

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 – Zemědělství  
Studijní obor: Zemědělská technika: obchod, servis a služby  
Katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky  
Vedoucí katedry: Ing. Luboš Smutný, Ph.D.

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
Návrh přípravku k testování utužení půdy na  
univerzálním zkušebním stroji

Vedoucí bakalářské práce: Mgr. Tomáš Zoubek  
Autor bakalářské práce: Jan Boček

České Budějovice, 2020

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2018/2019

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Jan BOČEK  
Osobní číslo: Z17247  
Studijní program: B4131 Zemědělství  
Studijní obor: ZDTb-16 – specializace Zemědělská technika  
Téma práce: Návrh přípravku k testování utužení půdy na univerzálním zkušebním stroji  
Zadávací katedra: Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

### Zásady pro vypracování

Student v rámci své bakalářské práce navrhne přípravek k testování utužení půdy na univerzálním zkušebním stroji.

Cílem této práce je navrhnout a zhotovit přípravek k testování utužení půdy na univerzálním zkušebním stroji s přihlédnutím k parametrům testovacího stroje a specifickému chování zeminy při stlačování.

V teoretické části práce student představí univerzální zkušební stroj, shrne dosavadní poznatky v dané problematice a přiblíží chování půdy při utužování.

V praktické části práce by měl student:

- navrhnout a zhotovit prvotní přípravek k testování utužení půdy na univerzálním zkušebním stroji
- otestovat prvotní přípravek a optimalizovat jej
- vyhotovit technickou dokumentaci k finálnímu návrhu přípravku

Rozsah pracovní zprávy: 30 – 40 stran  
Rozsah grafických prací: dle potřeby  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická

Seznam doporučené literatury:

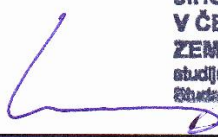
- Frouz, J., Šourková, M., Frouzová, J. (2003): Fyzikální vlastnosti půdy a jejich interakce s půdními organismy a kořeny rostlin. České Budějovice: Ústav půdní biologie AV ČR, 156s.
- Kovaříček, P. (2014): Systém hospodaření s cílem omezit nežádoucí zhutnění půdy a zvýšit propustnost půdy pro vodu. Praha: Výzkumný ústav zemědělské techniky, 40s. Uplatněná certifikovaná metodika. ISBN 978-80-8.
- Lhotský, J. (1994): Kultivace a rekultivace půd. Praha: Výzkumný úřad meliorací a ochrany půdy, 198 s.
- de Lima, R.P., da Silva, A.P., Giarola, N.F.B., da Silva, A.R., Rolim, M.M. (2017): Changes in soil compaction indicators in response to agricultural field traffic. Biosystems Engineering 162, 1-10pp. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.07.002>.
- Němeček, J. a kol. (2001): Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. ČZÚ Praha spolu s VÚMOP Praha, první vydání, 78s., ISBN 80-238-8061-6.
- Šimek, M. (2005): Základy nauky o půdě – 1. Neživé složky půdy. Biologická fakulta JU, České Budějovice, druhé, upravené a rozšířené vydání, 160s., ISBN 80-7040-747-6.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Tomáš Zoubek**  
Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Datum zadání bakalářské práce: **15. února 2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2020**

V Českých Budějovicích dne 25. března 2019

V. Z. - 

prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA   
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
studijní oddělení  
Studentůvská 1668, 370 05 České Budějovice  
L.S.



doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.  
vedoucí katedry

## **Poděkování**

Rád bych poděkoval panu Mgr. Tomášovi Zoubkovi za cenné rady, věcné připomínky a vstřícnost při konzultacích a vypracování bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat Zemědělské katedře za poskytnutí techniky a prostor pro uskutečnění měření.

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

.....  
Datum

.....  
Podpis

## **Abstrakt česky**

Cílem práce bylo vyrobit funkční přípravek na testování utužení půdy na zkušebním univerzálním stroji. Především se jednalo o to, zdali přípravek zkoušení odolá silám působícím na zeminu na zkušebním stroji.

V teoretické části bakalářské práce je obecně popsáno utužení půdy a jak mu zabránit. Dále jsou zde popsány další přístroje, kterými můžeme utuženost půdy zjistit, od jednoduché rýčové zkoušky po už složitější elektronické přístroje. V této části je také popsán univerzální zkušební stroj.

V praktické části je popsána výroba přípravku na zkoušení utužení půdy a náklady na ni jsou zaznamenány v tabulce. Přípravek je pro lepší představu uveden ve výkresech. Dále je zde popsán průběh pokusu, jednotlivá měření a opakování. Výsledky pro lepší přehlednost jsou uvedeny v grafech.

Klíčová slova:

Utužení půdy, přípravek, univerzální zkušební stroj

## **Abstrakt anglicky**

The aim of the work was to produce a functional fixture for soil compaction testing on a universal testing machine. Above all, the question was whether the testing fixture could withstand the forces acting on the soil on a testing machine.

In the theoretical part of the thesis is generally described soil compaction and how to prevent it. Further, there are described other instruments by which we can determine the soil firmness, from a simple spade test to more complex electronic instruments. This section also describes the universal testing machine.

The practical part describes the production of the soil compaction test and the production costs are recorded in the table. The device is shown in the drawings for a better idea. The course of the experiment, individual measurements and repetitions are described. The results for better clarity are shown in the graphs.

Keywords:

Soil compaction, preparation, universal testing machine

# Obsah

Úvod.....	10
1 Rešerše literatury.....	11
1.1 Definice půdy .....	11
1.2 Utužení půdy .....	11
1.2.1 Rozdíl mezi utužením a zhutněním půdy.....	11
1.2.2 Vymezení problému nadměrného utužení půdy .....	11
1.2.3 Příčiny utužení půdy .....	12
1.2.4 Důsledky utužení půdy.....	12
1.2.5 Náklady na odstranění škod .....	13
1.2.6 Vliv změny klimatu na utužení půdy .....	13
1.2.7 Závažnost problému .....	13
1.2.8 Návrh na řešení utužení půdy.....	15
1.3 Metody zjištění utužení půdy .....	15
1.3.1 Rýčová zkouška .....	15
1.3.2 Půdní sonda .....	16
1.3.3 Penetrometr .....	18
1.3.4 Penetrologger .....	19
1.4 Univerzální zkušební stroj Autograph.....	21
1.4.1 Technické údaje .....	21
1.4.2 Příslušenství .....	22
1.4.3 Periferní zařízení .....	22
1.4.4 Popis stroje.....	24
1.4.5 Bezpečnostní funkce .....	25
2 Metodika a cíle práce .....	26
3 Popis výroby přípravku a přípravy zeminy .....	30



3.1	Výroba korozivzdorného plechu s miskou .....	30
3.2	Výroba tlačného prípravku .....	31
3.3	Hliníková trubka .....	32
3.4	Korozivzdorné trubky .....	32
3.5	PVC trubka .....	33
3.6	Príprava zeminy .....	34
4	Průběh při pokusu .....	35
4.1	Montáž přípravku na stroj .....	35
4.2	Kalibrace stroje .....	35
4.3	Průběh pokusu .....	36
5	Výsledky a diskuze .....	37
5.1	Trubka 67 x 1,5 mm .....	37
5.2	Výsledky 104 x 3 mm .....	39
5.3	Výsledky 85 x 2,5 mm .....	41
5.4	Výsledky 84 x 3 mm .....	43
5.5	Náklady na výrobu trubek .....	45
5.6	Shrnutí .....	45
	Závěr .....	47

## Úvod

Nejvíce cenným majetkem pro zemědělce, ač se to na první pohled nezdá, není traktor nebo nějaký jiný drahý stroj, ale je to půda. Na půdě celý rok hospodaří, a když se to podaří tak mu poskytuje zdroj obživy. Proto by si zemědělci měli vážit půdy a starat se o ní co nejvíce dovedou. Půdou si totiž můžou zabezpečit obživu na více let dopředu.

Utuzení půdy je na hodně pozemcích velice závažnou příčinou snížení výnosových hodnot. Jedná se o úrodnější půdy, u kterých se čeká nějaký určitý potenciál pro dobrý výnos. Z důvodu utuzení půdy nedokážou rostliny využít všechny živiny v půdě na maximum. S tím souvisí i špatné zpracování půdy do hloubky a zároveň se snižuje podíl vody v půdě. Tato problematika je velmi obsáhlá, a proto zemědělci toto téma přecházeli, ale čím dál více zemědělců se v dnešní době snaží s tímto problémem něco dělat.

# 1 Rešerše literatury

## 1.1 Definice půdy

Když řekneme slovo půda, můžeme si pod tím představit přírodní samostatný útvar, který vznikl z povrchových zvětralin zemské kůry a z organických zbytků, které se rozložili za pomoci půdotvorných faktorů. Je domovem půdních organismů, stanovištěm rostlin, které rostou planě a slouží k vypěstování kulturních rostlin. Půda reguluje koloběh látek, také může fungovat jako úložiště, ale i jako zdroj potenciálních rizikových látek. Půda je dynamický a stále se vyvíjející živý systém. Na půdě, na tenké vrchní části Země, závisí přežití veškerých suchozemských biologických společenstev, umělých i přirozených. Půda je proto nepochybně nejcennější přírodní bohatství. Je součástí národního bohatství každého státu. Půdu je proto potřeba chránit nejen pro současnou generaci, ale i pro další generace, které na půdě budou chtít hospodařit. [1]

## 1.2 Utužení půdy

Utužení půd neboli pedokompakce se může určit jako degradace půdní struktury, která má za následek změny pórovitosti, snížení infiltrace a propustnosti, zvýšené objemové hmotnosti a snížení retenční kapacity.[2][3]

### 1.2.1 Rozdíl mezi utužením a zhutněním půdy

Je potřeba rozlišit pojmy zhutnění a utužení půdy. Utužení půdy, při jejím zpracování, které se projevuje pozitivně na vývoji rostlin, má za úkol vylepšit půdní vlastnosti pro lepší vyvinutí kořenového systému a vývoj porostu. Když se hranice utužení překročí a dochází již k nadměrnému utužení, dá se hovořit o zhutnění, často s přídavkem technogenní.[2][3]

### 1.2.2 Vymezení problému nadměrného utužení půdy

Intenzivní hospodaření bývá velmi často příčinou nadměrného utužení půdy. Jedná se o technogenní utužení půdy, ke kterému dochází vlivem opakovaných přejezdů těžké zemědělské techniky. Přitom dochází ke zmenšování pórů v půdě a ke snižování propustnosti, tedy retenční schopnosti půdy i ke snížení úrodnosti půdy. Mluvíme o rozpadu či degradaci půdní struktury, která má za následek to, že dochází

ke změně pórovitosti, ale také objemové hmotnosti, schopnosti infiltrace a propustnosti, či snížení retenční kapacity.[4]

### **1.2.3 Příčiny utužení půdy**

Antropický vliv neboli vliv, kterým lidé působí na přírodu, na rozpad půdní struktury s následným zhutněním má především

- nadměrné utužování půdy opakovanými přejezdy těžkými mechanismy, obzvláště pak při nevhodných vlhkostních podmínkách,
- nesprávné způsoby kultivace, to může být např. orba na stejnou hloubku,
- velmi časté zavlažování půdy,
- nedodržování správného střídání rostlin jdoucích jednotlivé roky za sebou tzn. malé zastoupení víceletých píceň v osevním postupu,
- úbytek půdní organické hmoty.[4][5]

### **1.2.4 Důsledky utužení půdy**

Mezi nejvýznamnější důsledky utužení půdy patří zhoršení fyzikálních vlastností půdy, rozpad struktury, který má za následek utužení podorniční vrstvy, tvoření krust na povrchu půdy, které negativně ovlivňují produkční a mimo produkční funkce půdy, protože:

- je omezeno vsakování tzv. infiltrace, je urychlen povrchový odtok, a tím je zvýšená eroze,
- při snížení pórovitosti se zmenšuje retenční vodní kapacita a také vodní kapacita pro půdu využitelná,
- rostlina nedokáže prorůst do hloubky, do které potřebuje,
- vytvoří se horší podmínky pro vzcházení a vývoj rostlin tzn., že mají méně vody, živin i vzduchu,

- je potlačena biologická aktivita půdy, která je způsobena výrazným zhoršením vzdušného vodního a termického režimu půdy.[4]

### **1.2.5 Náklady na odstranění škod**

Veškeré náklady na odstranění škod jsou velice nákladné na pohonné hmoty pracovní sílu a dají se rozdělit do několika oblastí. Nejhlavnější oblast je přímý vliv na omezenou infiltraci a retenci vody v půdě, s tím souvisí urychlování odtoku povrchové vody, rozvoji procesu eroze, vznikání povodní. Na odstranění těchto škod jsou každý rok potřeba nemalé finanční prostředky. Dále pak dochází ke snížení výnosů pěstovaných plodin, a tím snižování možnosti konkurence subjektů na půdě, která je utužená.[4]

### **1.2.6 Vliv změny klimatu na utužení půdy**

Tím, že dochází stále více ke změnám teplotních poměrů k nepravidelnosti a rozložení srážek lze očekávat negativní dopad a zhoršení už takhle velmi špatného stavu i v dalších letech. Z tohoto důvodu se dá očekávat výrazné zvyšování rizika povodní, protože půda nebude schopna velké množství srážek při takové nepravidelnosti infiltrovat a s tím souvisí i dlouhodobé sucho, čímž dojde k výraznému poklesu rostlinné produkce.[4]

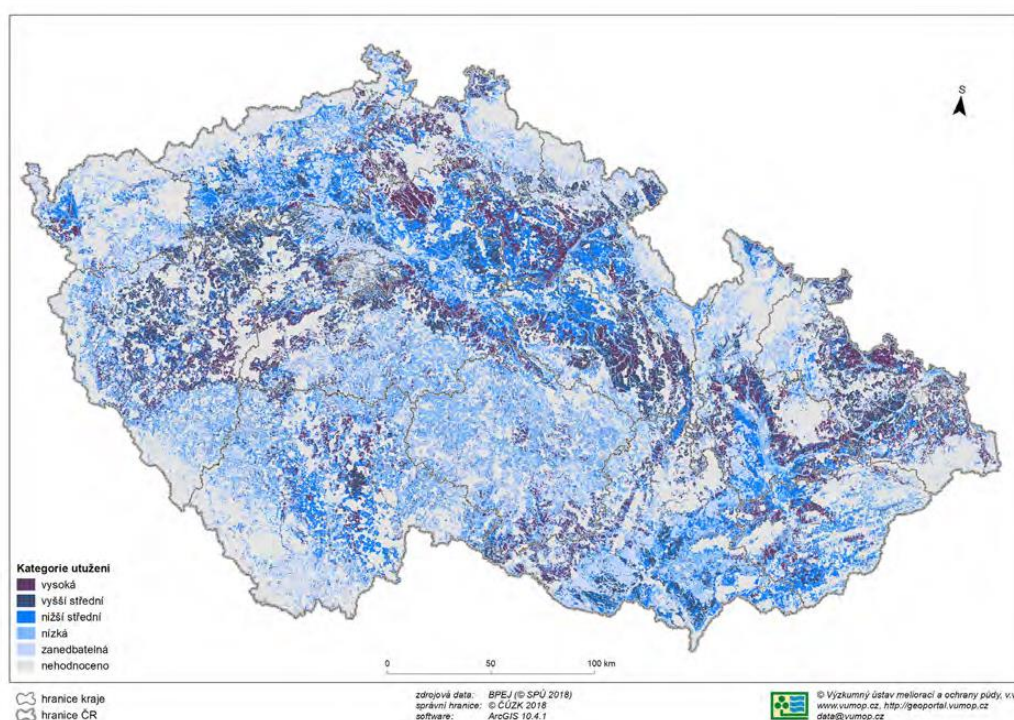
### **1.2.7 Závažnost problému**

Utužením půdy je v České republice ohroženo asi 49 % zemědělských půd. Z tohoto podílu je asi 30 % zranitelných tzv. genetickým utužení při tvorbě zajílených iluviálních nebo oglejených horizontů a více než 70 % je podrobena tzv. technogennímu utužení. Genetické utužení je typické pro půdy s vysokým obsahem jílu. Oproti technogennímu utužení, které je obvykle vyvoláno na půdách, které má rozmanité zrnitostní složení.

V podmínkách České republiky je nejvýraznějším jevem technogenní utužení spodiny a podorniční vrstvy, která se často kombinuje s utužením genetického původu, a to hlavně v případě těžkých a středně těžkých půd. Potenciální zranitelnost zemědělských půd České republiky utužením je vyobrazena v Tabulce č. 1 a na Obrázku č. 1.[4]

Tabulka 1 – Zranitelnost půdy upraveno dle [4]

Potenciální zranitelnost půd utužením	Zastoupení (%)	Výměra [ha]
vysoká	16,20	677 316
vyšší střední	16,84	703 832
nižší střední	21,51	899 252
nízká	23,71	991 028
zanedbatelná	19,59	818 737
nehodnoceno na ZPF	2,15	89 650
<b>Celkem</b>	<b>100,00</b>	<b>4 179 935</b>



Obrázek 1 – Zranitelnost půdy [6]

### 1.2.8 Návrh na řešení utužení půdy

Mezi agrobiologická řešení k omezení utužování půdy patří hlavně:

- dostačující organické hnojení
- přiměřeně používat fyziologicky kyselá minerální hnojiva
- snažit se udržovat optimální hodnoty pH v půdě
- zahrnout do osevního plánu hluboce kořenicí rostliny

Jako organizační, ale technická opatření lze použít:

- přizpůsobit zemědělské stroje tak, aby jejich konstrukční řešení snižovalo tlak na půdu
- přezkoumání uspořádání půdního fondu
- volit správně vhodnou dobu vstupu na pozemky
- omezit počet přejezdů po pozemku
- opatrné a ochranné zpracování půdy [4]

### 1.3 Metody zjištění utužení půdy

Metod, kterými můžeme, zjistit utužení půdy máme několik. Můžeme použít rýčovou zkoušku, která je z těchto několika způsobů nejjednodušší a může si jí udělat bez problému každý farmář. Dále můžeme použít zkoušku penetrometrem nebo modernějším, ale zase o hodně dražším penetrologgerem.

#### 1.3.1 Rýčová zkouška

Rýčová zkouška je osvědčená praktická metoda určená k posouzení půdní struktury. Hospodář může zjistit jednoduchou metodou stav, ve kterém se jeho půda nachází. Například jaká je půdní vlhkost, ta většinou slouží pro zemědělce jako informace, jestli má orat nebo nemá, není-li půda utužená, jak je zapravená organická hmota, jestli kořeny rostlin směřují přímo dolů nebo jsou nuceny uhýbat a krouží se, což je známkou utužení. Zjišťuje přítomnost žížal, což je také informace, jestli je půda

utužená nebo ne. Provádí-li se rýčová zkouška každoročně na stejném místě, umožňuje zemědělcům poznávat biografii půdy. Pokud má zemědělec ke své půdě opravdu dobrý vztah, platí pro něho „dobrý zemědělec nevyjede na pole bez rýče“.[7]



Obrázek 2 – Rýčová zkouška [7]

### 1.3.2 Půdní sonda

Prvním krokem v každé nové oblasti, který se provádí v terénu, je potřeba, aby se odborník seznámil s půdami, které se nachází v oblasti. Proto je potřebné projít se napříč touto oblastí, která se vyznačuje rozmanitými typy reliéfu, vegetačními typy a typy geologických substrátů. Po přípravném poznání území se vyznačí v pracovní mapě polohy výkopu sond, a to s ohledem na reliéf terénu, složení vegetace a geologické, litologické a hydrologické poměry.

Hloubení sond by se mělo provádět šetrně nejlépe pomocí rýče, lopaty a krumpáče. V terénu, který je rovinný směřujeme čelo sondy k severu, z důvodu osvětlení sluncem. Na svahovém terénu je čelo sondy směřováno proti svahu, tím se rozumí, že podélná osa sondy je kolmá na vrstevnici. Čelní i obě postranní stěny musí být svislé nejlépe kolmé ke dnu sondy). Půdorys vykopané sondy by měl být většinou ve tvaru obdélníku. Sonda by měla tak hluboká, aby zachycovala všechny půdní horizonty, a také musí být prostorná, aby ji bylo možné dopodrobna vyšetřit.



Pro získání dalších doplňujících informací, jsou často používány místo kopání sond speciální vrtáky. Tato metoda zabere méně času, ale její hlavní nevýhodou je, že poskytuje informace z velmi malého prostoru a ze vzorků, které se odeberou, není možné posoudit všechny morfologické znaky. Mimo to je zde také nebezpečí, že takto odebraný vzorek bude znečištěn zeminou z nadložních horizontů a výsledky nemusí být přesné, ale pouze jen informativní.

Půdní vzorek je část půdního horizontu, který se odebírá ze záměru laboratorních analýz ihned po popisu půdního horizontu. Z hlediska vlastní odběru by měl vzorek splnit dvě hlavní kritéria. Za prvé nesmí být smíchán matricí jiných vzorků, např. lokalizovaných horizontů nebo jinými materiály z místa výkopu sondy. Za druhé by měl být homogenní a reprezentativní.[8][9]

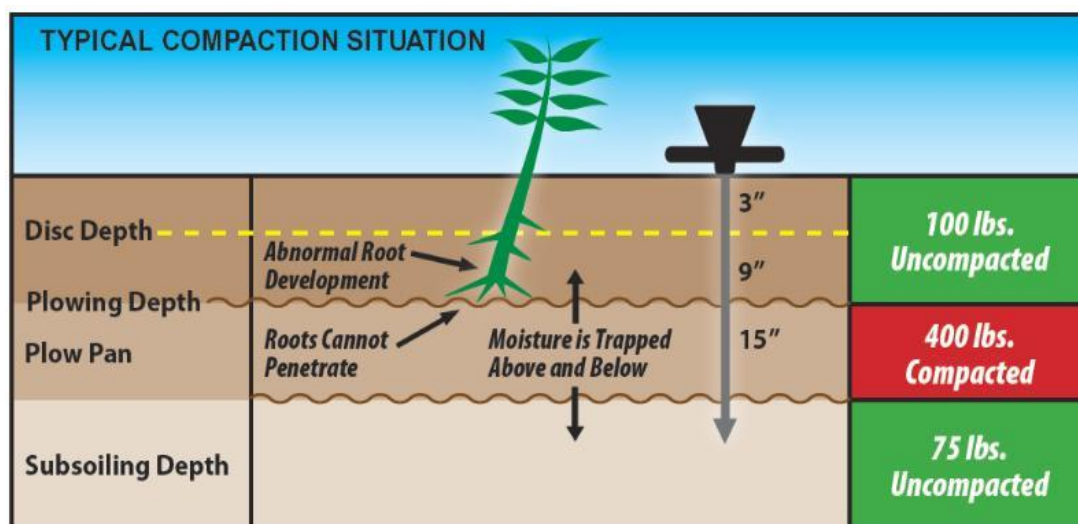


Obrázek 3 – Půdní sonda [10]

### 1.3.3 Penetrometr

Soil Compaction Tester od firmy DICKEY-john je půdní penetrometr, který měří pevnost utužení půdy. Přístroj je zákazníkům dodáván se dvěma hroty.  $\frac{1}{2}$  palcový (12,7 mm) hrot je pro půdu pevnější tzn. těžké středně těžké půdy a  $\frac{3}{4}$  palcový (19,05 mm) hrot měkčí půdu tzn. lehčí půdy. Na číselníku tlakoměru má každý hrot svojí stupnici, které jsou nakalibrovány na hodnoty v jednotkách psi (1 libra síly na čtvereční palec) pro lepší přehlednost jsou hodnoty psi rozlišené barevně. Od 0–200 psi je barva zelená, od 200–300 psi je barva žlutá, 300 a více barva červená. Kořeny rostlin podle přístroje by měli růst nejlépe v zeleném rozmezí, tzn. mezi 0–200 psi, přijatelně ve žlutém a velmi špatně v červeném rozmezí.

Nejvhodnější doba na měření je brzy na jaře nebo také když má půda optimální vlhkost, protože vlhkost a textura půdy jsou ukazateli půdních vlastností. Z tohoto důvodu by měl být půdní penetrometr používán pro srovnávání stejné vlhkosti a stejného typu půdy. Pro dosažení lepších a přesnějších výsledků by se mělo ve zkoumané oblasti provést vždycky více měření. Půdní penetrometr by se měl používat před oráním pozemku, aby se mohlo zjistit, jak hodně do hloubky a jakým způsobem je půda utužená. Po orbě je také možné zjistit, jak účinně a jak hluboce byla orba provedena.



Obrázek 4 – Průřez vpichu penetrometru [11]

Při prvním použití penetrometru se postupuje následovnými třemi kroky. Nejdříve se zvolí a našroubuje podle typu půdy vhodný hrot. Rovnoměrným a přiměřeným tlakem na obě rukojeti přístroje se pomalu zapíchne tyč do půdy. Na tyči jsou pro ulehčení měření a snadnější zaznamenávání hloubky v třípalcových intervalech značky (3", 6", 9"). Utužená vrstva se vyobrazí na stupnici číselníku hodnotou v červeném rozmezí a při snížení utužení půdy bude hodnota klesat. Hloubka na začátku a na konci utužené vrstvy se zaznamenává. Provedením několika měření může být přesněji stanoveno, jak je půda utužená a v jaké vrstvě nejvíce.[5][12]



Obrázek 5 – Soil compaction tester [13]

#### 1.3.4 Penetrologger

Penetrologger je výrobkem německé firmy Eijkelkamp. Příklad je dostupný v kompletní sadě, která je vhodná pro měření do hloubky 80 cm. Sada je složena z vlastního penetrolgeru, kuželových hrotů, destičky, která je potřeba k odrážení signálu z hloubky, sondovacích tyčí, sady nářadí, kabelu, bateriové nabíječky a softwaru. Dle potřeby je možnost přidat další příslušenství jako např. vlhkoměr a různé kuželové hroty. Tato celá sada je umístěna v hliníkovém přenosném kufru.

Samotný penetrologger se skládá z pouzdra s GPS anténou, LCD obrazovkou, ovládacího panelu a tlakového sensoru. Přístroj je zabudován ve vodotěsném odolném pouzdře s elektricky izolovanými madly. Jako napájecí zdroj energie využívá penetrologger 5 nabíjecích baterií. Na konec dvoudílné sondážní tyče se našroubuje hrot. Sondážní tyč se skládá ze dvou částí a je připojena k tlakovému sensoru pod loggerem pomocí rychloupínacího prvku. Užší hroty jsou společně s dvojicí osmi milimetrových sondážních tyčí a širší hroty jsou s dvojicí deseti milimetrových. Při používání destičky pro měření hloubky zaznamenává integrovaný ultrazvukový sensor v průběhu měření signál, vyslaný přístrojem. Přístroj je schopný přesvědčivě určit hloubku až 80 cm. Z těchto naměřených dat může být spočítán průměr a standardní odchylka. Kabel umožňuje výměnu dat mezi počítačem a loggerem. Software dovoluje zobrazení dat numerických i grafických. Tato data se dají následně terénní tiskárnou ihned vytisknout. [14–16]



Obrázek 6 – Sada Penetrologgeru [14]

## 1.4 Univerzální zkušební stroj Autograph

Univerzální zkušební stroj se celý názvem nazývá Autograph série AG-X firmy Shimadzu. Univerzální zkušební stroj je vhodný pro širokou škálu aplikací. Strojem je možné kontrolovat kvalitu snad všech materiálů. Můžeme kontrolovat kovy, keramiku, plasty, pryž, zkoušky výrobků od šroubů, elektronické komponenty, potraviny, farmaceutické produkty a fólie a můžeme také zkoušet nové materiály za účelem vědy a výzkumu.

Zatěžovací rám musí být extrémně stabilní a vysoce tuhý, kvůli zkouškám pevnosti materiálů. Rychlost zatěžování a měření zkušební síly musí být velice přesné. Univerzální zkušební stroj nabízí nejenom v této oblasti vynikající výkon, ale také disponuje četnými vysoce efektivními funkcemi s jednoduchým uživatelským rozhraním. Stroj nemusíme používat jen na zkoušky tahové, protože s ním můžeme provádět i zkoušky tlakové, zkoušky ohybem a řadu dalších druhů zkoušek.[17]

### 1.4.1 Technické údaje

- 1) **Metoda zatěžování** – Vysoce přesná konstantní regulace rychlosti prodlužování použitím příčného nosníku s kuličkovým šroubovým převodem.

**Zatížitelnost** – Rozsah mezi 10 N – 300kN.

- 2) **Přesnost měření zkušební síly**

Přesnost tahu Max.  $\pm 0,3$  % zobrazované hodnoty (mezi 1/100 a 1/1 jmenovité kapacity použitého tenzometru)

Max.  $\pm 0,5$  % zobrazované hodnoty (mezi 1/1000 a 1/100 jmenovité kapacity použitého tenzometru)

Přesnost tlaku Max.  $\pm 0,3$  % zobrazované hodnoty (mezi 1/100 a 1/1 jmenovité kapacity použitého tenzometru)

Max.  $\pm 0,5$  % zobrazované hodnoty (mezi 1/1000 a 1/100 jmenovité kapacity použitého tenzometru).

### 3) **Podmínky okolního prostředí na místě instalace**

Vlhkost – 20 až 80 % (bez kondenzace)

Teplota – od 5 °C až do + 40 °C, při max. kolísání teploty v rozsahu  $\pm 2$  °C během zkoušky.[17]

#### **1.4.2 Příslušenství**

Zkušební stroj je dodáván společně s tímto příslušenstvím:

- 1) Připojovací kabel – Sada síťových kabelů, 200 V AC, Sada kostřících kabelů,
- 2) Montážní sada jednotky Smart Controller – Držák Smart Controller, šroub SST s plochou kulovou hlavou 7,5Y M4x8,
- 3) Standardní nástroje – Otočná tyč, sada imbusových klíčů, návod k použití, samolepka, příručka „mezí hodnoty“, datový list „Bezpečnostní a preventivní opatření.[17]

#### **1.4.3 Periferní zařízení**

Dodatečně ke zkušebnímu rámu je nutné si pořídit pro provádění zkoušek další periferní vybavení.

- 1) **Sada tenzometrů (snímače síly)** – Sada obsahuje různé druhy tenzometrů, které jsou rozděleny podle maximální zatížitelnosti, kalibrační jednotky a zaručené přesnosti. Tenzometry pro sérii AG – X jsou dodávány se speciálními CAL kabely pro kalibraci. V každém kalibračním kabelu jsou uloženy zatížitelnosti a jiné vlastnosti tenzometru, a proto každý tenzometr má svůj CAL kabel. Když se použije tenzometr s jiným kalibračním kabelem, nemůže být garantována přesnost výsledků měření síly. Pro lepší přehlednost má každý tenzometr své číslo, které je uvedeno na kalibračním kabelu, aby nedošlo k záměně.

## 2) **Upínací zařízení pro zkušební vzorky**

Při provádění zkoušek tažnosti je nutné používat upínače zkušebních vzorků a příslušenství pro montáž upínačů zkušebních vzorků (spodní kloub a kloubová spojka). Běžná upínací zařízení jsou popsány níže.

- a) Klínový upínač zkušebních vzorků, stacionární (1 sada = dolní a horní upínač zkušebních vzorků),
- b) Plochý šroubovací upínač zkušebních vzorků (1 sada = horní a dolní upínač zkušebních vzorků)
- c) Díly příslušenství – upínací přípravky pro zkoušky tažnosti (1 sada = horní a dolní upínač zkušebních vzorků)

## 3) **Upínací přípravky pro zkoušky ohybem a tlakové zkoušky**

- a) Kombinované upínací zařízení pro zkoušky ohybem a tlakové zkoušky. Toto upínací zařízení jde používat na obě zkoušky.
- b) Přítlačná deska pro zkoušku v tlaku.
- c) Upínač pro zkoušky ohybem.

## 4) **Datarekordér a datový procesor**

- a) Stroj používá software pro zpracování dat TRAPEZIUMX \*1. Tento software je určený pro sérii AG-X.
- b) Dotykový LCD monitor.
- c) XT-P rekordér.
- d) XTY-P rekordér.

## 5) **Díly podléhající opotřebení – náhradní díly**

- a) Upínací zařízení pro zkoušky síly – může se namontovat na upínací zařízení pro zkoušku tažnosti.[17]

#### 1.4.4 Popis stroje

Při pohledu na stroj zepředu se skládá z:

Zatěžovacího rámu

Nastavovacího tlačítka – horní koncový doraz

Ochranného krytu kuličkového vřetene

Nastavovacího tlačítka – dolní koncový doraz

Kuličkového vřetene (uvnitř v krytu sloupu)

Nouzového vypínače

Stolu

Předního ochranného krytu

Horního příčného nosníku

Tenzometru

Pojízdného příčného nosníku

Smart Controlleru (ruční ovládací zařízení)

Nouzového vypínače

Řídící jednotky

Síťového spínače

Při pohledu na stroj zezadu se skládá z:

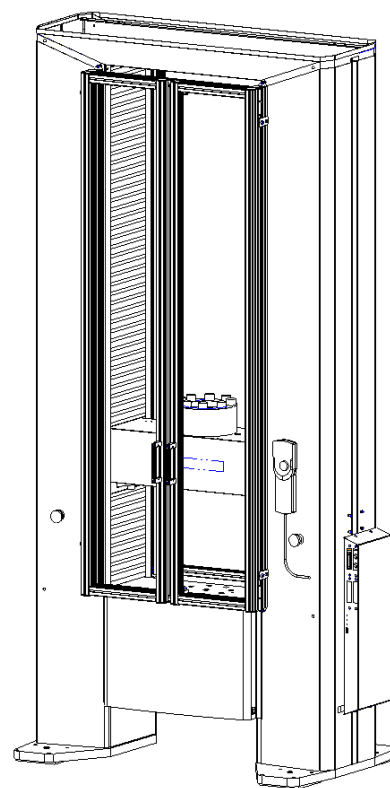
Zadního ochranného krytu

Ventilátoru

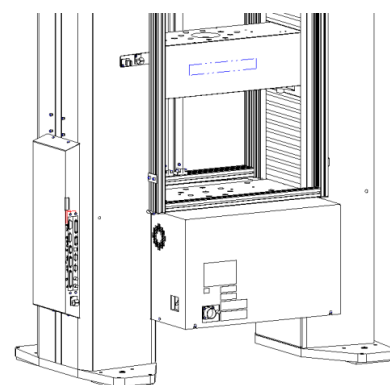
Hlavního rozpojovacího spínače

Zadního krytu

Síťové připojovací zásuvky (3fázová přípojka, vstupní napětí 200 V) [17]



Obrázek 7 – Přední pohled [17]



Obrázek 8 – Zadní pohled [17]

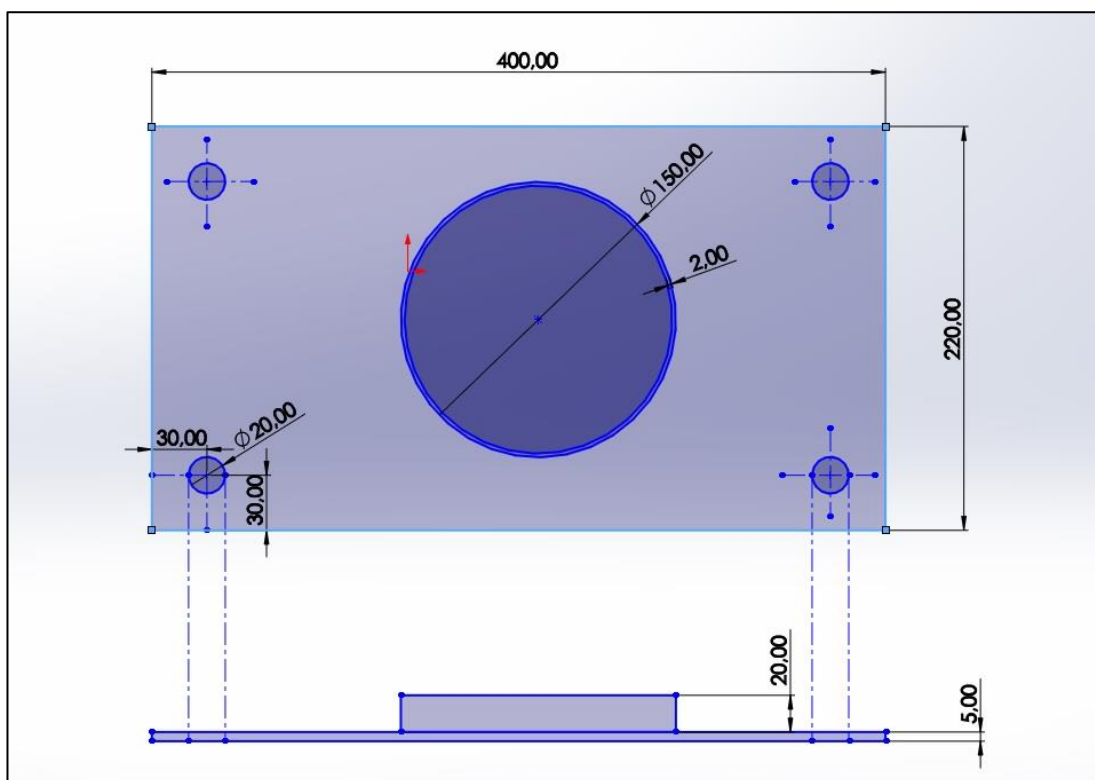


### **1.4.5 Bezpečnostní funkce**

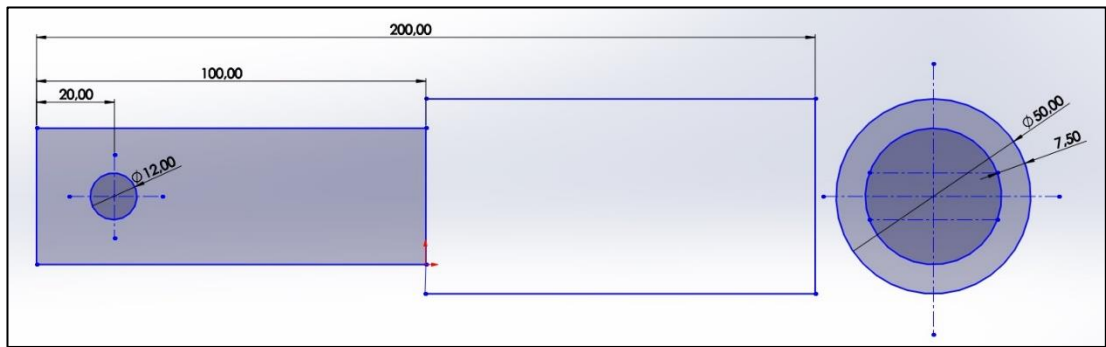
Funkce, která zajišťuje bezpečnost, rozpoznává proměnlivou sílu, která působí a snímač síly při pohybu pohyblivého příčného nosníku v krokovacím posuvu nebo pohybu zpátečním. Pokud se síla zvýší a překročí přednastavenou sílu, pak se příčný nosník ve vteřině zastaví. Funkce je nastavena tak, aby v případě nečekané nouzové situace například při kolizi upínacího zařízení s jinými díly stroje, co nejdříve ukončila činnost příčného nosníku a zlepšila se tak bezpečnost. Při nebezpečí stroj ukáže ikonu upozornění nebo pozor.[17]

## 2 Metodika a cíle práce

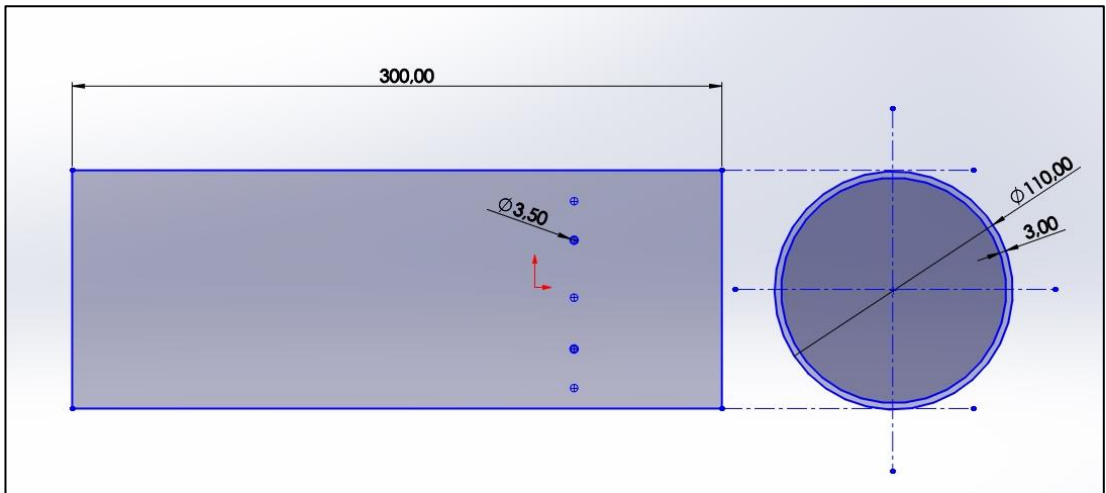
Tento zkušební přípravek bude mít 3 části korozivzdorný plech s miskou, tlačné zařízení a trubky, které jsou dohromady 4. Z těchto trubek se budou vybírat dvě trubky, které budou mít nejpříjemnější výsledky. Každá část přípravku bude vyrobena z určeného materiálu. Korozivzdorný plech bude vyroben z korozivzdorné oceli válcované za studena (2 B) a bude čtyřmi šrouby dočasně připevněn ke zkušebnímu stroji. Miska, která bude přivařena na plech bude z korozivzdorné oceli. Tlačné zařízení bude vyrobeno z oceli třídy 11 500. Do tlačného zařízení bude vyvrtán v horní části otvor pro uchycení ke zkušebnímu stroji. Trubky budou z materiálů hliník, korozivzdorná ocel a polyvinylchlorid. V trubkách budou v dolní polovině vyvrtány do stěny po obvodu otvory pro případný odtok vody při velmi vydatné nasycenosti půdy vodou. Tyto díly jsou znázorněny na obrázcích 9–14 jako výkresy. Ve výkresech jsou používány jednotky v [mm].



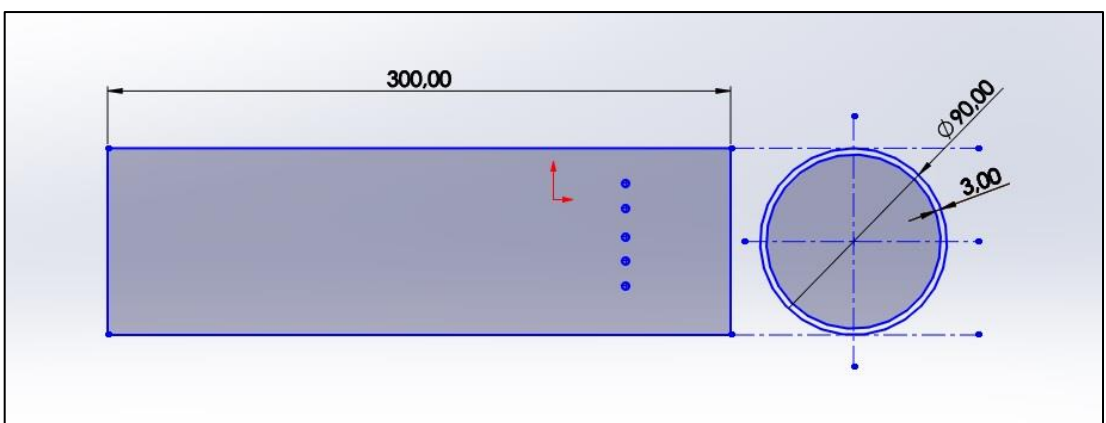
Obrázek 9 – Výkres plechu s miskou



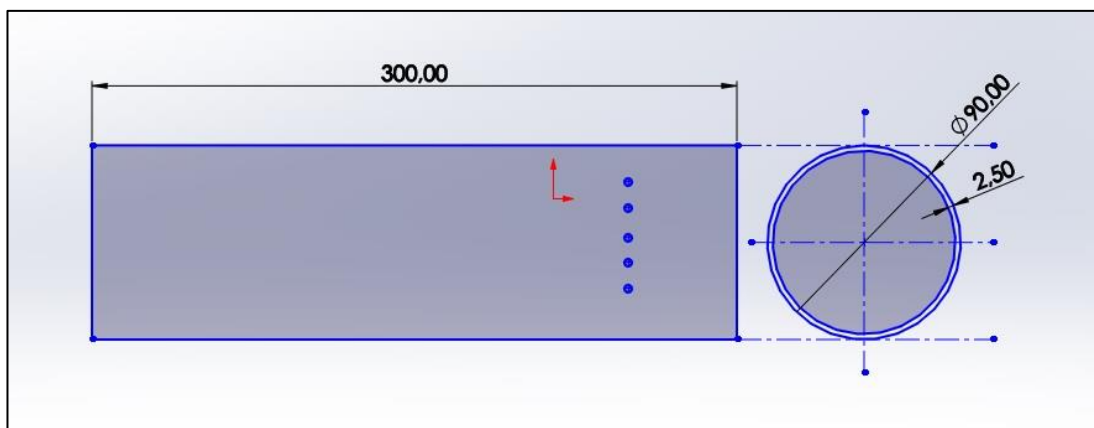
Obrázek 10 – Výkres tlačného zařízení



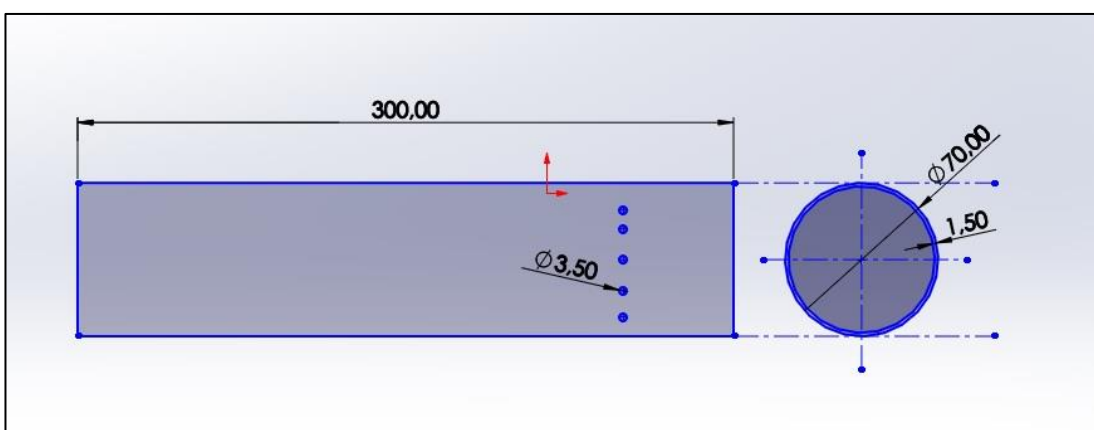
Obrázek 11 – Výkres trubky 104 x 3 mm



Obrázek 12 – Výkres trubky 84 x 3 mm



Obrázek 13 – Výkres trubky 85 x 2,5 mm



Obrázek 14 – Výkres trubky 67 x 1,5 mm

K tomuto pokusu budu používat 3 druhy zeminy jíl, písek a půdu hlinitou. Nejdříve se u každé zeminy změří vlhkost Penetrologgerem pro lepší informaci. Tyto půdy budu zkoušet po pěti opakováních, na každé z uvedených trubek. Jednotlivě bude na každé trubce 15 opakování to činí 60 opakování dohromady.

Tento pokus bude probíhat na univerzálním zkušebním stroji v laboratoři Zemědělské katedry. Nejdříve se na stroji budou muset nastavit parametry, kterými se bude zkoumat půda. Tyto parametry jsou síla, čas a posun. První parametr je síla, která bude nastavena na maximální hodnotu činící 35 000 N. U síly se bude měřit konečná hodnota po uplynutí nastaveného času. Tato síla bude dostačující pro tento pokus. Další parametr bude čas, který bude nastaven do mezní hodnoty 30 s, to znamená, že ve výsledcích budou hodnoty v jednotkách [Síla/čas] a [Posun/čas]. Třetím parametrem nastaveným na stroji bude posun, který bude limitován podle

výšky trubky a také výšky tlačného zařízení. Posun by měl být kolem 150 mm do poloviny trubky. Tyto parametry jsou zaznamenány v tabulce 2. Dále se bude při pokusu postupovat tím, že se vždy zvolená trubka vloží do misky na korozivzdorném plechu a naplní se zvolenou zeminou. Poté se půda stlačí a po stlačení se půda z trubky vysype a bude připravena na další opakování.

Tabulka 2 – Nastavené parametry pro pokus

Nastavené parametry	Síla	Čas	Posun
Hodnota	35000 N	30 s	150 mm

Data získaná z experimentálního ověřování budou následně protříděna, upravena, zpracována do přehledných grafů, okomentována a vyhodnocena z hlediska nejvýhodnějšího materiálu k využití pro tento typ přípravku.

### 3 Popis výroby přípravku a přípravy zeminy

#### 3.1 Výroba korozivzdorného plechu s miskou

Výroba nerezového plechu probíhala ve firmě Koramex sídlící v Sušici, která se zabývá mimo jiné i zpracováním korozivzdorné oceli všeobecně. Tento plech je vyroben z nerezové oceli válcované za studena (2 B) s rozměry 400 x 220 x 5 mm. Tento plech byl vyříznut laserovým řezáním z plátu o rozměrech 1000 x 2000 mm. V takovém rozměru se korozivzdorná ocel běžně prodává. Další část této části přípravku je miska, která je umístěna ve středu plechu. Tato miska byla vyrobena z plechu o tloušťce 1 mm, která byla následně zohýbána do tvaru misky a poté svařena dohromady jako šev. Tato miska poté byla přivařena k plechu. Výška misky je 20 mm a průměr činí 150 mm. Svařování probíhalo metodou TIG. V tomto stavu byly do plechu při připevňování k univerzálnímu stroji vyvrtány čtyři otvory v rozích plechu podle rozměrů otvoru na univerzálním stroji. Cena tohoto přípravku činila bez práce 1200 Kč.



Obrázek 15 – Korozivzdorný plech s miskou

### 3.2 Výroba tlačného prípravku

Výroba tlačného prípravku probíhala na soustruhu u soustružníka. Přípravek byl vyroben z kulatiny z oceli třídy 11 500 tzn. neušlechtilá konstrukční ocel obvyklé jakosti s vyšším obsahem uhlíku. Kulatina měla průměr 55 mm a délku 200 mm. Její dolní širší část byla vysoustružena na průměr 50 mm a horní část na průměr 35 mm. Do takto osoustruženého obrobku byl 20 mm od shora vyvrtán otvor o průměru 12 mm, aby se přípravek mohl upevnit do upínacího zařízení univerzálního stroje. U obrobku byly nakonec zkoseny hrany. Cena tlačného zařízení bez práce činila 100 Kč.



Obrázek 16 – Tlačné zařízení

### 3.3 Hliníková trubka

Hliníkovou trubku jsem sehnal stejně jako nerezový plát v Koramexu v Sušici. Trubku mi uřízli v délce 300 mm o vnitřním průměru 84 mm a tloušťce stěny 3 mm. Do dolní třetiny trubky bylo navrtáno 5 otvorů po obvodu o průměru 3,5 mm, pro případný odtok vody značně nasycené zkoumané zeminy. Při řezání a manipulaci byla trubka na několika místech povrchově poškozena, na trubku byl tak nanesen nástřik hliníkovou barvou.



Obrázek 17 – Hliníková trubka

### 3.4 Korozi vzdorné trubky

Nerezové trubky jsem nekupoval nové, ale podařilo se mi je sehnat v Kovošrotu. Větší trubka má vnitřní průměr 85 mm, tloušťku stěny 2,5 mm a je dlouhá 300 mm. Menší trubka má vnitřní průměr 67 mm, tloušťku stěny 1,5 mm a je dlouhá 300 mm. Tyto trubky byla značně povrchově poškozené a špinavé od různých nečistot. Trubky jsem obrousil a nanesl na ně nástřik barvou. V dolní třetině jsem navrtal 5 otvorů po obvodu o průměru 3,5 mm.





Obrázek 18 – Trubka 67 mm



Obrázek 19 – Trubka 85 mm

### **3.5 PVC trubka**

Trubka byla vyrobena z polyvinylchloridu, tyto trubky mají vícečetné využití. V mém případě jsem trubku používal pro pokus. Průměr trubky je 104 mm, tloušťka stěny 3 mm a délka činí 300 mm. Na trubku jsem nanesl nátěr, z hliníkové barvy.



Obrázek 20 – PVC trubka

### 3.6 Příprava zeminy

Potřebné vzorky zemin byly nabrány v lokalitě Boubín u Horažďovic. Postupně byly odebrány vzorky hlinité půdy, která je v této lokalitě nejčastější a poté vzorky čistého jílu a písku pro jasnější rozdíly v měřeních. Na těchto vzorcích byla v laboratoři Penetrologgerem změřena vlhkost v procentech [%]. Výsledky měření vlhkosti jsou zaznamenány v tabulce 3.

Tabulka 3 – Naměřená vlhkost půdy

<b>Půdní druh</b>	<b>Vlhkost</b>
Hlinitá půda	15 %
Jíl	5 %
Písek	5 %

## 4 Průběh při pokusu

### 4.1 Montáž přípravku na stroj

Přípravek byl navržen tak, aby montáž na stroj byla co nejjednodušší. Za prvé bylo potřeba namontovat tlačný přípravek do horního pohyblivého upínacího zařízení. Horní užší část přípravku se zajistila pojistným čepem o průměru 12 mm. Poté se korozivzdorný plech s miskou připevnil k nepohyblivé upínací ploše stroje čtyřmi šrouby o průměru 10 mm. V posledním kroku montáže jen stačilo vzít nerezovou trubku a postavit jí doprostřed misky a naplnit do plna připravenou zeminou.



Obrázek 21 – Montáž

### 4.2 Kalibrace stroje

Jako první bylo důležité určit co se bude měřit a v jakých jednotkách budou výsledky zapisovány. Jednotky byly zvoleny pro sílu Newtony [N], pro posun milimetry [mm] a pro čas sekundy [s]. Dále byla nastavena maximální možná tlačná síla, kterou mohlo tlačné zařízení vyvinout na půdu v trubce. Maximální síla činila 35 000 N. Jako další parametr byl nastaven posun, který mohl být maximálně 150 mm. A poslední nastavení proběhlo u času, kde byl nastaven limit 30 s. Kalibrace posunu se

musela udělat při každém pokusu ručním posunem přesně na plochu zeminy v trubce. Poté byla strojem nastavena pomyslná nula, od které stroj stlačoval zeminu.

### 4.3 Průběh pokusu

Při pokusu byly zkoumány čtyři již popsané trubky, v nichž se stlačoval postupně jíl, písek a hlinitá půda. Každá půda byla v trubce zkoumána celkově pětkrát, kvůli přesnějším výsledkům. Přístroj zaznamenával všechna určená data a poté je ukládal do souborů. Na obrázku 16 můžeme vidět ukázkou stlačené půdy v trubce a na obrázku 17 můžeme vidět konečnou pozici, ve které se tlačné zařízení zastavilo.



Obrázek 22 – Ukázka stlačené půdy



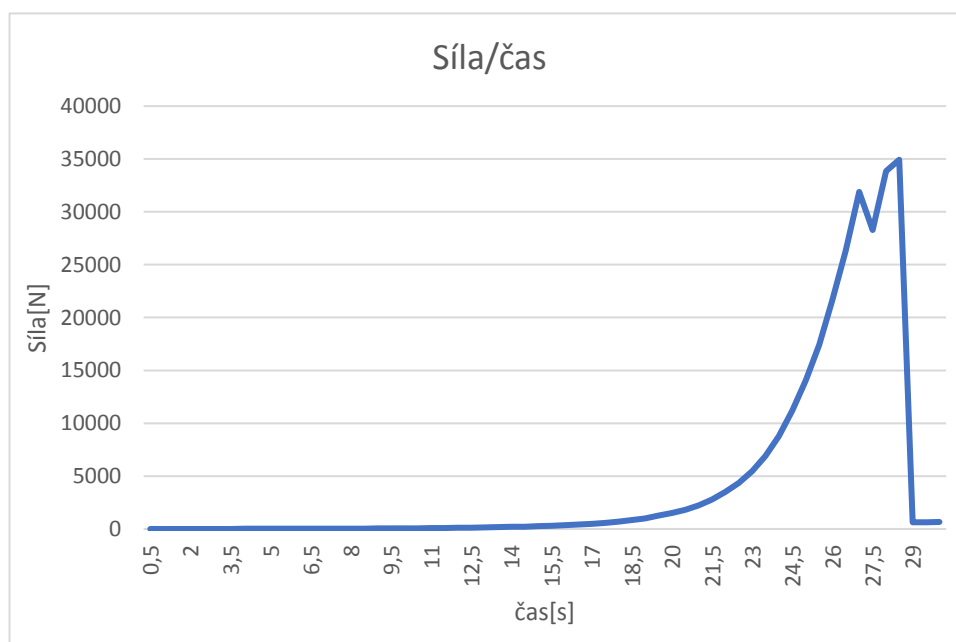
Obrázek 23 – Konečná pozice při stlačení

## 5 Výsledky a diskuze

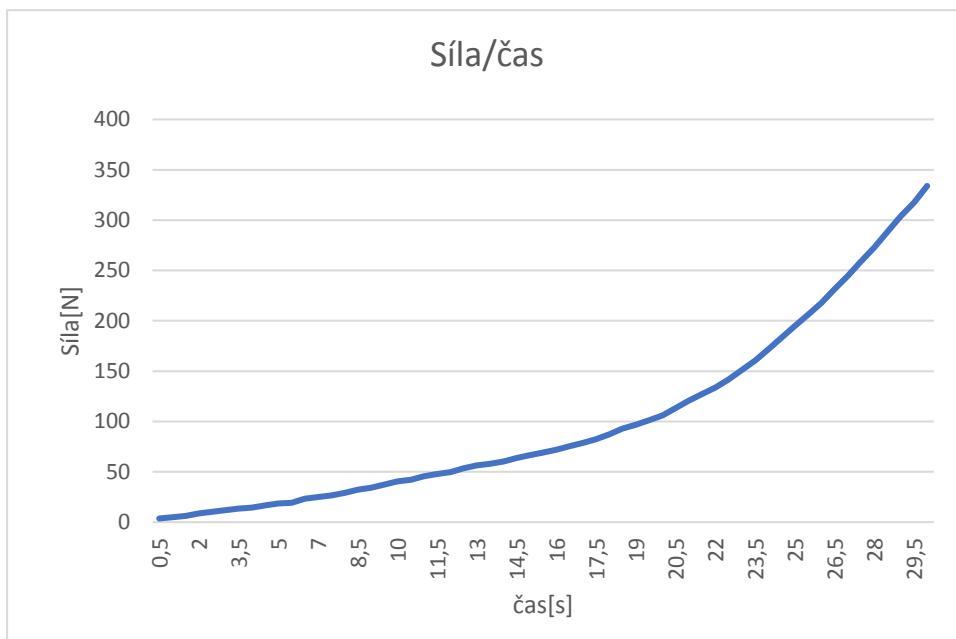
Při tomto pokusu byly testovány čtyři trubky dvě korozivzdorné, hliníková a PVC trubka. Každá z těchto trubek byla testována za použití tří druhů zemin jílu, písku a půdy hlinité. Jednotlivá zemina byla na každé trubce testována pětkrát pro získání více dat. Získaná data pak bylo nutné protřídit z důvodu jejich velkého objemu a poté upravit a zpracovat do výsledných grafů.

### 5.1 Trubka 67 x 1,5 mm

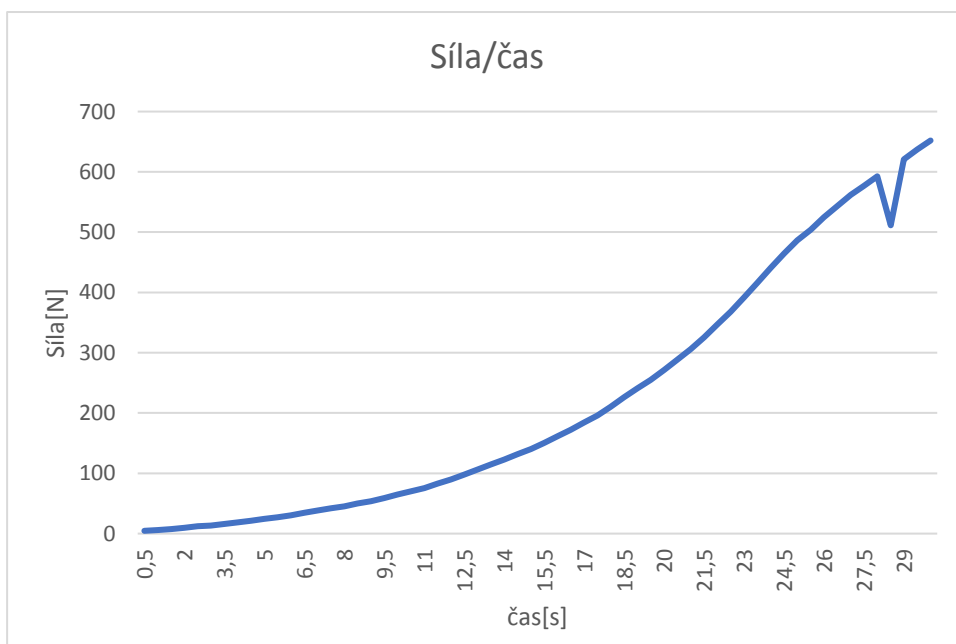
Trubka 67 x 1,5 mm byla, stejně jako všechny ostatní trubky, testována při použití tří různých zemin. Při testování, kdy byla trubka naplněna pískem, docházelo nejprve k malému nárůstu síly potřebné pro posun při stlačování, ale po 18,5 s začala síla exponenciálně narůstat až překročila mez 35 000 N. Průběh síly při stlačování je vidět na obrázku 24. U jílu byl nárůst síly rovnoměrný nedocházelo k žádným propadům. Průběh je vidět na obrázku 25. U půdy hlinité, na obrázku 26, můžeme vidět malý propad síly mezi 28 a 29 vteřinou stlačování. Důvodem mohla být větší pórovitost zeminy v trubce. U pokusu na této trubce je patrné, že největší rozdíl je při pokusu s pískem, u jílu a půdy hlinité nejsou markantní rozdíly ve stlačování.



Obrázek 24 – Zatížení trubky 67 x 1,5 mm při zaplnění pískem



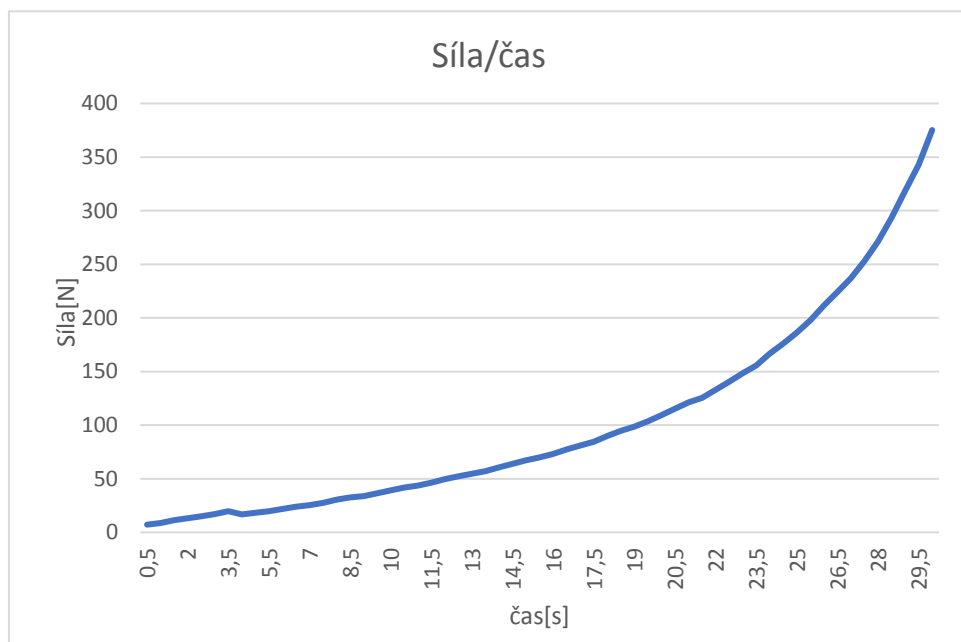
Obrázek 25 – Zatížení trubky 67 x1,5 mm při zaplnění jílem



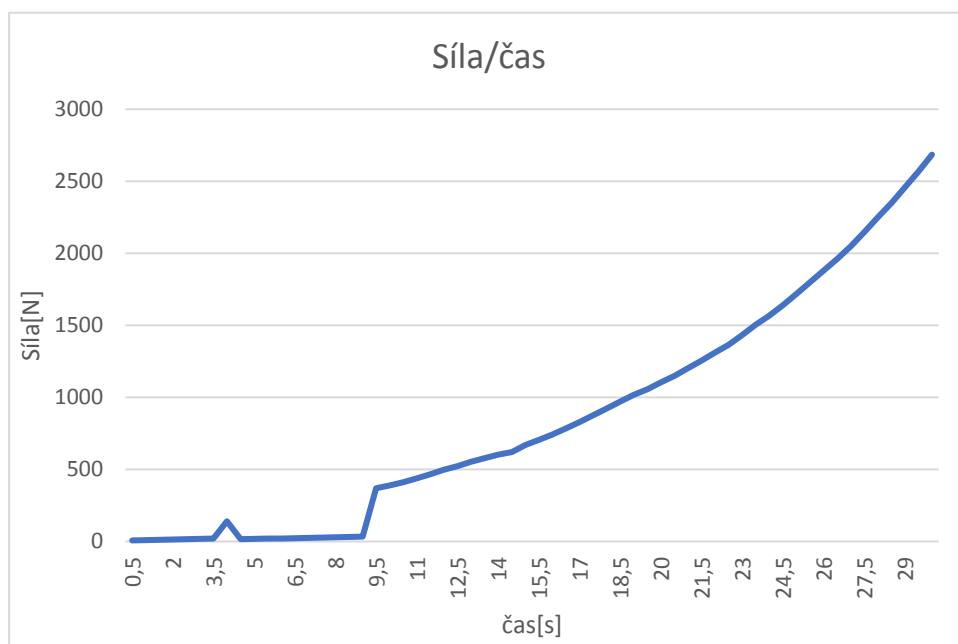
Obrázek 26 – Zatížení trubky 67 x 1,5 mm při zaplnění půdou hlinitou

## 5.2 Výsledky 104 x 3 mm

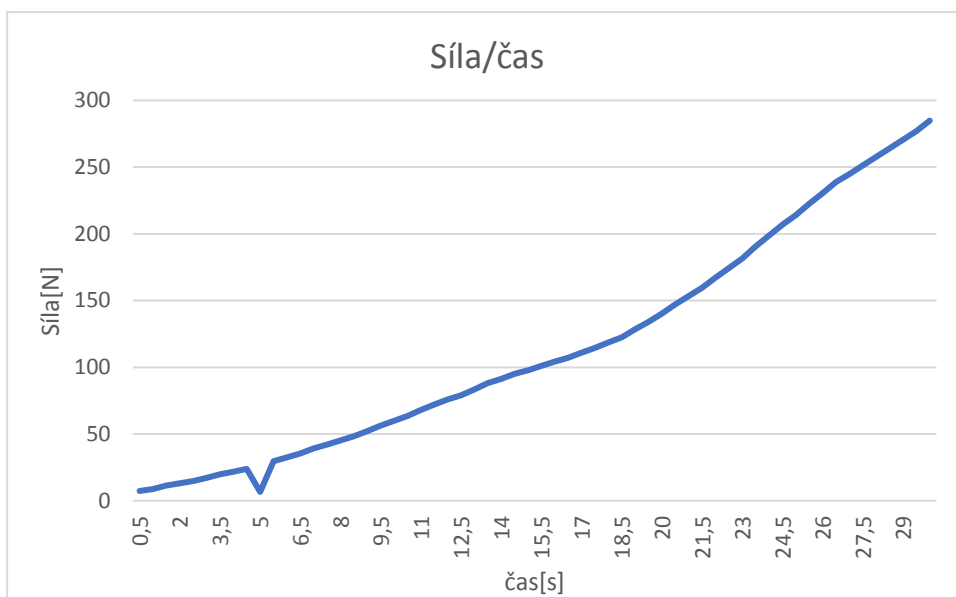
Trubka 104 x 3 byla testována stejně jako předchozí trubka třemi druhy zemin. Jako první byl testován písek. Na obrázku 27 je patrné, že se síla zastavila pod 400 N a rostla mírným tempem až do 22 sekundy tam začala síla stoupat prudčeji nahoru. U jílu je na obrázku 28 vidět, že do času 9,5 s byla síla téměř nulová, kromě jedné odchylky, kterou mohl způsobit kamínek nebo ztvrdlá část zeminy, protože u jílu není taková deformace zeminy žádnou výjimečností. Poté už síla rostla rovnoměrně na hodnotu 2700 N. U půdy hlinité, je na obrázku 29 vidět v páté sekundě mírné odchylení od poměrně lehce stoupající síly nahoru. U tohoto pokusu nedochází k velkému tlaku na půdu. Síla zde dosahuje hodnot mírně pod 300 N. U tohoto pokusu nejsou rozdíly sil tak markantní, a proto trubka moc nevyhovuje ideálu pro stlačování.



Obrázek 27 – Zatížení trubky 104 x 3 mm při zaplnění pískem



Obrázek 28 – Zatížení trubky 104 x 3 mm při zaplnění jílem

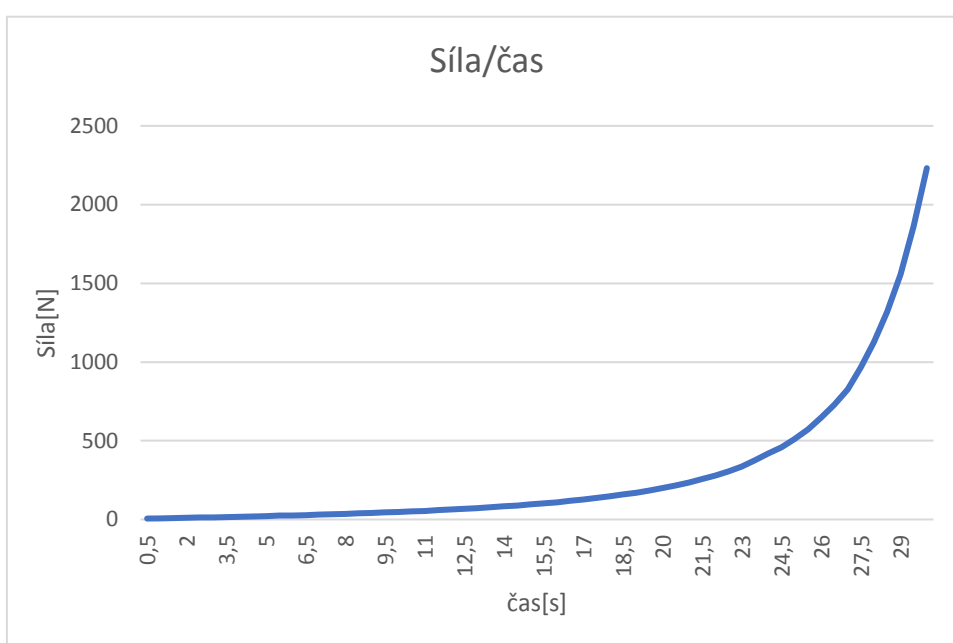


Obrázek 29 – Zatížení trubky 104 x 3 mm při zaplnění půdou hlinitou

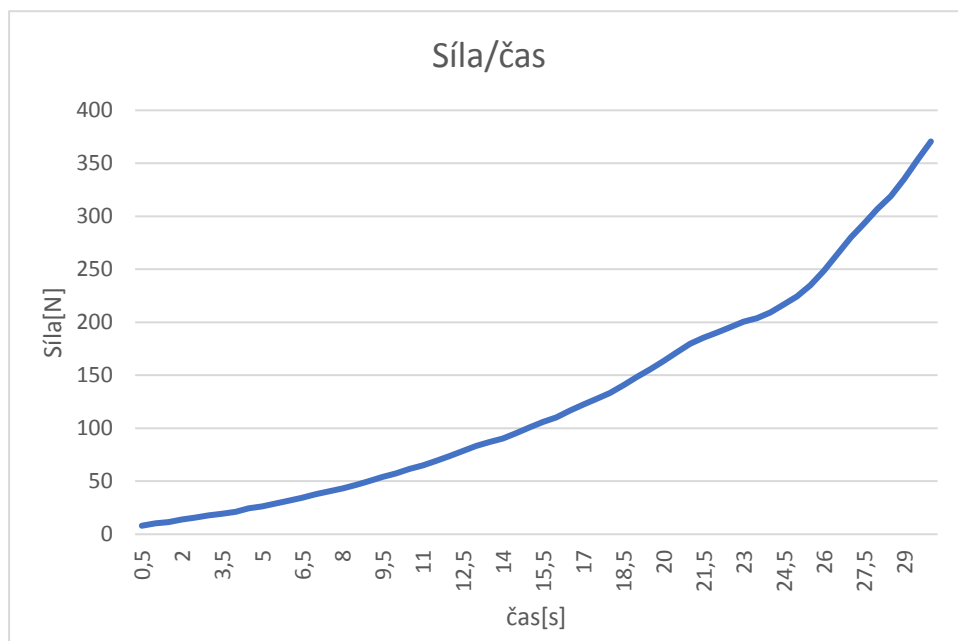


### 5.3 Výsledky 85 x 2, mm

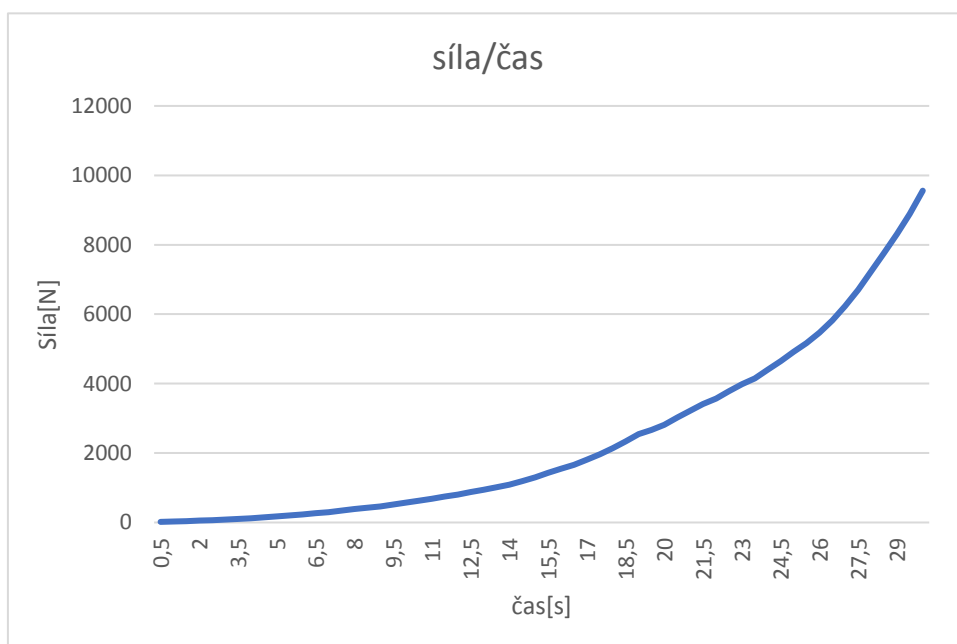
Trubka 85 x 2,5 mm byla testována třemi druhy zeminy. První zemina je písek, v tomto případě na obrázku 30 u tlačného zařízení od 24 sekundy rostla síla velice prudce a zastavila se přibližně na 2250 N. U jílu je jasně patrné z obrázku 31, že síla stlačování rostla velice mírně už od začátku měření a mezi 23 a 26 sekundou měla menší pokles a poté dosáhla až na hodnotu 2. V případě půdy hlinité je vidět z obrázku 32, že byl vyvinut tlak nad očekávání, a dosáhl mírným stoupáním až k hodnotě téměř 10000 N. Pokus u této trubky byl velice zajímavý a dosáhl rozdílných hodnot.



Obrázek 30 – Zatížení trubky 85 x 2,5 mm při zaplnění pískem



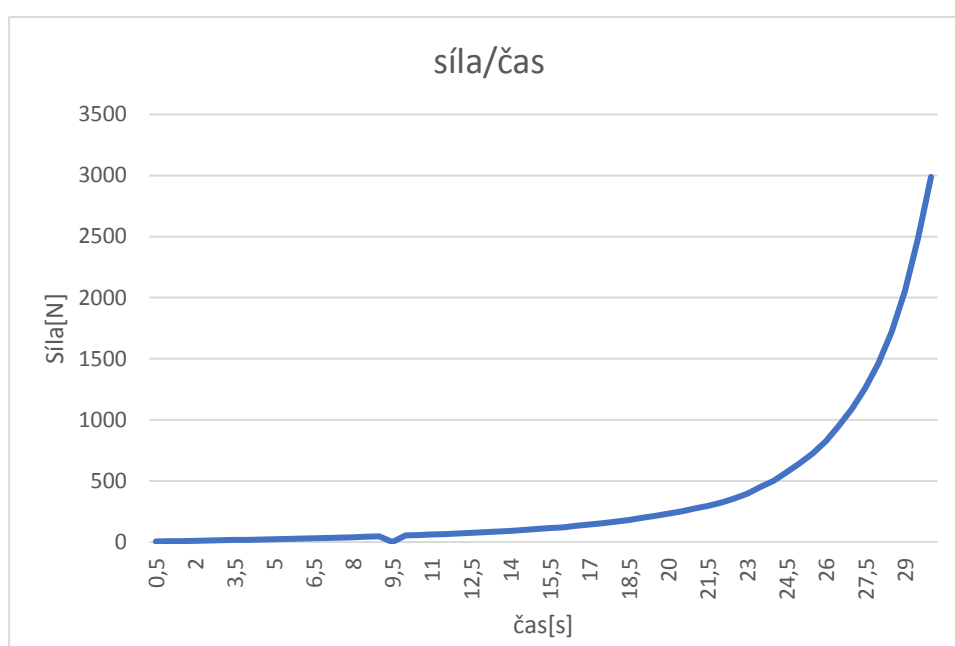
Obrázek 31 – Zatížení trubky 85 x 2,5 mm při zaplnění jílem



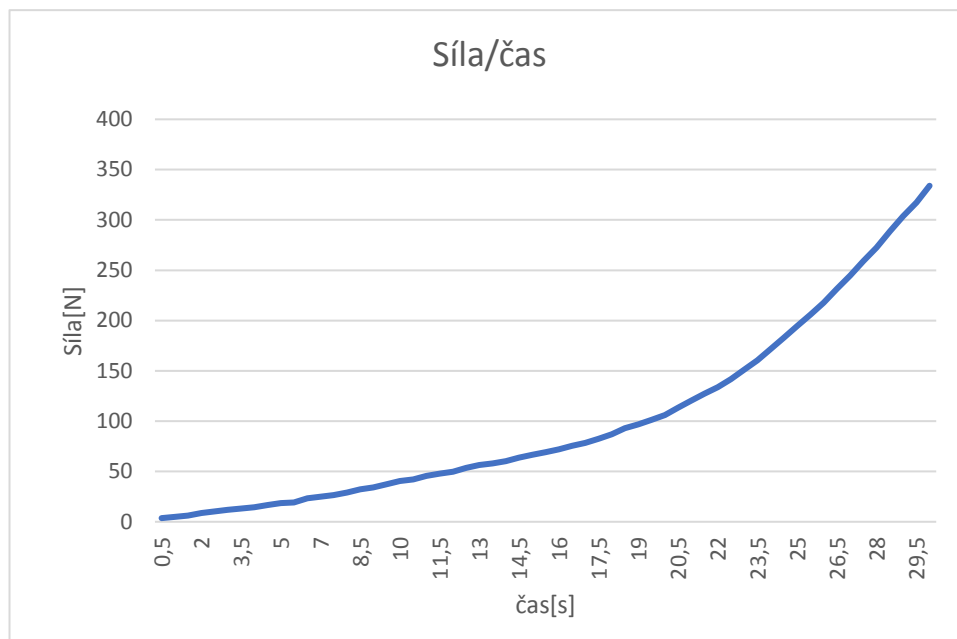
Obrázek 32 – Zatížení trubky 85 x 2,5 mm při zaplnění půdou hlinitou

## 5.4 Výsledky 84 x 3 mm

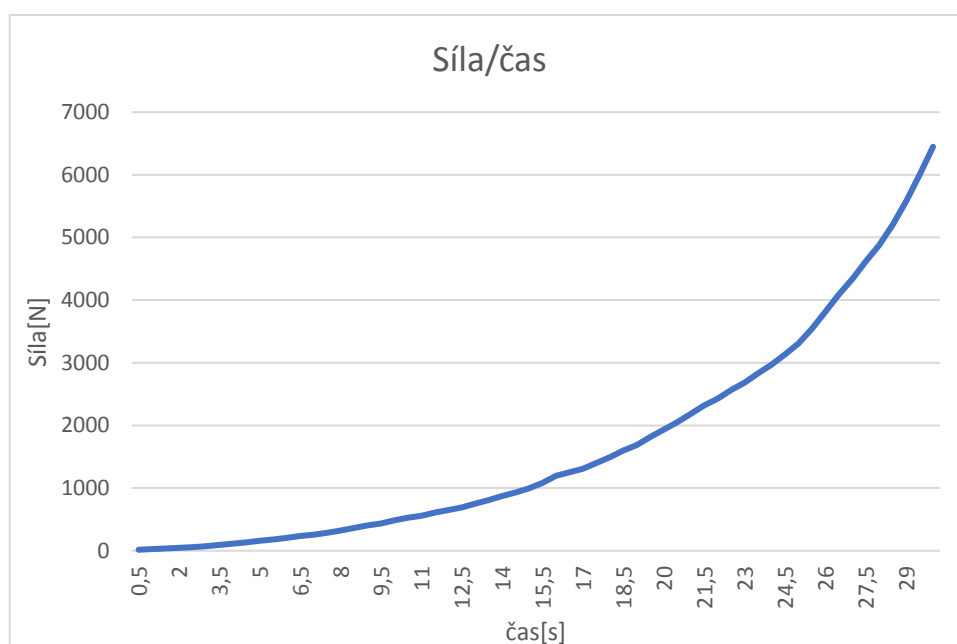
V tomto případě se byly testované také tři zeminy. Jako první byl testován písek. U této zeminy na obrázku 33 se tlak od 23 sekundy začal prudce zvedat a zastavil se na hodnotě 3000 N. V čase 9,5s síla mírně poklesla k nule. U zeminy jíl, je na obrázku 34 vidět, že síla rostla velice mírným tempem a zastavila se na hodnotě 340 N. V případě půdy hlinité, se na obrázku 35 síla zvyšovala mírně do 20 sekundy, poté prudce stoupala k hodnotě 6500 N. Z tohoto pokusu je patrné, že trubka by mohla vyhovovat ideálu.



Obrázek 33 – Zatížení trubky 84 x 3 mm při zaplnění pískem



Obrázek 34 – Zatížení trubky 84 x 3 mm při zaplnění jílem



Obrázek 35 – Zatížení trubky 84 x 3 mm při zaplnění půdou hlinitou

## 5.5 Náklady na výrobu trubek

Náklady na výrobu trubek pro potřeby této práce byly v jisté míře speciální. Využil jsem služeb sběrného dvoru a známých, u nichž proběhl směnný obchod. Pro srovnání nákladů na výrobu trubek budu proto vycházet z ceníku za nový materiál. Uvedená cena je vždy za m, a proto bylo nutné náklady na ně vypočítat. Zjištěné náklady na zakoupení nového materiálu na výrobu trubek jsou zaznamenány v tabulce 4.

Tabulka 4 – Náklady za nový materiál [18–20]

Typ trubky	Cena Kč/m	Cena Kč/300 mm
Trubka 67x1,5 mm	319 Kč	96 Kč
Trubka 85x2,5 mm	686 Kč	206 Kč
Trubka 84x3 mm	289 Kč	87 Kč
Trubka 104x3 mm	60 Kč	18 Kč

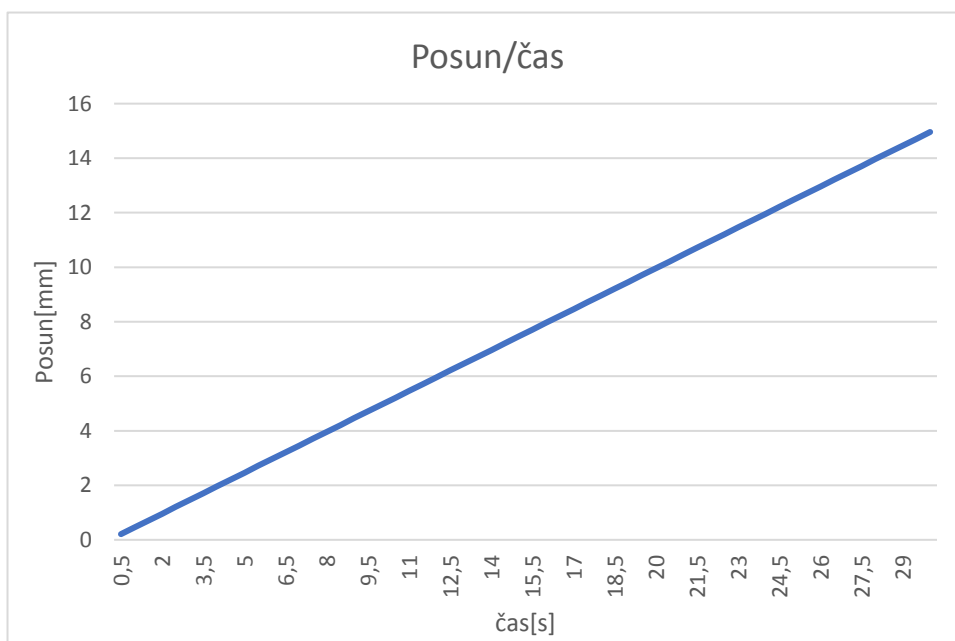
## 5.6 Shrnutí

Výsledky všech čtyřech trubek byly strojem zapisovány do souborů, ze kterých bylo potřeba data vytržít, zprůměrovat a dát do grafů. Ze zjištěných výsledků je jasné, že nejlepší pro tento pokus byla trubka hliníková s průměrem 85 mm a korozivzdorná trubka s průměrem 84 mm u těchto trubek docházelo k výsledkům sil přiměřeným k průměru tlačného zařízení. U zbývajících dvou trubek byly výsledky sil buďto velmi vysoké kvůli malému průměru trubky nebo naopak velmi nízké kvůli velkému průměru trubky. Na obrázku 36 můžeme vidět, že korozivzdorná trubka o průměru 67 mm nesnesla velkou sílu tlačného zařízení a její vnitřní stěna byla povrchově poškozena. U těchto pokusů jsme měřili i posun tlačného zařízení, ale ten byl u každé trubky stejný, to můžeme vidět na obrázku 37. Když budeme chtít vybrat z těchto čtyř trubek dvě, které by mohly vyhovovat ideálu, budou to trubky 84x3 mm a 85x2,5 mm. Ty to dvě trubky se při pokusech nepoškodily a dostali jsme díky nim nejlépe použitelné výsledky.

Rád bych se zmínil i o vylepšení tohoto přípravku především v části vyndávání stlačené zeminy z trubek. „Dolování“ stlačeného jílu by především kolegyně těžko zvládaly, a proto by bylo dobré v budoucnu toto zařízení vymyslet a vytvořit.



Obrázek 36 – Detail poškození



Obrázek 37 – Posun/čas

## Závěr

Součástí práce bylo vyrobení funkčního výrobku pro testování utužení půdy na univerzálním stroji. Výroba probíhala na mnoha místech. Ve firmě Koramex, která sídlí v Sušici byl vyroben plech s miskou. V soustružnické dílně v Horažďovicích bylo vyrobeno tlačné zařízení a trubky byly pořízeny za pomoci směnného obchodu a také v kovošrotu. Měření probíhalo v laboratoři na Zemědělské katedře, kde je umístěn univerzální zkušební stroj, zde byly také vytvořeny optimální podmínky pro měření. Ke každému měření byl zhotoven graf, který jasně vysvětluje výsledky, kterých bylo dosaženo. Výsledkem této práce bylo vyrobení přípravku a určení, která trubka je nejvhodnější pro případná další zkoušení různých druhů půd. Pro tento přípravek byly vybrány dvě trubky. Trubka hliníková o rozměrech 84 x 3 mm a trubka z korozivzdorné oceli o rozměrech 85 x 2,5 mm.

## Seznam použité literatury

- [1] Ministerstvo životního prostředí [online]. Copyright ©5 [cit. 04. 03. 2020]. Dostupné z: [https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice\\_pudy/\\$FILE/OOHPP-Definice\\_pudy-20080820.pdf](https://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/definice_pudy/$FILE/OOHPP-Definice_pudy-20080820.pdf)
- [2] LHOTSKÝ, Jiří. Zhutňování půd a opatření proti němu: (studijní zpráva). Praha: Ústav zemědělských a potravinářských informací, 2000. Studijní informace. ISBN 80-7271-067-2.
- [3] Utužení pudy neznamena zhutnění – Naše voda. Naše voda [online]. Copyright © 2011 [cit. 04. 03. 2020]. Dostupné z: <https://www.nase-voda.cz/utuzeni-pudy-neznamena-zhutneni/>
- [4] Utužení půdy (Půda, eAGRI). [online]. Copyright © 2009 [cit. 04. 03. 2020]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/puda/ochrana-pudy-a-krajiny/degradace-pud/utuzeni-pudy/>
- [5] LHOTSKÝ, Jiří a Josef ŠIMON. Zpracování a zúrodnování půd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1989. ISBN 80-209-0048-9.
- [6] HRUŠKA, Martin a kolektiv. Situační a výhledová zpráva půda. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2018. ISBN 978-80-7434-476-3.
- [7] Rýčová zkouška – posouzení stavu půdy v polních podmínkách: RokPudy.cz. Home [online]. Copyright © 2020 [cit. 04. 03. 2020]. Dostupné z: <https://rokpudy.cz/cz/rycova-zkouska-posouzeni-stavu-pudy-v-polnich-podminkach>
- [8] ČURLÍK, Ján. Príručka terénneho prieskumu a mapovania pod, 1998, 134 s, ISBN 80-85361-37-X
- [9] JANDÁK, Jiří. Cvičení z půdoznalství. Vyd. 1. V Brně: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita, 2003, 92 s. ISBN 80-7157-733-2.
- [10] Půdní sonda – narumov – album na Rajčeti. narumov – seznam alb na Rajčeti [online]. Copyright © 2020 [cit. 04. 03. 2020]. Dostupné z: [https://narumov.rajce.idnes.cz/Pudni\\_sonda/](https://narumov.rajce.idnes.cz/Pudni_sonda/)
- [11] Soil Compaction Tester – Part of the Soil Testing Range – Martin Lishman Ltd. Martin Lishman Ltd – Crop Storage – Potato Quality – Moisture Meters – Sprayers [online]. Copyright © 2020 [cit. 04. 03. 2020]. Dostupné z: <http://martinlishman.com/soil-compaction-tester/>
- [12] Soil Compaction Tester – PDF Free Download. We offer you effective and free publishing and information sharing tools. [online]. Copyright © DocPlayer.net [cit. 04. 03. 2020]. Dostupné z: <https://docplayer.net/24413195-Soil-compaction-tester.html>



[13] SCT2 – agriTronix Soil Compaction Tester – Shoup. Agriculture Parts, Ag, Replacement, Equipment | Shoup Manufacturing [online]. Copyright © 2020 Shoup Manufacturing [cit. 04. 03. 2020]. Dostupné z: <https://www.shoupparts.com/SCT2-Soil-Compaction-Tester>

[14] Penetrologger sada do 80 cm s GPS | Ekotechnika. Ekotechnika | Přístroje pro environmentální diagnostiku [online]. Copyright © 2020 [cit. 04. 03. 2020]. Dostupné z: <https://www.ekotechnika.cz/vyrobek/penetrologger-sada-do-80-cm-s-gps>

[15] Závěrečná práce [online]. Copyright © 2020 [cit. 04. 03. 2020]. Dostupné z: [http://file:///C:/Users/uzivatel/Downloads/zaverecna\\_prace.pdf](http://file:///C:/Users/uzivatel/Downloads/zaverecna_prace.pdf)

[16] Měření utužení půdy při zkouškách zaměřených na výživu rostlin (ÚKZÚZ). [online]. Copyright © 2009 [cit. 04. 03. 2020]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/ukzuz/portal/fb/mereni-utuzeni-pudy-pri-zkouskach.html>

[17] Autograph AGS-X série – PDF Free Download. Představujeme Vám pohodlné a bezplatné nástroje pro publikování a sdílení informací. [online]. Copyright © DocPlayer.cz [cit. 03. 03. 2020]. Dostupné z: <https://docplayer.cz/5422078-Autograph-ags-x-serie.html>

[18] Hliníkové trubky bez povrchové úpravy pro široké použití – ALUCAD Bohemia s.r.o. Hliníkové profily, hliníkové chladiče, hliníkové plechy – ALUCAD Bohemia, s. r. o. [online]. Copyright © 2020 [cit. 29. 03. 2020]. Dostupné z: <http://www.alunet.cz/trubky>

[19] Nerez trubky | NerezMaterial, e-shop Brno, rozvoz ČR SR. NerezMaterial, e-shop Brno, rozvoz ČR SR [online]. Copyright © 2020 [cit. 29. 03. 2020]. Dostupné z: <https://www.nerezmaterial.cz/index.php?str=produkty&k=trubky&r1=x70&r2=x1-t-5>

[20] PVC trubky. Gama shop internetový obchod Gama plus sro vodo topo [online]. Copyright © Gama Plus s.r.o., All rights reserved [cit. 29. 03. 2020]. Dostupné z: <https://www.gamashop.cz/odpadni-systemy-pvc-trubky/>

## Seznam obrázků

Obrázek 1 – Zranitelnost půdy [6] .....	14
Obrázek 2 – Rýčová zkouška [7] .....	16
Obrázek 3 – Půdní sonda [10].....	17
Obrázek 4 – Průřez vpichu penetrometru [11].....	18
Obrázek 5 – Soil compaction tester [13].....	19
Obrázek 6 – Sada Penetrologgeru [14] .....	20
Obrázek 7 – Přední pohled [17] .....	24
Obrázek 8 – Zadní pohled [17] .....	24
Obrázek 9 – Výkres plechu s miskou.....	26
Obrázek 10 – Výkres tlačného zařízení .....	27
Obrázek 11 – Výkres trubky 104 x 3 mm.....	27
Obrázek 12 – Výkres trubky 84 x 3 mm.....	27
Obrázek 13 – Výkres trubky 85 x 2,5 mm.....	28
Obrázek 14 – Výkres trubky 67 x 1,5 mm.....	28
Obrázek 15 – Korozivzdorný plech s miskou .....	30
Obrázek 16 – Tlačné zařízení.....	31
Obrázek 17 – Hliníková trubka.....	32
Obrázek 18 – Trubka 67 mm .....	33
Obrázek 19 – Trubka 85 mm .....	33
Obrázek 20 – PVC trubka .....	34
Obrázek 21 – Montáž.....	35
Obrázek 22 – Ukázka stlačené půdy .....	36
Obrázek 23 – Konečná pozice při stlačení.....	36
Obrázek 24 – Zatížení trubky 67 x 1,5 mm při zaplnění pískem.....	37
Obrázek 25 – Zatížení trubky 67 x 1,5 mm při zaplnění jílem .....	38
Obrázek 26 – Zatížení trubky 67 x 1,5 mm při zaplnění půdou hlinitou.....	38
Obrázek 27 – Zatížení trubky 104 x 3 mm při zaplnění pískem.....	39
Obrázek 28 – Zatížení trubky 104 x 3 mm při zaplnění jílem .....	40
Obrázek 29 – Zatížení trubky 104 x 3 mm při zaplnění půdou hlinitou.....	40
Obrázek 30 – Zatížení trubky 85 x 2,5 mm při zaplnění pískem.....	41
Obrázek 31 – Zatížení trubky 85 x 2,5 mm při zaplnění jílem .....	42
Obrázek 32 – Zatížení trubky 85 x 2,5 mm při zaplnění půdou hlinitou.....	42

Obrázek 33 – Zatížení trubky 84 x 3 mm při zaplnění pískem .....	43
Obrázek 34 – Zatížení trubky 84 x 3 mm při zaplnění jílem .....	44
Obrázek 35 – Zatížení trubky 84 x 3 mm při zaplnění půdou hlinitou .....	44
Obrázek 36 – Detail poškození .....	46
Obrázek 37 – Posun/čas .....	46

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 – Zranitelnost půdy upraveno dle [4] .....	14
Tabulka 2 – Nastavené parametry pro pokus .....	29
Tabulka 3 – Naměřená vlhkost půdy .....	34
Tabulka 4 – Náklady za nový materiál [18–20] .....	45