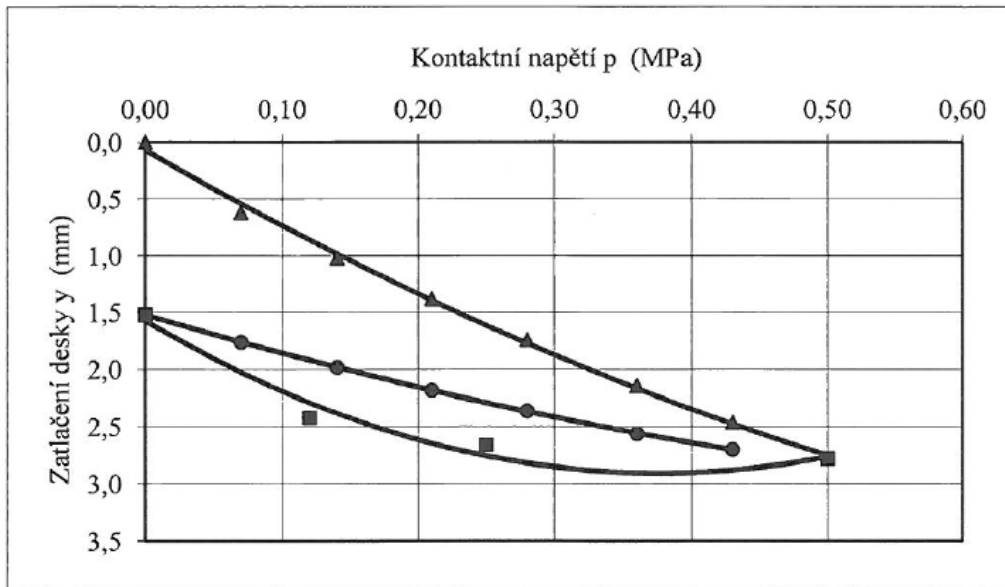
Tabulka 5 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 2% CaO- zdroj: vlastní

Napětí p MPa	Zatlačení y mm
0,00	0,00
0,07	0,68
0,14	1,10
0,21	1,60
0,28	2,10
0,36	2,54
0,43	3,00
0,50	3,36
0,25	3,14
0,12	3,12
0,00	1,46
0,07	1,94
0,14	2,30
0,21	2,56
0,28	2,82
0,36	2,96
0,43	3,12

#### 4.3.8 SZZ pro zrnitost 0/63 + 3% CaO

První zatěžovací cyklus $E_{def,1}$	44,0	MPa
Druhý zatěžovací cyklus $E_{def,2}$	82,0	MPa
$E_{def,2} / E_{def,1}$	1,86	

Obrázek 24 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 3% CaO - zdroj: vlastní



Obrázek 25 - stlačení zeminy 0/63 + 3 % CaO při zatížení - zdroj: vlastní

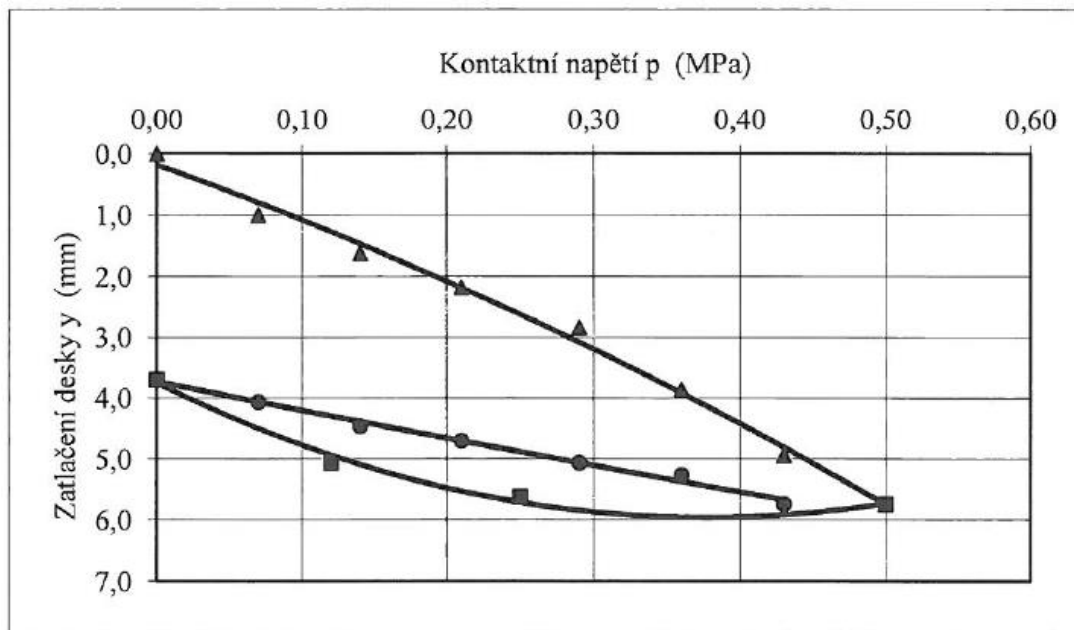
Tabulka 6 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 3% CaO- zdroj: vlastní

Napětí p MPa	Zatlačení y mm
0,00	0,00
0,07	0,62
0,14	1,02
0,21	1,38
0,28	1,74
0,36	2,14
0,43	2,46
0,50	2,78
0,25	2,66
0,12	2,42
0,00	1,52
0,07	1,76
0,14	1,98
0,21	2,18
0,28	2,36
0,36	2,56
0,43	2,70

### 4.3.9 SZZ pro zrnitost 0/63 + 1% vápenný hydrát CL90

První zatěžovací cyklus $E_{def,1}$	21,6	MPa
Druhý zatěžovací cyklus $E_{def,2}$	49,9	MPa
$E_{def,2} / E_{def,1}$	2,31	

Obrázek 26 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 1% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní



Obrázek 27 - stlačení zeminy 0/63 + 1% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní

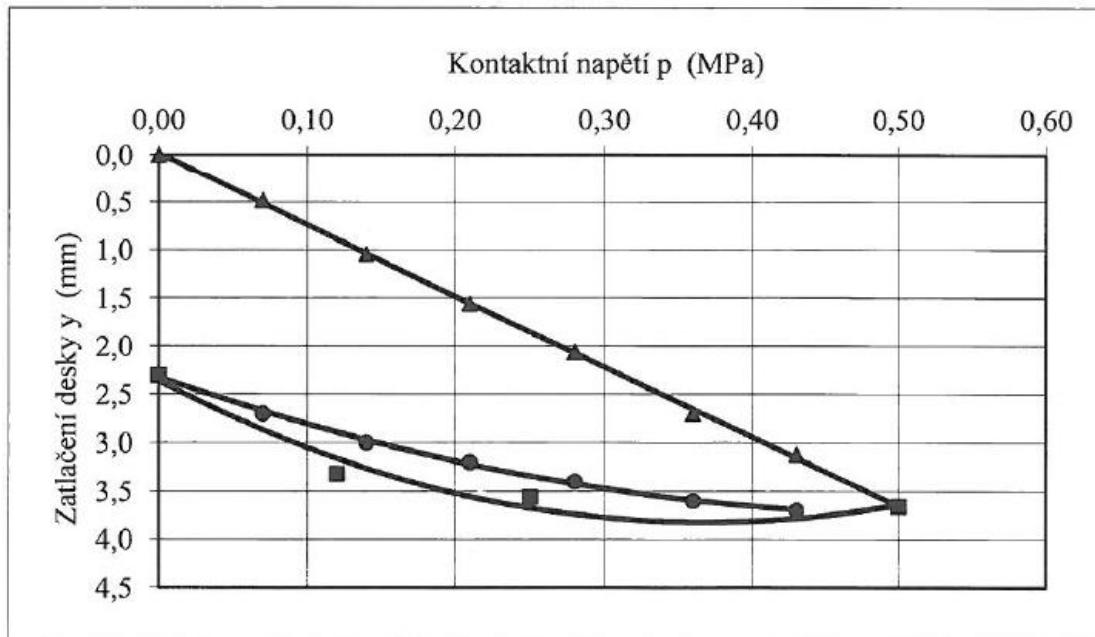
Tabulka 7 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 1% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní

Napětí p MPa	Zatlačení y mm
0,00	0,00
0,07	1,00
0,14	1,62
0,21	2,18
0,29	2,84
0,36	3,86
0,43	4,94
0,50	5,74
0,25	5,62
0,12	5,06
0,00	3,70
0,07	4,06
0,14	4,46
0,21	4,70
0,29	5,06
0,36	5,26
0,43	5,74

#### 4.3.10 SZZ pro zrnitost 0/63 + 2% vápenný hydrát CL90

První zatěžovací cyklus $E_{def,1}$	30,3	MPa
Druhý zatěžovací cyklus $E_{def,2}$	70,7	MPa
$E_{def,2} / E_{def,1}$	2,33	

Obrázek 28 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 2% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní



Obrázek 29 - stlačení zeminy 0/63 + 2% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní

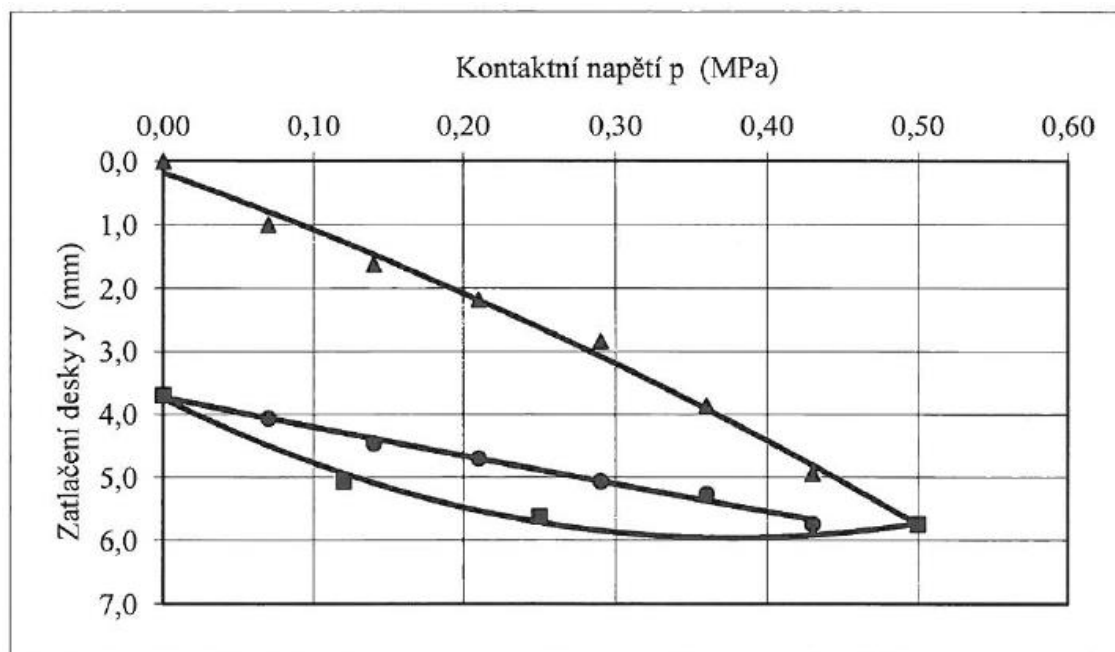
Tabulka 8 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 2% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní

Napětí p MPa	Zatlačení y mm
0,00	0,00
0,07	0,48
0,14	1,04
0,21	1,56
0,28	2,06
0,36	2,70
0,43	3,12
0,50	3,66
0,25	3,56
0,12	3,32
0,00	2,30
0,07	2,70
0,14	3,00
0,21	3,20
0,28	3,40
0,36	3,60
0,43	3,70

### 4.3.11 SZZ pro zrnitost 0/63 + 3% vápenný hydrát CL90

První zatěžovací cyklus $E_{def,1}$	21,6	MPa
Druhý zatěžovací cyklus $E_{def,2}$	49,9	MPa
$E_{def,2}/E_{def,1}$	2,31	

Obrázek 30 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 3% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní



Obrázek 31 - stlačení zeminy 0/63 + 3% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní

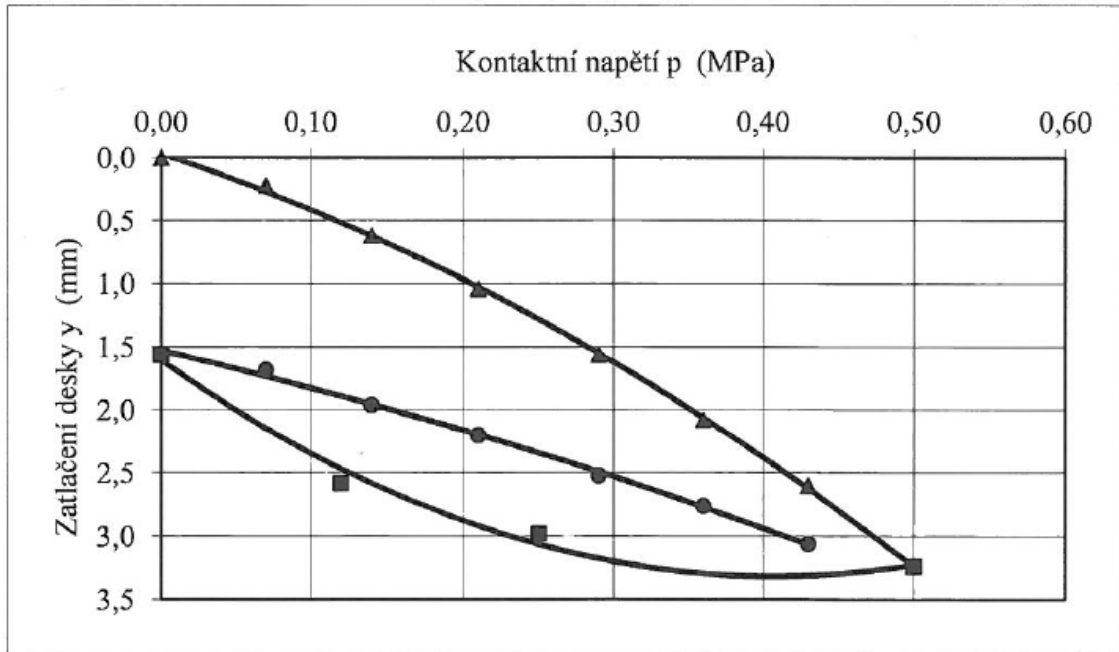
Tabulka 9 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 3% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní

Napětí p	Zatlačení y
MPa	mm
0,00	0,00
0,07	1,00
0,14	1,62
0,21	2,18
0,29	2,84
0,36	3,86
0,43	4,94
0,50	5,74
0,25	5,62
0,12	5,06
0,00	3,70
0,07	4,06
0,14	4,46
0,21	4,70
0,29	5,06
0,36	5,26
0,43	5,74

#### 4.3.12 SZZ pro zrnitost 0/63 + 1% Dorosolu

První zatěžovací cyklus $E_{def,1}$	33,8	MPa
Druhý zatěžovací cyklus $E_{def,2}$	62,9	MPa
$E_{def,2} / E_{def,1}$	1,86	

Obrázek 32 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 1% Dorosolu - zdroj: vlastní



Obrázek 33 - stlačení zeminy 0/63 + 1% Dorosolu - zdroj: vlastní

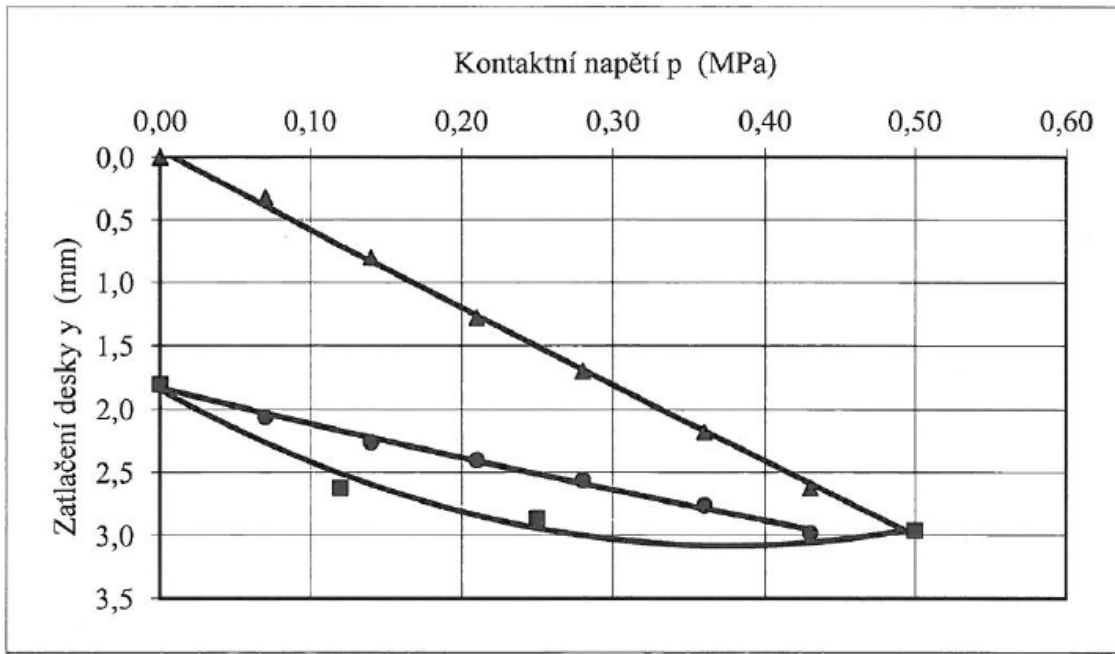
Tabulka 10 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 1% Dorosolu - zdroj: vlastní

Napětí p	Zatlačení y
MPa	mm
0,00	0,00
0,07	0,22
0,14	0,62
0,21	1,04
0,29	1,56
0,36	2,08
0,43	2,60
0,50	3,24
0,25	2,98
0,12	2,58
0,00	1,56
0,07	1,68
0,14	1,96
0,21	2,20
0,29	2,52
0,36	2,76
0,43	3,06

### 4.3.13 SZZ pro zrnitost 0/63 + 2% Dorosolu

První zatěžovací cyklus $E_{def,1}$	35,6	MPa
Druhý zatěžovací cyklus $E_{def,2}$	86,3	MPa
$E_{def,2} / E_{def,1}$	2,42	

Obrázek 34 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 2% Dorosolu - zdroj: vlastní



Obrázek 35 - stlačení zeminy 0/63 + 2% Dorosolu - zdroj: vlastní

Tabulka 11 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 2% Dorosolu - zdroj: vlastní

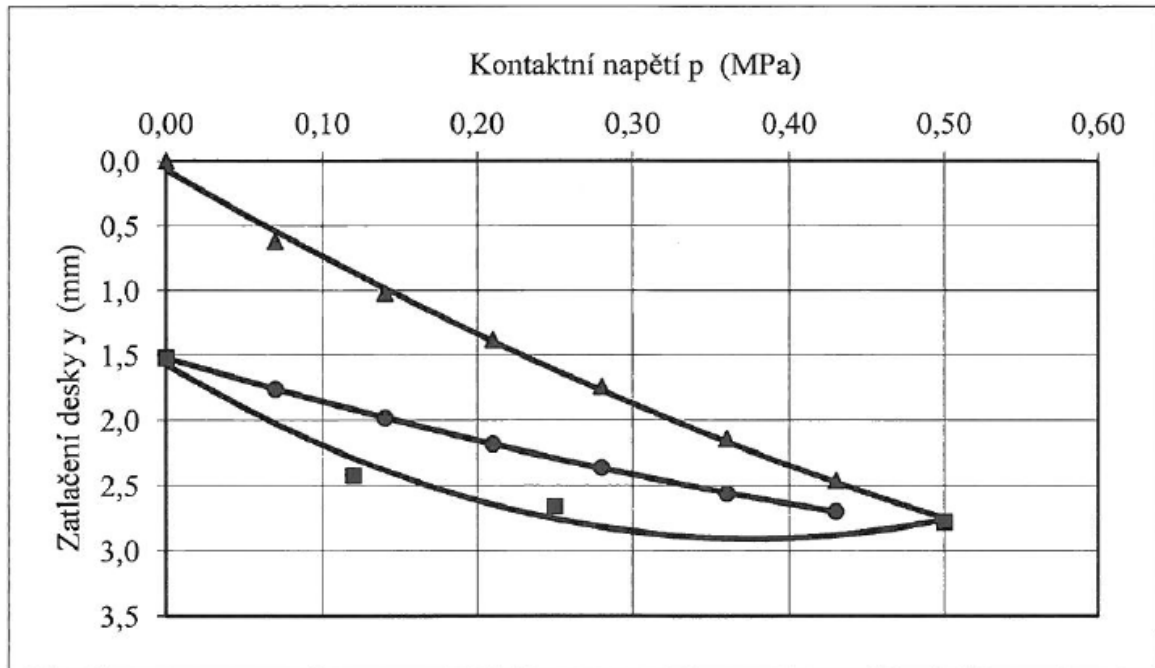
Napětí p MPa	Zatlačení y mm
0,00	0,00
0,07	0,32
0,14	0,80
0,21	1,28
0,28	1,70
0,36	2,18
0,43	2,62
0,50	2,96
0,25	2,86
0,12	2,62
0,00	1,80
0,07	2,06
0,14	2,26
0,21	2,40
0,28	2,56
0,36	2,76
0,43	2,98



#### 4.3.14 SZZ pro zrnitost 0/63 + 3% Dorosolu

První zatěžovací cyklus $E_{def,1}$	53,1	MPa
Druhý zatěžovací cyklus $E_{def,2}$	116,6	MPa
$E_{def,2} / E_{def,1}$	2,20	

Obrázek 36 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 3% Dorosolu - zdroj: vlastní



Obrázek 37 - stlačení zeminy 0/63 + 3% Dorosolu - zdroj: vlastní

Tabulka 12 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 3% Dorosolu - zdroj: vlastní

Napětí p MPa	Zatlačení y mm
0,00	0,00
0,07	0,56
0,14	0,92
0,21	1,24
0,28	1,52
0,36	1,84
0,43	2,08
0,50	2,34
0,25	2,24
0,12	2,08
0,00	1,48
0,07	1,66
0,14	1,80
0,21	1,94
0,28	2,08
0,36	2,20
0,43	2,32

Ve své práci jsem použil pro srovnání ještě vzorek s velikostí zrn 0/125 a 0/63, ke kterému se postupně přidávali příměsi 1-3%.

#### **4.4 Kalkulace nákladů**

V cílech práce bylo stanoveno, že práce má obsahovat rovněž porovnání nákladů při použití dvou druhů kamene. V této kapitole tedy porovnáám jak cenu vstupních surovin, tak také cenu zdrojů.

##### **4.4.1 Cena vstupních surovin a nákladů**

Pro kalkulaci vstupních nákladů jsem využil tyto vstupní údaje:

- stavební plocha – 250 m<sup>2</sup>,
- cena drceného kameniva za 1t:
  - 180 Kč bez DPH,
  - 145 Kč bez DPH,
- cena za příměsi do 1t:
  - vápno Vitošov CL80 – 75 Kč,
  - vápenný hydrát Carmeuse CL90 – 82 Kč,
  - Dorosol C50 – 95 Kč,
- práce čelistového drtiče:
  - výkon – 550 t za 8h práce,
  - 1t stojí 80 Kč,
- práce pásového bagru:
  - objem lžíce – 1,6 m<sup>3</sup>,
  - výkon – 600t za 8h práce,
  - cena – 1200 Kč/h,
- práce pásového nakladače:
  - objem lžíce – 2,5 m<sup>3</sup>,
  - výkon – 800t za 8h práce,
  - cena 1250 Kč/h,
- práce finišeru a grejdru:
  - cena – 1200 Kč/h,
- práce válců:
  - cena 1300 Kč/h.

V cenách jsou započteny částky za pohonné hmoty a cena za práci obsluhy strojů.

#### 4.4.2 Kalkulace

##### 4.4.2.1 Kolik kameniva se zpracuje

Požadovaná minimální mocnost kameniva je 0,4 m. Uvažuji pro vyrovnaní nerovností maximální tloušťku 0,6 m. Což pro plochu 250 m dělá objem 150 m<sup>3</sup> kameniva.

Měrnou hmotnost volně sypaného kameniva uvažuji 2850 Kg/m<sup>3</sup>. Tedy pro 150 m<sup>3</sup> potřebuji 427,5 t, což zaokrouhluji na 450 t.

##### 4.4.2.2 Kolik příměsí je třeba

Ve zkouškách jsem používal směsi s 1-3% hm. látek obsahující CaO, což tedy k 450t dělá:

- 1% příměs má 4,5 t,
- 2% příměs má 9 t,
- 3% příměs má 13,5t.

Nejlepší bude, když si příměsí dáme do tabulky a ceny v tabulce pronásobíme:

Tabulka 13 - kalkulační příměsí - zdroj: vlastní

Příměs	1%	2%	3%
vápno Vitošov CL80	337,5 Kč	675 Kč	1012,5 Kč
vápenný hydrát Carmeuse CL90	369 Kč	738 Kč	1107 Kč
Dorosol C50	427,5 Kč	855 Kč	1282,5 Kč

Z tabulky je zřejmé, že nejdražší je použití Dorosolu, avšak právě tato příměs ukazovala při laboratorních zkouškách nejlepší vlastnosti.

##### 4.4.2.3 Práce strojů

Bez ohledu na použité suroviny, práce pro jakoukoliv směs (vyjma drtiče) je stejná. Čelistový drtič budeme pro směs 0/125 potřebovat 1 den, pro 0/63 dva dny. Tedy pro 450t:

Čelistový drtič 450x80 je 36 000 Kč pro směs 0/125, 72 000 Kč pro směs 0/63, protože jím kamenivo projde 2x.

Pásový bagr, který podává kamenivo do drtiče, bude zpracovávat 450 t kameniva 6 hodin (protože za 8h udělá 600 t). V případě kameniva 0/63, to bude 12h, což odpovídá 14 400 Kč. Pro směs 0/125 to bude poloviční čas i náklady, tedy 7 200 Kč.

Mísení směsi bude probíhat v drtiči. Tedy cenu za mísení nemusím připočítat.

Pásový nakladač bude využit až při rozprostírání směsi, tedy jeho kalkulace není ovlivněna velikostí zrn směsí ani množstvím příměsí. Počítá se obdobně – 450 t kameniva naloží za 4,5h, tedy jeho práce bude stát 5 625 Kč.

Práce grejdru, válce nebo nákladních aut, které se využívají na stavbě se vypočte stejně. Výpočet v práci již uvádět nebudu, na to jaký druh vrstvy použijeme to nemá vliv.

Obecně lze ale vypočítat, že každý stroj budeme používat jeden celý den. Tedy 8h x cenová sazba uvedená v kapitole 4.4.1.

## 4.5 Závěr

Vrstvy ze směsí stmelých hydraulickými pojivy mají relativně vysoký modul pružnosti, ale nízkou pevnost – jsou „křehké“. Naproti tomu u nestmelých materiálů je dominantní složkou pevnosti ve smyku vnitřní tření. Koheze, pokud existuje, je způsobená kapilárními silami vlivem vlhkosti a její velikost je zanedbatelná (tzv. nepravá koheze). Proto v nich i při malé deformaci vznikají velká napětí a dojde k porušení vrstvy.

Při první zatěžovací zkoušce na frakci 0/63 bez příměsí byla naměřena SZZ 56 MPa, což bylo nevyhovující. Teoretické východisko práce požadovalo minimálně 60 MPa.

Po tomto zjištění jsem přistoupil ke zlepšení pevnostních vlastností použitím příměsí. Výběrem tří druhů příměsí a tří druhů koncentrace jsem zjišťoval nejlepší kombinaci. Jako příměsí jsem zvolil CaO, vápenný hydrát a Dorosol při dávkování 1, 2 a 3% hmotnosti směsi.

Frakce 0/63 prokazovala velkou náchylnost k namrzání, proto zde doporučuji použít maximální zkoušený podíl příměsí 3%. I ze SZZ vyšla tato kombinace jako nejlepší množství příměsí.

Podívám-li se na výsledky kalkulací, pak práce po smíchání směsi bude nezávislá na velikosti zrn a množství příměsí. Pro oba druhy kameniva s jakýmkoliv množstvím příměsí bude pracnost stejná. Tedy tímto se v úvaze řídit nebudu.

Ekonomicky rozhodující je množství příměsí. Zde je nejdražší DOROSOL, který ovšem při zkouškách 0/63 prokazoval nejlepší výsledky. Podívám-li se však na cenu, pak při 1% množství je cenový rozdíl mezi nejlevnější příměsí a nejdražší pouhých 90 Kč. Při 3% příměsí je to 3x více, tedy 270 Kč.

Daleko větších rozdílů je však dosaženo při drcení. Čelistový drtič pro směs 0/125 bude pracovat za 36 000 Kč pro směs 0/63 bude pracovat za 72 000 Kč, protože jím kamenivo projde 2x. Stejně tak bagr. V případě kameniva 0/63, to bude 14 400 Kč. Pro směs 0/125 to bude poloviční čas i náklady, tedy 7 200 Kč.

Bez ohledu na směs, ekonomicky výhodnější je větší kamenivo 0/125. U kameniva 0/125 doporučuji příměs 3% a to suroviny DOROSOL. Cenový rozptyl je na rozdíl od velikostí zrn poměrně zanedbatelný.

Ze statické zatěžovací zkoušky a modulů přetvárnosti vyplývá, že výsledná směs ani v jenom měření nebyla písčítá. Moduly pružnosti ukazovaly na šterkopísek nebo šterkodrt'. Protože pozemek neslouží jako vysoce zátěžová oblast (jako je tomu například u dálnic, železnic, nebo výškových staveb), všechny naměřené hodnoty vyhovovaly využití. Ať už jako stavebnímu pozemku nebo příjezdové komunikaci.

## 5 Bibliography

1. **Stehlík, Dušan.** Praktické aplikace v pozemních komunikacích: Modul 07 Nestmelené podkladní vrstvy. [Online] Vysoké učení technické v Brně: Fakulta stavební, 2006.

[Citace: 08.03.2015.] <http://lences.cz/skola/subory/-%20%20PREDMETY%20%20%28semester%20I%20-%2010%29%20-%20-6-semester/-%20BM02%20-%20Pozemni%20komunikace%20II/Prednasky/T%C3%A9ma%203%20text%20-%20Nestmelen%C3%A9%20podkladn%C3%AD%20vrstvy.pdf>.

2. **Veber, Jaromír.** *Management kvality a environmentu.* Praha : Vysoká škola ekonomická v Praze, Fakulta podnikohospodářská, 2004. ISBN 80-245-0765-X.

3. **Drucker, Peter F.** *Inovace a podnikavost.* Praha : Management Press, 1993. ISBN 80-85603-29-2.

4. **Donnelly, J. H., Gibson, J. L. a Ivancevich, J. M.** *Management.* Praha : Grada, 1997. 80-7169-422-3.

5. **Bělohlávek, F., Košťan, P. a Šuleř, O.** *Management.* Olomouc : Rubico, 2001. ISBN 80-85839-45-8.

6. **Wisniewski, M.** *Metody manažerského rozhodování.* Praha : Grada Publishing, 1994. ISBN - 80-7169-089-9.

7. **Whiteley, R. C.** *Podnik řízený zákazníkem.* Praha : VICTORIA PUBLISHING, 1991. ISBN 80-85605-69-4.

8. **Nenadál, J.** *Měření efektivnosti zvyšování kvality.* Brno : Nakladatelství Svoboda, 1986. ISBN 25-021-86.

9. **Myslivec, Alois.** *Mechanika zemin.* Praha : České vysoké učení technické v Praze, 1964.

10. **Zapletal, Vratislav, Mencl, Vojtěch a Rosa, Vojtěch.** *Stavební látky.* Brno : Vysoké učení technické, 1991.

11. **Česko. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.** ČSN EN 13285 (736155) *A Nestmelené směsi - Specifikace.*
12. **Kratochvíl, Miloš.** *Mechanika zemin - cvičení.* Bratislava : ALFA, vydavatel'stvo technickej a ekonomickej literatúry, 1982.
13. **Weiglová, Kamila.** *Mechanika zemin - návody a příklady do cvičení.* Brno : Vysoké učení technické v Brně, 1993. ISBN 80-214-0488-4.
14. **Česko. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví.** ČSN EN 923-3 (72 1186) *Zkoušení všeobecných vlastností kameniva - Část 3: Postup a názvosloví pro jednoduchý petrografický popis.*
15. —. ČSN EN 932-5 (72 1192) *Zkoušení všeobecných vlastností kameniva - Část 5: Běžné zkušební zařízení a kalibrace.*
16. —. ČSN EN 933-1 (72 1183) *Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 1: Stanovení zrnitosti - Síťový rozbor.*
17. —. ČSN EN 933-4 (72 1193) *Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 4: Stanovení tvaru zrn - Tvarový index.*
18. —. ČSN EN 933-8 (72 1193) *Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 8: Posouzení jemných částic - Zkouška ekvivalentu písku.*
19. —. ČSN EN 933-9 *Zkoušení geometrických vlastností kameniva - Část 9: Posouzení jemných částic - Zkouška methylenovou modří.*
20. —. ČSN EN 1097-2 (72 1194) *Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností kameniva - Část 2: Metody pro stanovení odolnosti proti drcení.*
21. —. ČSN EN 1097-6 (72 1194) *Zkoušení mechanických a fyzikálních vlastností - Část 6: Stanovení objemové hmotnosti zrn a nasákavosti.*
22. —. ČSN EN 1367-1 (72 1195) *Zkoušení odolnosti kameniva vůči teplotě a zvětrávání - Část 1: Stanovení odolnosti proti zmrazování a rozmrazování.*
23. —. ČSN EN 1367-2 (72 1195) *Zkoušení odolnosti kameniva vůči teplotě a zvětrávání - Část 2: Zkouška síranem hořečnatým.*



24. —. ČSN EN 1367-3 (72 1195) *Zkoušení odolnosti kameniva vůči teplotě a zvětrávání - Část 3: Zkouška varem pro rozpadový čedič.*
25. —. ČSN EN 1744-1 (72 1196) *Zkoušení chemických vlastností kameniva - Část 1: Chemický rozbor.*
26. —. ČSN EN 1744-3 (72 1196) *Zkoušení chemických vlastností kameniva - Část 3: Příprava výluhu loužením kameniva.*
27. —. ČSN EN 13242 - *Kamenivo nestmelené a stmelené hydraulickým pojivem pro inženýrské stavby a silnice.*
28. **Král, Bohumil a a další.** *Manažerské účetnictví.* Praha : Management Press, 2002. ISBN 80-7261-062-7.
29. **Heralová, Renata, Novák, Jiří a Nováková, Jaroslava.** *Ceny, náklady, kalkulace.* Praha : České vysoké učení technické, 2000. ISBN 80-01-02252-8.
30. **Macík, Karel.** *Kalkulace nákladů - základ podnikového controlling.* Ostrava : MONTANEX, 1999. ISBN 80-7225-002-7.

## 6 Seznam obrázků

Obrázek 1 - kritérium filtrace a propustnosti, zdroj: Dušan Stehlík - Praktické aplikace v pozemních komunikacích.....	19
Obrázek 2 - Proctorova zkouška zhutnění - zdroj:vlastní .....	20
Obrázek 3 Standardní a modifikovaní Proctorova zkouška, zdroj: Dušan Stehlík - Praktické aplikace v pozemních komunikacích .....	21
Obrázek 4 - schéma triaxonomického smykového přístroje - zdroj: Weiglová, Kamila. Mechanika zemin .....	21
Obrázek 5 - schéma smykového krabicového přístroje - zdroj: Weiglová, Kamila. Mechanika zemin .....	22
Obrázek 6 - vyhodnocení smykových zkoušek - zdroj: Weiglová, Kamila. Mechanika zemin .....	22
Obrázek 7 - letecký snímek místa výstavby - zdroj:Googele Maps.....	27
Obrázek 8 – fotografie z místa stavby - zdroj: vlastní .....	28
Obrázek 9 - stroje pro přípravu směsi - zdroj: vlastní.....	29
Obrázek 10 - grejdr použitý na stavbě - zdroj: vlastní .....	31
Obrázek 11 - finišer využitý na stavbě - zdroj: Dušan Stehlík - Praktické aplikace v pozemních komunikacích.....	32
Obrázek 12 - provádění statické dynamické zkouška - zdroj: vlastní.....	34
Obrázek 13 - laboratorní sestava sít sloužící ke stanovení zrnitosti - zdroj: vlastní .....	35
Obrázek 14 - křivka zrnitosti 0/63- zdroj: vlastní .....	36
Obrázek 15 - křivka zrnitosti 0/125- zdroj:vlastní .....	37
Obrázek 16 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 - zdroj: vlastní .....	38
Obrázek 17 - stlačení zeminy 0/63 při zatížení - zdroj: vlastní.....	38
Obrázek 18 - zatěžovací cykly zeminy 0/125 - zdroj: vlastní .....	39
Obrázek 19 - stlačení zeminy 0/125 při zatížení - zdroj: vlastní.....	40
Obrázek 20 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 1% CaO - zdroj: vlastní .....	41
Obrázek 21 - stlačení zeminy 0/63 + 1 % CaO při zatížení - zdroj: vlastní.....	41
Obrázek 22 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 2% CaO - zdroj: vlastní .....	42
Obrázek 23 - stlačení zeminy 0/63 + 2 % CaO při zatížení - zdroj: vlastní.....	42
Obrázek 24 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 3% CaO - zdroj: vlastní .....	43
Obrázek 25 - stlačení zeminy 0/63 + 3 % CaO při zatížení - zdroj: vlastní.....	43
Obrázek 26 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 1% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní.....	44

Obrázek 27 - stlačení zeminy 0/63 + 1% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní .....	44
Obrázek 28 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 2% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní.....	45
Obrázek 29 - stlačení zeminy 0/63 + 2% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní .....	45
Obrázek 30 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 3% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní.....	46
Obrázek 31 - stlačení zeminy 0/63 + 3% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní .....	46
Obrázek 32 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 1% Dorosolu - zdroj: vlastní.....	47
Obrázek 33 - stlačení zeminy 0/63 + 1% Dorosolu - zdroj: vlastní .....	47
Obrázek 34 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 2% Dorosolu - zdroj: vlastní.....	48
Obrázek 35 - stlačení zeminy 0/63 + 2% Dorosolu - zdroj: vlastní .....	48
Obrázek 36 - zatěžovací cykly zeminy 0/63 + 3% Dorosolu - zdroj: vlastní.....	49
Obrázek 37 - stlačení zeminy 0/63 + 3% Dorosolu - zdroj: vlastní .....	49

## 7 Seznam tabulek

Tabulka 1 - používané nestmelené směsi podle zrnitosti, zdroj: ČSN EN 13285 .....	14
Tabulka 2 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 - zdroj: vlastní.....	39
Tabulka 3 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 - zdroj: vlastní.....	40
Tabulka 4 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 1% CaO- zdroj: vlastní.....	41
Tabulka 5 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 2% CaO- zdroj: vlastní.....	42
Tabulka 6 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 3% CaO- zdroj: vlastní.....	43
Tabulka 7 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 1% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní .....	44
Tabulka 8 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 2% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní .....	45
Tabulka 9 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 3% vápenný hydrát CL90 - zdroj: vlastní .....	46
Tabulka 10 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 1% Dorosolu - zdroj: vlastní .....	47
Tabulka 11 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 2% Dorosolu - zdroj: vlastní .....	48
Tabulka 12 - výsledek statické dynamické zkoušky 0/63 + 3% Dorosolu - zdroj: vlastní .....	49
Tabulka 13 - kalkulace příměsí - zdroj: vlastní.....	51