

# JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

## ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4106 Zemědělská specializace

Studijní obor: Dopravní a manipulační prostředky

Katedra: Zemědělské dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. Ing. Antonín Jelínek, CSc.

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

#### Měření profilu zpracované půdy

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Václav Vávra, Ph.D.

Konzultant bakalářské práce: PaedDr. Bedřich Veselý, Ph.D.

Autor: Tomáš Kuchválek

České Budějovice, duben 2011

**Prohlášení autora**

Student na tomto místě prohlašuje, že se jedná pouze o jeho dílo, předepsanou formulací:

Prohlašuji, že svoji bakalářskou – diplomovou – disertační práci jsem vypracoval/a samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury. Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské – diplomové práce, a to v nezkrácené podobě (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích

Tomáš Kuchválek

15.04.2011

## **Poděkování**

Zde bych rád poděkoval panu Ing. Václavu Vávrovi, Ph.D. a panu PaedDr. Bedřichu Veselému, Ph.D. za připomínky a odborné rady, kterými přispěl k vypracování této bakalářské práce.

## **Abstrakt**

Tato práce pojednává o měření profilu zpracované půdy a metodách, kterými se profil půdy měří. Dále jsou v práci uvedeny metody, kterými by bylo možné profil půdy měřit a jejich zhodnocení vzhledem k polním podmínkám které při měření profilu půdy nastávají. V práci je uveden návrh měřicího zařízení, které tuto operaci je schopno vykonávat.

## **Abstrakt**

This work deals with the profile measurements of soil and methods to measure the soil profile. Further, there are the methods by which it would be possible to measure the soil profile and their assessments due to field conditions by measuring the soil profile occur. The thesis proposal measuring device that is able to perform the operation.

Obsah:

|                                                                |    |
|----------------------------------------------------------------|----|
| <b>Úvod</b>                                                    | 8  |
| <b>1. Možnosti zpracování půdy</b>                             | 9  |
| 1.1 Zpracování půdy pomocí orby                                | 9  |
| 1.1.1 Podzimní zpracování půdy                                 | 10 |
| 1.1.2 Jarní zpracování půdy                                    | 11 |
| 1.2 Bezorebné zpracování půd                                   | 13 |
| <b>2. Druhy a typy půd a vliv podnebí</b>                      | 13 |
| <b>3. Jednotlivé ekonomické ukazatele</b>                      | 14 |
| 3.1 Průměrná spotřeba nafty na zpracování 1m <sup>3</sup> půdy | 14 |
| 3.2 Průměrná hodinová spotřeba nafty                           | 14 |
| 3.3 Průměrná měrná spotřeba nafty                              | 15 |
| 3.4 Výkonnost v čase hlavním                                   | 15 |
| 3.5 Pracovní rychlost                                          | 16 |
| <b>4. Metody měření hloubky zpracování půd</b>                 | 16 |
| 4.1 Profil zpracované půdy                                     | 16 |
| 4.2 Hloubka zpracování                                         | 16 |
| 4.3 Metody měření hloubky zpracování půdy                      | 17 |
| <b>5. Měření pomocí přístrojů</b>                              | 20 |
| 5.1 Složení přístrojů                                          | 22 |
| 5.1.1 Snímače                                                  | 22 |
| 5.1.2 Převodník                                                | 24 |
| 5.1.3 Zesilovače                                               | 24 |
| 5.1.4 Vyhodnocovací přístroje                                  | 24 |
| <b>6. Cíl práce</b>                                            | 25 |
| <b>7. Možné způsoby měření profilu půdy</b>                    | 26 |
| 7.1 Ultrazvuk                                                  | 26 |
| 7.1.1 Užití ultrazvukových vln v praxi                         | 26 |
| 7.1.2 Metody zkoušení ultrazvukem                              | 27 |
| 7.1.3 Příklad měřícího ultrazvukového přístroje                | 27 |
| 7.1.4 Možnost použití pro měření profilu půdy                  | 29 |
| 7.2 Rentgenem                                                  | 29 |
| 7.2.1 Fyzika a chemie RTG                                      | 29 |
| 7.2.2 Typy RTG záření                                          | 30 |
| 7.2.3 Vlastnosti záření                                        | 31 |
| 7.2.4 Vznik záření                                             | 31 |
| 7.2.5 Zčernání snímku                                          | 32 |
| 7.2.6 Ostrost snímku                                           | 33 |
| 7.2.7 Druhy prostředí                                          | 33 |
| 7.2.8 Využití                                                  | 34 |
| 7.2.9 Možnost použití pro měření profilu půdy                  | 35 |
| 7.3 Mechanickou cestou                                         | 36 |
| 7.3.1 Složení měřící soustavy                                  | 36 |
| 7.3.2 Možnost použití pro měření profilu půdy                  | 37 |
| 7.4 Měření pomocí laseru                                       | 37 |
| 7.4.1 Princip laseru                                           | 37 |
| 7.4.2 Součásti laseru                                          | 38 |
| 7.4.3 Typ laseru vhodný pro měření                             | 40 |
| 7.4.4 Použití laseru                                           | 40 |
| 7.4.5 Bezpečnostní rizika                                      | 40 |

|                                                                          |           |
|--------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 7.4.6 Příklad měřicího laserového přístroje.....                         | 41        |
| 7.4.7 Možnost použití pro měření profilu půdy.....                       | 43        |
| <b>8. Teoretický návrh měřicího zařízení na měření profilu půdy.....</b> | <b>43</b> |
| 8.1 Části stroje.....                                                    | 44        |
| 8.2 Sestava měřicího zařízení.....                                       | 54        |
| <b>9. Diskuze.....</b>                                                   | <b>54</b> |
| <b>10. Závěr.....</b>                                                    | <b>55</b> |
| <b>11. Použitá literatura.....</b>                                       | <b>56</b> |

## **Úvod:**

Hlavním cílem zpracovávání půdy je vytvoření optimálních podmínek pro jednotlivé pěstované rostliny a to jak pro růst, tak pro správný průběh procesů v půdě. Jelikož jednotlivé druhy rostlin potřebují různé úpravy půdy a zároveň správná úprava půdy je jedním ze základních požadavků pro dobrý výnos, začali se touto problematikou zabírat již naši předci.

Dříve bylo synonymem pro zpracovávání půdy pouze orba. Dnes však víme, že orba řeší hlavně úpravu posklizňových zbytků, odstraňování plevelů a regeneraci živin v půdě. Ale orba je velmi energeticky náročnou činností.

V současnosti už existují moderní stroje pro úpravu půdy (kypřiče), které dokážou provést nakypření bez obrácení půdy levněji a rychleji.

Důležité je si také uvědomit, že každá pěstovaná rostlina má jiné nároky, ať už na přípravu půdy před setím anebo jejich průběžném ošetřování během růstu.

Mezi tyto požadavky patří nároky na jednotlivou techniku. Ideální je aby stroje měly co nejmenší působení na půdu a velký záběr a pokud možno i co nejmenší hmotnost. Bohužel tento požadavek nelze splnit. Protože pokud zvolíme například lehký traktor s ne příliš velkým výkonem a stroj s velkým záběrem, tak tažný prostředek (v našem případě lehký traktor) nebude moci dostatečně přenést výkon kvůli součinitelům tření. Proto často využíváme částečného kompromisu mezi tažným prostředkem a strojem.

# **1. Možnosti zpracování půdy**

## **1.1 Zpracování půdy pomocí orby**

### **Orba**

Je to způsob úpravy zemědělské půdy. Tažený pluh svým pluhovým ostřím vodorovně odřezává tloušťku půdy dle potřeby. Tento pruh zeminy pak najíždí na spirálově stočenou ohrnovací desku, postupně se staví, až se nakonec obrátí. Účelem je rozrušit a provzdušnit její povrch do hloubky, zapravit posklizňové zbytky, statková a průmyslová hnojiva, zelené hnojení a zamezení růstu plevelů. Orba se provádí radličnými či talířovými pluhy. [2]

### **Rozdělení orby:**

#### **1. podle hloubky**

- mělká orba (10-18 cm)
- střední orba (20-24 cm)
- hluboká orba (30 cm)
- velmi hluboká orba
- rygolování

#### **2. podle způsobu**

- do skladu - priorat k sobě-např. pětiradličný pluh vyorá pět brázd, které převrátí doprava. Na konci pole (na souvratí) se otočí a orá k pravé straně. Tím jsou brázdy sklopeny k sobě (sklad). Sklad je vyvýšený, na poli vznikne hrbol. Kdyby každý rok při orbě se oralo na sklad, byl by hrbol stále větší. Proto se každý rok orá střídavě na sklad a rozor.
- do rozoru - traktor orá po levé straně a sklopí brázdy od sebe. Na místě rozoru vznikne prohlubeň - strouha, která by každým rokem byla hlubší. Proto se orá střídavě na sklad a rozor.

- do roviny - moderní způsob orby, ornice se přiklápí k jedné straně, vyžaduje použití oboustranného pluhu

### **Kvalitativní parametry orby**

1. Termín - odvozuje se od stavu půdy a od pěstované plodiny.
2. Hloubka - celý pozemek by měl být zaorán na stejnou hloubku.
3. Stupeň obrácení ornice a zapravení posklizňových zbytků - posklizňové zbytky by měly být dobře zaklopeny. Závisí na orebním poměru 1,27 a na použití předradličky.

Důležité je také roční období podle toho se také dělají určité procesy.

#### **1.1.1 Podzimní zpracování půdy má tyto funkce:**

- přimět výdrol předplodiny k vyklíčení (zapravít ho mělce do půdy) a zkypřením povrchové vrstvy omezit neproduktivní výpar
- obnovit strukturní stav v půdě, vytvořit příznivý vodní a vzdušný režim pro příští vegetační období
- ničení vytrvalých plevelů několikanásobným zpracováním
- zapravení hnojiv do orničního profilu
- odstranění zhutnělé vrstvy v podorničí
- vyrovnaním půdního povrchu umožnit mělkou a jednorázovou jarní přípravu pro setí. [3]

Zhruba 150 let bylo zpracování půdy v Evropě synonymem pro orbu. Orba řeší problém posklizňových zbytků, utužení v ornici, mobilizuje živiny v organických vazbách, potlačuje řadu obtížných plevelů. Je však energeticky enormně náročná, poslání plní jen za příznivé půdní vlhkosti, vytváří se pod ní zhutněný horizont a před setím ozimů je půdu třeba opět utužit. Dnes se již používá různá zemědělská technika, která je schopná provést nakypření bez obrácení ornice, levněji a rychleji. Dnes je základní dilema orat či neorat. [3]

Ať už si v zemědělském podniku zvolíme (nebo máme strojovým parkem předurčen) jakýkoliv systém, vždy je potřeba dodržet následující pravidla:

- a. **Zpracovávat půdu za příznivé vlhkosti**, ne za mokra. Orba i jakékoliv další drobní zásahy za mokra se míjejí účinkem, místo k rozdrobení dochází k dalšímu utužení půdy, vzhledem k prokluzu traktorů se zmenšuje hloubka zpracování a práce se prodražuje. S postupujícím podzimem vlhkost půdy roste, a i když jsou ročníkové výkyvy, snižuje se pravděpodobnost kvalitní orby. Zkušenost proto ukazuje, že těžiště podzimních oreb by mělo být v září a v první polovině října. Tomu je nutno přizpůsobit plán podzimních prací i počet a výkonnost pluhů a dalších strojů. [3]
- b. **Rozrušení utužené podorníční vrstvy**. Výrazným problémem zejména souvrátí našich polí je jejich utužení v podorníci. Odstranění ztuhlé vrstvy lze dosáhnout hloubkovým prokypřením speciálními kypřiči do cca 40 cm. K tomu účelu se užívají buď speciální kypřiče, nebo tak zvané parapluhy (slupice bez odhrnovaček na rámu pluhu, které hluboko kypří a neobracejí půdní skývu). Jedná se o energeticky náročnou, drahou operaci.[3]
- c. **Zabránit dalšímu utužování půdy** změnami v soustavě hospodaření. Utužování a kypření samo o sobě představuje zcela neekonomický kolotoč, v němž vznikají pouze náklady a žádná produkce. Zvlášť je potřeba vyloučit dopravu nákladními automobily z polí, např. při sklizni cukrovky, omezit počty vstupů na pozemky obecně a snížit měrné tlaky používaných strojů investicemi do dvoumонтаží pneumatik. [3]

### 1.1.2 Jarní zpracování půdy

Jarní zpracování půdy navazuje na podzimní a využívá příznivých účinků mrazu na půdní strukturu. Efekty, kterých chceme dosáhnout lze shrnout takto:

- Urovnat povrch pozemku.

- Vytvořit výsevní lůžko v hloubce 3 - 4 cm jako rozhraní mezi půdní vrstvou, v níž vzlíná voda a vrstvou nakypřené provzdušené zeminy, chránící zásobu zimní vláhy před výparem
- Zničit časně vzcházející plevely
- Šetřit půdní strukturu vytvořenou orbou a mrazem, to znamená minimalizovat počet přejezdů, měrný tlak v kolejích a rozprášení půdních agregátů v povrchové vrstvě. [3]

U nás zatím, bohužel, velikou roli hraje urovnávání pozemku. Pozemky od podzimu nerovné je velmi obtížné dobře připravit, zejména na těžších půdách. Je to problém orby, hlavně orby za mokra, ale i seřízení pluhů a je to také problém kolejí po nepromyšlených vstupech, třeba při jarním hnojení. Při suchém průběhu zimy se někdy vyskytne situace, že už v lednu nebo v únoru je možno provést první urovnání (na jihu Evropy je tento postup standardní). Využití této možnosti velmi zjednoduší a zkvalitní předset'ovou přípravu. Jarní příprava půdy je vždy spojena se ztrátami vody a tyto ztráty násobí počet operací v přípravě. Ideální je, pokud stačí jeden vstup kombinátorem, potřeba rovnání si však zpravidla vynutí zpracování dvakrát „na koso“. Jízda „na koso“ v operaci těsně před setím sice zlepšuje rovnání, zvětšuje však časový odstup přípravy a secího stroje a opět ztráty vody. Na lehčích a sušších půdách by odstup setí od přípravy neměl být větší než několik hodin. [3]

Pro vlastní přípravu výsevního lůžka se používá předset'ová kombinace - t.j. nářadí s kypřícími, urovnávacími a utužovacími orgány. Výrobci nabízejí různá řešení a i v konkrétním stroji je většinou možno jednotlivé funkce - urovnávání, kypření a utužování posílit či oslabit. Pro toto nastavení je důležité reagovat na druh a vlhkost půdy. Kombinátor současně kypří půdu do 6 - 10 cm, zahrne drobné nerovnosti a prutovými válci vytvoří v hloubce 3 - 4 cm utužený horizont. Do správně sestavené a včas nasazené linky k jarnímu zpracování půdy nepatří hladké a těžké válce. Tato zásada platí jak před setím, tak po něm. Z nouze je nutno válet při příliš hluboké přípravě a při pozdním setí.

V jarním zpracování půdy je velmi důležitá osobní zkušenost a cit zemědělce k odhadnutí správného okamžiku vstupu na pozemek, hloubky a způsobu zpracování. Nelze stanovit kalendářní termín, nerozhoduje teplota půdy, nýbrž především její vlhkostní vyzrállost. Půda nesmí být lepkavá, musí unést techniku (její vybavení

širokými pneumatikami či dvoumontážemi je už dnes samozřejmostí), každé prodlení však znamená ztrátu vody a vegetační doby. [3]

### **1.2 Bezorebné zpracování půd**

Orba je velmi energeticky náročná, proto se stále častěji využívá tzv. bezorebné zpracování půdy. Bezorebné zpracování půdy spočívá v tom, že se na pole sejí rostliny a ty se po sklizni nechají rozsekané ležet na poli. Tím půdu hnojí a chrání. Půda se pak zpracuje speciálními stroji (např. kombinátory). Tímto způsobem se dá ušetřit na hnojivech a na pohonných hmotách. Ovšem ne všem rostlinám tento způsob vyhovuje. Bezorebné technologie zpravidla zanechávají pozemek rovnější, únosnější pro přejezdy a lépe se po nich připravuje.

## **2. Druhy a typy půd a vliv podnebí**

Druhy jednotlivých půd se rozlišují podle zrnitosti.

- a. lehké půdy – tyto půdy jsou převážně písčité a dobře propouští vodu. Jsou ale chudé na živiny.
- b. střední půdy – jsou to hlavně hlinité půdy, jsou nejvýhodnější pro zemědělství
- c. těžké půdy – mezi tyto druhy půd patří půdy jílovité. Ty dobře drží vodu a živiny. Při dobré nakypřování mohou být využity pro zemědělství

Půdní typy se rozlišují podle složení jednotlivých vrstev.

- a. černozemě – tento typ je půda nejúrodnější a nejvýhodnější pro zemědělství
- b. hnědozemě – obsahují dost živin a jsou středně úrodné
- c. podzolové – pokrývají přibližně 1/2 České republiky a jsou poměrně kvalitní, ale vyžadují pravidelné hnojení.
- d. nivní – tento typ půdy vzniká nejčastěji v záplavových oblastech řek. Většinou se využívají jako louky
- e. solné půdy – vzniknou nahromaděním soli v půdě. V zemědělství se nevyužívají

Půdy, které jsou objemově těžší, mají větší možnost vázat vodu. Vlhkost v půdě je také samozřejmě závislá na podnebí. V sušších a teplejších oblastech je výpar z půdy větší než v oblastech s chladnějším podnebím. Tyto výpary lze regulovat vhodným zpracováním půdy.

Důležité je také sledovat v půdě vztah mezi vzduchem a vodou.

Je jasné, že různé rostliny potřebují různou péči. To znamená, že při zpracování půdy je nutné se zaměřit na podmínky, které rostlina potřebuje. Tím se v první řadě hlavně řídíme. Proto i tak důležitý údaj jako je spotřeba paliva musí jít stranou před požadavky jednotlivých rostlin.

### **3. Jednotlivé ekonomické ukazatele**

#### **3.1 Průměrná spotřeba nafty na zpracování 1 m<sup>3</sup> půdy**

Tímto údajem posuzujeme jednotlivé energetické náročnosti jednotlivých strojů pro zpracování půdy

$$m_{Qm^3} = \frac{Q}{a \cdot Szp \cdot 100} \quad [l/m^3] \quad [1]$$

kde:

Q - skutečně naměřená spotřeba při pracovní jízdě [l]

Szp - zpracovaná plocha [m<sup>2</sup>]

a - hloubka zpracování

#### **3.2 Průměrná hodinová spotřeba nafty**

stanoví se ze skutečné naměřené spotřeby při pracovní jízdě (Q) v čase (T<sub>1</sub>)

Slouží k posouzení jednotlivých strojů pro zpracování půdy a jejich energetické náročnosti.

Tento údaj je nutný pro výpočet průměrné měrné spotřeby nafty

$$Q_h = \frac{Q}{T_1} \text{ [l/s]} \quad [1]$$

kde:

$Q$  – skutečně naměřená spotřeba při pracovní jízdě [l]

$T_1$  – čas [t]

### 3.3 Průměrná měrná spotřeba nafty

Slouží k posouzení jednotlivých strojů pro zpracování půdy a jejich energetické náročnosti

$$mQ_{ha} = \frac{Q_h}{W_1} \text{ [l/ha]} \quad [1]$$

kde:

$Q_{ha}$  – průměrná hodinová spotřeba nafty [l/s]

$W_1$  - výkonnost v čase hlavním [ha/h]

### 3.4 Výkonnost v čase hlavním

Slouží k výpočtu času zpracování zvolené plochy zvoleným nástrojem. Tento údaj je nutný pro výpočet průměrné měrné spotřeby.

$$W_1 = 0,1 \cdot B_p \cdot v_p \text{ [ha/h]} \quad [9]$$

kde:

$B_p$  – skutečný ( pracovní ) záběr stroje [m]

$v_p$  – pracovní rychlost [m/s]

### 3.5 Pracovní rychlost

Slouží výpočtu pracovní rychlosti. Tento údaj je nutný pro výpočet výkonnosti v čase hlavním

$$v_P = \frac{L}{T_1} \text{ [m/s]} \quad [9]$$

kde:

L – délka měřeného úseku [m]

T1 – čas hlavní, doba jízdy [s]

## 4. Metody měření hloubky zpracování půdy

### 4.1 Zpracováváný profil půdy

Zpracovaný profil půdy se vypočítá z průměrné hloubky zpracované půdy a ze skutečného záběru stroje. Patří mezi nejdůležitější údaje, jež lze posuzovat kvalitu stroje pro zpracování půdy a jeho seřízení. Tento údaj je také nutný k výpočtu průměrné spotřeby nafty na 1 m<sup>3</sup> půdy

$$s_{zp} = \frac{a \cdot B_p}{100} \text{ [m}^2\text{]} \quad [9]$$

kde:

a – průměrná hloubka zpracování půdy [m]

Bp – skutečný záběr stroje [m]

### 4.2 Hloubka zpracování

Vypočítá se rozdílem naměřených hodnot. Tato hodnota se používá pro výpočet zpracovaného profilu půdy. Dále pomocí tohoto údaje určíme kvalitu práce stroje pro zpracování půdy a jeho správné seřízení.

$$a = a_d - a_p \text{ [m]} \quad [9]$$

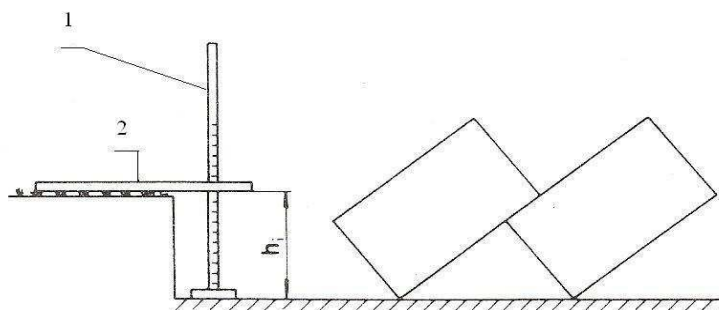
kde:

$a_d$  = vzdálenost od vodorovné latě k povrchu pozemku (dno brázdy) po odebrání zpracované půdy v [m]

$a_p$  = vzdálenost od vodorovné latě k povrchu pozemku před zpracováním [m]

#### 4.3 Metody měření hloubky zpracované půdy

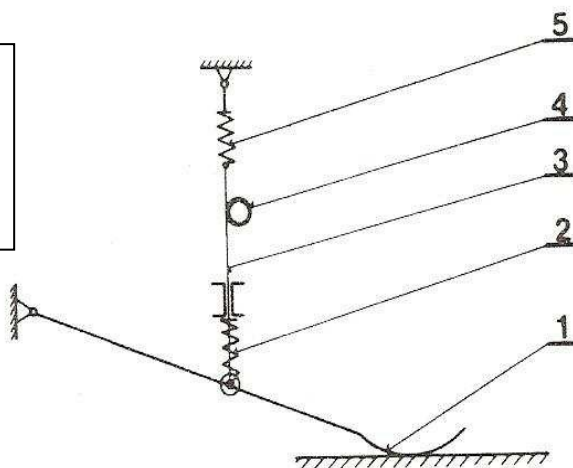
- a) ručním hloubkoměrem – měření pomocí ručního hloubkoměru se provádí tímto způsobem. Měřicí tyč se staví kolmo k povrchu pole. Poté se přiloží vodorovná lať. Ta se pokládá vodorovně s povrhem pole. Výslednou hodnotu poté odečteme tam, kde se protíná lať s měřicí tyčí.



Obr.1 ruční hloubkoměr [1]

- b) registračním hloubkoměrem - přístroj se skládá z tělesa přístroje a elektrické části. Elektrická část přeměňuje mechanický pohyb snímače na elektrickou veličinu a tím měří hloubku. Snímač je hmatač, který je uložený otočně k tělesu přístroje a je přitlačovaný pomocí pružiny. Jak se hmatač pohybuje po povrchu pole, tak jeho pohyb je pomocí navíjecího lanka přenášen na potenciometr. Ten je potom připojen na záznamové zařízení.

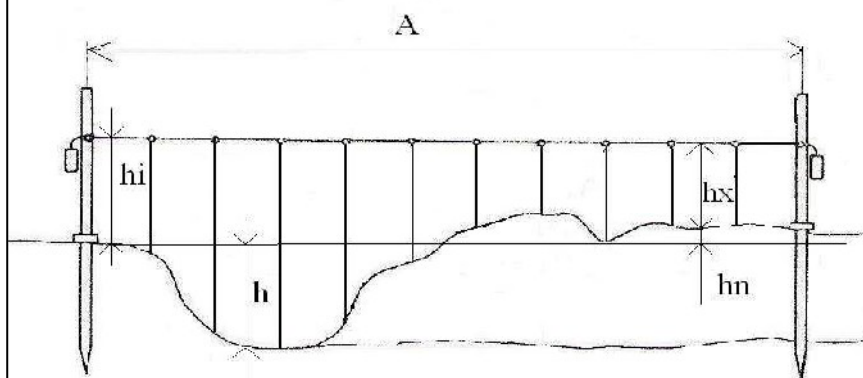
- 1...hmatač
- 2...přítlačná pružina
- 3...lanko
- 4... Navíjecí kladka
- 5... Pružina lanka



Obr.2 registrační hloubkoměr [1]

- c) od měřicí šňůry - k měření se používá měřicí šňůra napnutá mezi dva kolíky a na jedné straně zatížena. Na šňůře jsou po vzdálenosti 10cm umístěny barevné korálky, od nichž se pak měří kolmá vzdálenost

- A - délka šňůry
- h - Hloubka zpracování půdy [m]
- $h_i$  - Vzdálenost šňůry od povrchu pozemku před přejezdem [m]
- $h_x$  - Vzdálenost šňůry od povrchu pozemku po přejezdu [m]
- $h_n$  - Nakypřenost půdy [m]



Obr3 měření pomocí šňůry [1]

- d) od vodorovné latě – k měření se používá lat', která je za pomoci kolíků zatlučena do země. Lat' se vyrovná do vodorovné polohy. Změří se pomocí vodorovná vzdálenost před a po zpracování půdy. Měřicí tyčky musí být stejně dlouhé. Výsledná vzdálenost mezi povrchem a latí se zjistí na měřítku měřicí tabule.



Obr.4 měření pomocí vodorovné latě [9]

- e) pomocí laserového profilografu – Zařízení je složeno z hliníkového podstavce s přestavitelnou lineární drahou a čtyř nebo více výškově nastavitelných nohou. Po dráze se automaticky pohybuje elektromotorkem hnaný vozík programovatelně řízený. Na vozíku je upevněno laserové optické čidlo snímající nerovnosti povrchu v pravidelných intervalech vyvolaných fotobuňkou při pojezdu vozíku po dráze. Naměřená data jsou zaznamenávána do paměťového modulu nebo přímo do připojeného přenosného počítače. Pro nivelaci a nastavení polohy měřicího zařízení v terénu je zařízení vybaveno otočnou laserovou vodováhou [11]



Obr.5 laserový profilograf [11]

## **5. Měření pomocí přístrojů:**

Měření je číselné zkoumání vlastností předmětů (jevů, procesů), obvykle porovnáváním s obecně přijatou jednotkou. Výsledkem měření je tedy číslo, které vyjadřuje poměr zkoumané veličiny k jednotce. Význam měření je hlavně v tom, že:

- a. charakterizuje měřenou veličinu významně přesněji než kvalitativní údaje
- b. umožňuje měření opakovat a porovnávat;
- c. výsledek lze zpracovávat matematickými prostředky, nebo dále zpracovávat.

Nejjednodušší kvantitativní zkoumání je počítání kusů (angl. *counting*), které však obvykle nepovažujeme za měření. Měření určité veličiny jakožto porovnávání vyžaduje jednotku této veličiny. Pro měření délek (délkových rozměrů) se jako jednotky nejprve užívaly rozměry lidského těla: palec, stopa, loket, sáh. Délku tak bylo možno vyjádřit počtem těchto jednotek, případně i jejich zlomky. Pro jiné fyzikální veličiny – například hmotnost, teplotu – však takové přirozeně dané jednotky nejsou a bylo třeba je vytvořit. Jednotky měření však mají tím větší význam, čím více lidí s nimi pracuje, a vyžadují tedy nějakou dohodu. [2]

Určitou dohodu o společně užívaných a tedy srovnatelných jednotkách si patrně nejdříve vynutil obchod. Už od starověku obchodníci měřili délky, plochy, objemy a zejména váhy, a to pomocí konvenčních jednotek (karát, libra, pinta a pod.). Starověká věda měřila úhly, jenže úhlový stupeň, vzniklý rozdělením plného úhlu na 360 dílků, se jí nezdál být konvenční. Do vědeckého provozu se měření pomocí konvenčních jednotek dostalo teprve v novověku a první pokus o mezinárodní standardizaci jednotek udělala až Francouzská revoluce (mezinárodní metr). Tvůrci metru se však také ještě domnívali, že jednotka nemůže být pouze konvenční, a tak se ji pokusili odvodit z rozměrů Země. Brzy se však ukázalo, že jednotka musí být stanovena daleko přesněji, než tehdy dokázali Zemi změřit, takže i metr je fakticky jednotka konvenční [2]

Měřit je možné prostým přikládáním jednotky (krokováním vzdálenosti, odměřováním jednotky objemu atd.), měření se však dá výrazně zdokonalit měřicími nástroji (délkové měřítko, kalibrovaná nádoba), případně jednoduchými přístroji (váha). [2]

Pro postupy nepřímých měření vznikly i další měřicí přístroje (teploměr, tlakoměr, elektrické měřicí přístroje atd.), které sice často „měří“ nějakou jinou, i když ovšem související veličinu (délku rtuťového sloupce, magnetický účinek proudu apod.), výsledek však ukazují na stupnici nebo přímo čísla na displeji. Na rozdíl od přímých měření se však takové měřicí přístroje musejí kalibrovat, to jest zajistit správný odečet měřené veličiny na stupnici – stejně jako u hodin. [2]

## 5.1 Složení měřících přístrojů

Nejčastější podoba měřících přístrojů je taková, že se obecně skládají z měřicí části (snímače), za ním je převodník signálu a nakonec vyhodnocovací část. Případně může být mezi vyhodnocovací částí a snímačem ještě zesilovač signálu od snímače.

### 5.1.1 Snímače

Je to vstupní blok celého řetězce (primární zdroj celého řetězce). Má přímý kontakt s měřeným objektem. Často také musí být odolný vůči prostředí vůči okolnímu prostředí a nesmí reagovat s měřeným objektem. Snímá sledovanou veličinu a transformuje ji na měřicí veličinu. Dnes nejčastěji je měřicí veličinou elektrický proud. Další názvy pro snímač jsou například čidlo a senzor. [6]

#### 1. Odporové snímače polohy

Rozlišujeme odporové snímače polohy s nespojitou činností a se spojitou činností. Podle činnosti rozdělujeme odporové snímače na nespojité, které umožňují měření mezních hodnot polohy, a na spojité, které umožňují měření každé hodnoty polohy v celém měřicím rozsahu.

- a. **Nespojité snímače** polohy pracují na principu spínání nebo rozpojování kontaktů. Změna odporu mezi kontakty je spojitá, hodnota odporu je buď nulová, nebo nekonečná. Podle požadavků na přesnost spínací úrovně rozlišujeme koncové spínače, které slouží k hrubému snímání mezních poloh různých zařízení, a mikrosplínače, u nichž stačí k přeložení kontaktů nepatrná posunutí.
- b. **Spojité odporové snímače** Odporové snímače polohy jsou konstrukčně řešeny pro měření přímočarého posuvu, nebo pro měření úhlu natočení. Ideální snímač by měl mít velkou délku odporové dráhy  $l$  a malý průměr nosiče. Výhodou odporových snímačů polohy je snadná úprava průběhu odporu snímače a tím i průběhu přenosové charakteristiky. Průběh odporu se obvykle upravuje tvarováním nosiče, nerovnoměrnou hustotou vinutí nebo paralelními odpory k odbočkám potenciometru. [6]

## 2. Indukční snímače polohy

Indukční snímače polohy patří mezi bezkontaktní snímače. Pracují na principu změny indukčnosti tlumivky změnou magnetické vodivosti magnetického obvodu.

Měníme-li vodivost magnetického obvodu, mění se indukčnost tlumivky, aniž bychom museli měnit počet závitů; mění se tedy bezkontaktně. Rozlišujeme indukční snímače s otevřeným a uzavřeným magnetickým obvodem.

- a. Indukční snímač s otevřeným magnetickým obvodem je tvořen vzduchovou cívkou, do které se zasouvá magneticky vodivé jádro, a tím se mění permeabilita dutiny cívky. Původně malá vodivost magnetického obvodu se zvětšuje.
- b. Indukční snímač s uzavřeným magnetickým obvodem je tvořen tlumivkou s uzavřeným magnetickým jádrem, vodivost magnetického obvodu se mění změnou vzduchové mezery. Protože magnetická vodivost vzduchu v porovnání s magnetickou vodivostí feromagnetického materiálu magnetického obvodu je výrazně menší, zařazením vzduchové mezery do magnetického obvodu se rychle zvětší magnetický odpor snímače. Magnetický odpor železa je pak zanedbatelný a indukčnost snímače je dána především magnetickou vodivostí vzduchové mezery
- c. Diferenciální indukční snímač polohy se skládá ze dvou jednoduchých snímačů (s otevřeným nebo uzavřeným magnetickým obvodem) uspořádaných tak, že pracují proti sobě. Jestliže se při změně měřené polohy indukčnost jednoho snímače zvětší, indukčnost druhého snímače se zmenší, a naopak.

3. **Kapacitní snímače polohy** Pro měření polohy můžeme také využít kapacitní snímače, které pracují na principu kondenzátoru proměnnou kapacitou. Při konstrukci kapacitních snímačů můžeme využívat změny účinné plochy elektrod, měny jejich vzdálenosti nebo změny dielektrika. [6]

- a. Kapacitní snímače se změnou plochy
- b. Kapacitní snímače se změnou vzdálenosti elektrod
- c. Kapacitní snímače se změnou dielektrika

### 5.1.2 Převodník

Slouží k převádění jednoho signálu na druhý požadovaný signál.

### 5.1.3 Zesilovače

Měřicí signál od snímače je zpravidla řádově nedostatečný a proto nepoužitelný nejen pro indikaci, ale ani pro další zpracování ve vyhodnocovacích obvodech bez předchozího zesílení. Zesílení se provádí lineárními zesilovacími obvody, které jsou charakterizovány tím, že jejich výstupní veličina je lineární funkcí veličiny vstupní.

Rozdělení snímačů podle druhu zesilovacího napětí?

- střídavé
- stejnosměrné

Zesilovače střídavé jsou obvykle jednodušší a hlavně stabilnější, než stejnosměrné zesilovače [5]

### 5.1.4 Vyhodnocovací přístroje

Používají se k vyhodnocování a zpracování na měřené veličiny. Většinou se rozdělují do několika druhů:

- přístroje opatřené ukazatelem
- přístroje kompenzační
- přístroje registrační
- přístroje opatřené paměťovým záznamem

#### a. Přístroje opatřené ukazatelem

Těmito přístroji lze přímo odečítat aktuální stav měřené veličiny ukazatelem, který se pohybuje podél stupnice přístroje.

Ukazatelem může být v podobě:

- otáčivé ručičky
- pohyblivého indexu
- měření pomocí hladiny kapaliny
- pomocí světelného paprsku, nebo laseru

Podoba stupnice může být:

- logaritmická
- rovnoměrná
- kvadratická

### **b. Přístroje kompenzační**

Měřenou hodnotu adekvátně nahrazujeme hodnotou jinou, předem danou (určenou) tak, aby ukazatel byl nastaven do předepsané polohy. Poté je samotné měření provedeno úplným vyvážením obou hodnot (tzv. nulová metoda).

### **c. Přístroje registrační**

Používají se k sledování průběhu, nebo zaznamenávání rychle probíhajících jevů tím, že pomocí měřicího orgánu nebo jeho deformací se na záznamovou pásku registruje měřená veličina. Páska může být i v podobě papíru nebo filmu.

Registrační přístroje udávají závislosti dvou veličin – měřené veličiny na čase nebo na dráze. Proto tyto zapisovače jsou buď časové nebo souřadnicové.

### **d. Přístroje s paměťovým záznamem**

Paměťový záznam je zpracováván, nebo ukládán pomocí:

- paměťového media
- výpočetní technika

Tento způsob patří mezi nejrozšířenější pro svou snadnost a už i dnes unifikaci v možnostech připojení k výpočetní technice

## **6. Cíl práce**

Cílem práce je vytvořit přehled způsobů měření profilu zpracované půdy a na jejich základě navrhnout a pomocí programu Solid Works vytvořit návrh měřicího zařízení umožňující záznam měřených hodnot pro další zpracování pomocí výpočetní techniky.

## **7. Možné způsoby měření profilu půdy:**

### **7.1 ultrazvukem**

Zvukem se obecně nazývá každé mechanické vlnění, které způsobuje v lidském uchu sluchový vjem. Rychlostí jakou se zvuk šíří závisí hlavně na prostředí, ve kterém se zvuk pohybuje a také na jeho teplotě.

**Podle frekvence dělíme zvukové vlny na :**

1. infrazvukové zvukové vlny s frekvencí nižší než 16 Hz, které nejsou slyšitelné lidským uchem.
2. zvukové
3. ultrazvukové zvukové vlny s frekvencí vyšší než 20 000 Hz, které nejsou slyšitelné lidským uchem. Ultrazvuk se využívá v různých zobrazovacích metodách. [12]

#### **7.1.1 Užití ultrazvukových vln v technické praxi**

Ultrazvukové vlny se používají nejčastěji v laboratorních podmínkách k nedestruktivním zkouškám materiálů. Výhodou ultrazvuku je, že při těchto zkouškách nedochází k biologickému, fyzikálnímu a ani chemickému znehodnocení, nebo poškození zkoušeného materiálu, protože hodnoty intenzit těchto vln jsou nízké. Z toho důvodu se ultrazvuk používá taky například v lékařství (ultrazvuková diagnostika).

Nevýhodou ultrazvuku je, že se na rozhraní pevná látka – plyn úplně odráží. I velmi tenká vrstva vzduchu mezi snímačem a materiálem zapříčiní, že se ultrazvuk nedostane do materiálu. Proto je nutné mezeru mezi sondou a povrchem zkoušeného materiálu vyplnit vhodným kapalným nebo polotuhým prostředkem, který nazýváme akustická vazba.

Nejčastěji se jako vazební prostředek používá olej, vazelína, voda, glycerín nebo speciální prostředky určené pro tento účel.

V technické praxi je ultrazvuku nejčastěji používán k:

- a. ultrazvukové čištění
- b. obrábění materiálu pomocí ultrazvukových vibrací
- c. kontrola a detekce tloušťky materiálů případně jejich defektů

### **7.1.2 Metody zkoušení ultrazvukem**

1. metoda odrazová impulsní – snímač se přiloží na zkušební povrch. Ten vysílá ultrazvukovou vlnu. Tato vlna má formu krátkých impulsů. Při průchodu ultrazvuku zkoušeným materiálem dochází k jeho odražení buď u protilehlého povrchu, nebo od vady v materiálu, která má jinou akustickou impedanci než studovaný materiál. Odražená vlna se pak vrací zpět do snímače kde je detekována a vyhodnocena. Na displeji vyhodnocovacího přístroje pak zobrazen údaj o tloušťce materiálu, nebo o poloze případné vady a její velikosti. Výhodou této metody je možnost použití jedné sondy, což je výhodou, když je druhý povrch nepřístupný.
2. metoda průchodová impulsní – při této metodě se používají dva snímače (sondy) umístěné na protilehlých stranách zkoušeného materiálu. Jedna funguje jako vysílač a druhá jako přijímač. Měřítkem celistvosti materiálu je množství ultrazvukových vln (energie) které projdou materiálem od sondy vysílací k přijímací. Je-li v materiálu vada, tak průchod energie se sníží.

### **7.1.3 Příklad měřícího ultrazvukového přístroje**

Všestranný ultrazvukový měřič vzdálenosti. Pro přesné zaměření na objekt, je měřič vybaven laserem s dosahem 40m. S tímto měřičem můžete změřit vzdálenosti v prostorách, určit jejich plochu a objem. [13]

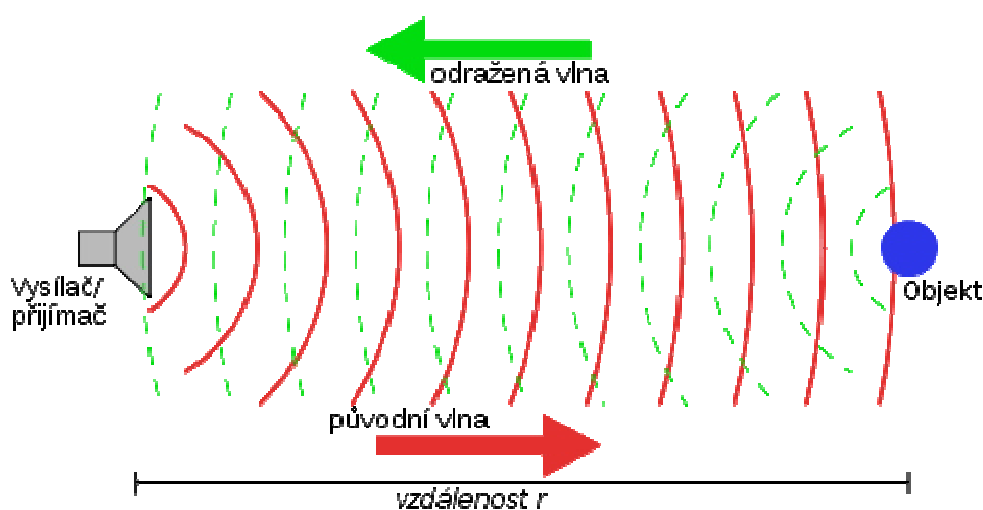
### Technické parametry:

- Rozsah měření: 91 cm až 18,2 m
- Přesnost:  $\pm 0,5 \%$  (1 digits)
- Typ laseru: 1 mW třída 2
- Dosah: 40 m
- Vlnová délka: 670 nm
- Napájení: 1x 9 V baterie
- Rozměry (š x h): 73 x 148 mm
- Hmotnost: 150 g



Obr. 6 Ultrazvukový měřič vzdálenosti s laserem [13]

Na principu ultrazvukových vln funguje i sonar. Sonar pracuje na podobném principu jako radar. To znamená, že využívá ultrazvukových vln místo radiových k detekci, identifikaci a zaměření polohy předmětů. Jeho velkou výhodou, ale zároveň i nevýhodou je, že jeho dosah je daleko větší ve vodě a zvláště slané, než na souši. Protože zvuk má pod vodou výrazně větší dosah než na souši.



Obr.7 Princip aktivního sonaru [2]

#### **7.1.4 Možnost použití pro měření profilu půdy**

Pro měření profilu půdy by bylo výhodné použití ultrazvukových vln. A to už z pohledu, že přístroje jsou lehké a nespotřebují příliš energie. Bohužel se však ultrazvukové vlny plně odráží od rozhraní pevná látka vzduch. V případě, že by byl vyřešen přímý kontakt mezi přístrojem a půdou, stejně by vznikaly chyby měření z důvodu vzduchových mezer v půdě.

Proto by bylo z mého pohledu použití ultrazvukových vln pro polní podmínky nevýhodné.

## **7.2 Rentgenem**

**Rentgenové záření** je forma elektromagnetického záření o vlnových délkách 10 nanometrů až 100 pikometrů (odpovídající frekvencím 30 PHz až 6 EHz). Využívá se při lékařských vyšetřeních a v krystalografii. Jedná se o formu ionizujícího záření a jako takové může být nebezpečné.[4]

### **7.2.1 Fyzika a chemie rentgenu**

Záření vlnové délky větší než 0,1 nm je nazýváno měkké a kratší tvrdé rentgenové záření. Vlnové délky nejenergičtější části se částečně překrývají s těmi záření gama, avšak rozlišujeme je dle původu. Foton rentgenového záření vzniká při interakcích vysoce energického elektronu, kdežto záření gama při procesech uvnitř jádra atomu. Rentgenové záření je též využíváno v analytické chemii. Částice látky jsou ionizovány rentgenovým zářením. Vzniklé sekundární rentgenové záření, které je charakteristické pro prvky, je analyzováno detektorem a přiřazeno konkrétním prvkům, ze kterých se analyzovaná látka skládá. Tato analytická metoda se nazývá rentgenfluorescenční spektroskopie.[10]

Rentgenové záření vzniká například v rentgence. Rentgenka se skládá ze skleněné vakuované trubice se zabudovanou katodou a anodou, většinou z wolframu. Elektrony se z katody uvolní po jejím nažhavení a po vložení anodového napětí vylétnou z katody na anodu. Tam různým způsobem interagují s materiálem anody.

### **7.2.2 Typy rentgenového záření**

Existují dva typy rentgenového záření - tzv. brzdné rentgenové záření a charakteristické rentgenové záření.[4]

#### **a. Brzdné rentgenové záření**

Rychle letící elektrony se po dopadu na terč brzdí a dochází ke změně jejich dráhy. Energie, kterou elektrony při průchodu terčem ztratily, se vyzáří ve formě tzv. brzdného rentgenova záření. Toto záření je charakteristické širokým, spojitým energetickým spektrem. Čím je větší energie (rychlost) elektronů, tím tvrdší záření vzniká. Energie brzdného rentgenova záření nezávisí na materiálu terče (např. anody rentgenovy trubice), ale jen na rychlosti elektronů (tedy na velikosti napětí na anodě rentgenovy trubice). Elektrony ale mohou být urychleny i jiným způsobem - v urychlovačích částic např. v tzv. lineárním urychlovači, betatronu, mikrotronu, u nichž se dosahuje výrazně vyšších energií než u rentgenovy trubice. Energie záření se udává zpravidla v elektronvoltech (eV). Brzdné záření se používá v lékařské diagnostice a v radioterapii, v průmyslu v defektoskopii.[10]

#### **b. Charakteristické rentgenové záření**

Charakteristické rentgenové záření se používá v analytické chemii, protože jeho energie nezávisí na anodovém napětí, ale jen na materiálu anody. Takové rentgenové záření je charakteristické pro konkrétní prvek; jeho energie je tím vyšší, čím vyšší je protonové číslo materiálu anody. Rychle letící elektron v tomto případě odevzdá svou kinetickou energii elektronu vnitřní slupky atomového obalu materiálu anody,

až dojde k jeho excitaci nebo ionizaci. Následný návrat do základního energetického stavu je spojen s vyzářením fotonu charakteristického rentgenového záření.[4]

### **7.2.3 Vlastnosti záření**

- a) Ionizuje vzduch, vyvolává zčernání fotografické desky a při dopadu na vhodnou látku fluoreskuje. To umožňuje detekovat rentgenové záření, které je jinak pro nás neviditelné.
- b) Různé látky pohlcují rentgenové záření v různé míře. Pohlcování závisí především na protonovém čísle prvků. Např. měkké části těla obsahující prvky vodík a uhlík pohlcují rentgenové záření méně než kosti, které obsahují vápník.
- c) Čím tlustší vrstvou daného materiálu rentgenové záření projde, tím více se pohltí. To se v praxi využívá například při hledání skrytých vad v kovových odlitcích (rentgenová defektoskopie).[10]

### **7.2.4 Vznik záření**

Počátek rentgenové techniky je dán 8. listopadem 1895, kdy profesor würzburgské university Wilhelm Conrad Röntgen objevil paprsky X, později po něm nazvané rentgenové paprsky. V oboru katodového (hmotného) záření v té době pracovala řada vědců (Hittorf, Crookes, Hertz, Helmholtz, Goodspeed a jiní) a mnozí z nich při svých pokusech na jevy signalizující tyto paprsky také narazili. Nechci a nepotřebuji patenty, paprsky X jsem nevynalezl, patří těm, kteří je potřebují. Mé spisy necht' o tom čtou ti, kteří chtějí bádat dále a mají k tomu schopnosti. Myslím, že je třeba vykonat ještě mnoho. Neprovozují kult se svou prací.“

Uvolnění výzkumu v oboru rtg záření způsobilo obrovský technický rozmach nejen v konstrukci vlastních trubic (rentgenek), ale samozřejmě i v napájecích a ovládacích přístrojích a specializovaných nářadích, takže již na několik málo let bylo možno rentgenové záření využít v praxi: v lékařství, v technickém i vědeckém oboru. A pomníku W. C. Röntgena v Mnichově bylo napsáno: „Paprsky po něm nazvané

ukazují lékaři nitro živoucího těla, inženýru vnitřní strukturu látek a badateli vnitřní stavbu atomu.“ [4]

### 7.2.5 Zčernání a kontrast snímku

Stupeň zčernání (průměrná celoplošná hustota snímku) závisí na řadě faktorů, podle nichž se musí řídit expozice. Ponecháme-li stranu vnější činitele, jako citlivost filmu a zesilovací fólie, koeficient absorpce v sekundární cloně a v objektu, vlastní a přídavnou filtraci, a předpokládáme-li správnou metodu práce v temné komoře, jsou pro ustavení správně exponovaného snímku hlavními činiteli: anodový proud, expoziční čas, anodové napětí a vzdálenost ohnisko – film OF. Vzhledem k tomu, že zčernání snímku je přímo úměrné a lineárně závislé na anodovém proudu v mA a času v s, vztahují se obě veličiny do jediného expozičního pojmu: miliampérsekundy. Znamená to, že ve stejném poměru, ve kterém se mAs zvětší nebo zmenší. Změní se i zčernání filmu při expozici. Závislost zčernání na změně kV je velká a nutno na to vždy pamatovat. Má to své výhody i částečné nevýhody. Hlavním přínosem je možnost velmi krátkých snímků pohyblivých orgánů při rychlé sériografii, kde jinak vzhledem k maximálnímu zatížení rentgenky bychom nevyšli s normální technikou, a použití tvrdé techniky je proto nezbytné. Na druhé straně i poměrně malá změna anodového napětí značně ovlivní zčernání.[4]

Kontrast snímku je poměr mezi nejsvětlejším a nejtmavším místem snímku. Na kontrast má opět vliv materiál a zesilovací fólie. Jinak je ovlivňován kontrast tvrdostí rtg záření. Čím je záření tvrdší, tím je snímek méně kontrastní, vyrovnanější. Těmto snímkům říkáme (opačně, než je zvykem ve fotografii) snímky tvrdé. Měkké záření dává snímky kontrastní. V rtg praxi jim říkáme snímky měkké. Musíme ovšem odlišovat snímky zdánlivě vyrovnané – šedé, zhotovené normální technikou (do 90 kV), od snímků tvrdých. V prvním případě jde o zmetkový snímek, na němž chybí většina detailů a jehož diagnostická hodnota je nepatrná (chyby je obvykle v materiálu nebo vyvolávacím postupu). Tvrdý snímek je často, je-li správně voleno

jeho užití, diagnosticky daleko hodnotnější, než snímek zhotovený normální technikou.[4]

#### **7.2.6 Ostrost snímku**

Ostrost snímku je udávána rozlišovací schopností, což je kvalita snímku, umožňující od sebe rozlišit dva body nebo čáry minimálně vzdálené. Reciproční hodnotou ostrosti je neostrost. Ta je pohybová a geometrická. Pohybovou neostrost zmenšujeme co nejkratšími expozičními časy, zvláště u pohybujících se orgánů, dále dobrou fixací pacienta a tuhostí nářadí, upevňujícího zářič a film. Zmenšení geometrické neostrosti dosahujeme co největší vzdálenosti ohnisko – pacient a co nejmenší vzdáleností pacient – film, dále co nejmenším ohniskem a nejužším svazkem užitečného záření. Dále je ostrost závislá na zrnu fólie a filmu. Čím je zrno větší, tím je ostrost menší. Ostrost se udává počtem párů linií (čár) ještě rozlišitelných v 1 mm nebo cm [LP/mm].[4]

Rozlišovací schopnost se udává počtem párů linií na 1 cm nebo mm soustavou ještě přenesených a jasně rozeznatelných. Určuje se pomocí testů buď radiotransparentních, nebo světlotransparentních, kde se hustota linií postupně mění od nejhrubšího rastru až po nejjemnější. Poslední ještě rozeznatelný rastr udává rozlišovací schopnosti televizní soupravy apod. Nejsou-li testy k dispozici, možno s výhodou užít sekundárních jemnorastrových mřížek nebo kovového pletiva o určité velikosti sítě, navinutých drátků na plochou lepenku o určitém stoupání a i jiných vhodných improvizací.[10]

#### **7.2.7 Druhy prostředí**

Na rtg pracovištích jde obvykle o tato prostředí:

- a. obyčejné
- b. mokré

Mokré prostředí je prostor v temné komoře kolem nádob s lázněmi, a to horizontálně do vzdálenosti 0,6 m a vertikálně do vzdálenosti 2,25 m. Ostatní prostor lze považovat za prostředí obyčejné. Všechny rtg zařízení musí být umístěna v prostředí obyčejném.[4]

### **7.2.8 Využití rentgenového záření**

Rentgenové záření je elektromagnetické vlnění velmi krátké vlnové délky. Rentgenové záření užívané v rentgenové diagnostice má vlnovou délku asi 10 nm až 1pm.

Rentgenové záření vzniká nárazem elektronů velké kinetické energie na hmotu ve speciální elektronce, v rentgence. Ke vzniku rentgenové záření je zapotřebí především energie, kterou je nutno vhodně upravit a v rentgence přeměnit v energii rentgenového záření. Výroba rentgenového záření je energetickým dějem, přeměnou elektrické energie v energii záření. Tato přeměna je značně ne hospodárná, neboť jen 1-2 % z přiváděné elektrické energie se v rentgence přemění v energii záření a převážná část, tj. 98 - 99 %, přeměňuje se v energii tepelnou, pro vlastní rentgenovou diagnostiku nepotřebnou.[4]

Pro výrobu rentgenového záření potřebujeme především velké množství elektrické energie. Rentgenový přístroj, nářadí a příslušenství jsou velkými spotřebiči elektrické energie. Velká spotřeba je podmíněna ne hospodárností rentgenky a značnými ztrátami při úpravě elektrické energie (např. žhavicí transformátory, žhavicí vlákna rentgenek, ventilů apod.). [10]

Elektrická energie, přiváděná vedením k rentgenovému přístroji, musí být patřičně upravena. Proud v síti má malé napětí, které nepostačuje k výrobě rentgenového záření v rentgence. Střídavý proud ze sítě, jenž má napětí 120 V, 220 V a 380 V, musíme přeměnit na vysoké napětí, řádově desítky tisíc V, (v rentgenové diagnostice se užívá napětí 30 kV – 125 kV, popř. do 150 kV až 200 kV) a ještě jej usměrnit. Tato úprava se provádí v rentgenovém přístroji. Rentgenový přístroj musí umožňovat

také kontrolu energie přiváděné rentgence, a tím i kontrolu jakosti a množství rentgenového záření, v rentgence vyráběného. Jakmile je elektrická energie náležitě upravena a její kvalita i kvantita kontrolovatelná, můžeme ji přivést rentgence. Rentgenka je zařízením, kde rentgenové záření z elektrické energie vzniká, je rentgenovým zářičem.[4]

Záření, které vzniklo nárazem elektronů na anodu rentgenky, označuje se jako primární záření. Primární záření označujeme také jako užitečný svazek záření. Kromě toho vzniká rentgenové záření i mimo ohnisko rentgenky (tzv. mimoohniskové, extrafokální záření). Část primárního záření z ohniska může jít nevhodným směrem a toto záření a záření mimoohniskové označujeme také jako záření rušivé.[10]

Sekundární záření vzniká v materiálu ozářeném primárním zářením. Sekundární záření, které se při průchodu hmotou odchýlilo od původního směru, označujeme jako záření rozptylové. Sekundární záření má v rentgenové diagnostice značný význam, poněvadž zhoršuje kvalitu výsledného rentgenového obrazu. Vychází z nejrůznějších částí objektu a rozbíhá se různým směrem, takže zhoršuje výrazně kontrast a ostrost kresby, resp. rozlišovací schopnost rentgenového obrazu. V rentgenové diagnostice bráníme vzniku sekundárního záření tím, že omezujeme objem prozářené části těla na minimum, čímž se zmenšuje objem hmoty, ze které může sekundární záření vznikat. Dalším opatřením je správná volba tvrdosti užitého rentgenového záření. Čím je záření tvrdší, tím větší množství sekundárního záření může v objektu vyvolat. [4]

### **7.2.9 Možnost použití pro měření profilu půdy**

Velkou nevýhodou rentgenového záření je jeho nebezpečnost. Jestli bychom chtěli něco změřit pomocí rentgenového záření, je nutné splnit bezpečnostní podmínky, které jsou v polních podmínkách zcela nesplnitelné. Dále není vyloučeno, že by

záření ovlivnilo vlastnosti půdy. Samozřejmostí je nutnost dodat velkou energii pro přístroj. To je ve většině případů také nesplnitelné.

Proto použití rentgenového záření pro měření profilu půdy je zcela nevhodné.

### **7.3 Mechanickou cestou**

Měření profilu zpracované půdy mechanickou cestou patří dnes mezi nejčastější metodou, která se dnes využívá. Existuje mnoho variant.

- ručním hloubkoměrem – popis uveden v kapitole 3.3
- registračním hloubkoměrem – popis uveden v kapitole 3.3
- od měřicí šňůry – popis uveden v kapitole 3.3
- od vodorovné latě – popis uveden v kapitole 3.3
- pomocí hmatače – popis uveden v kapitole 7.3.1

#### **7.3.1 Složení měřící soustavy**

Jejím základem je hmatač, pomocí kterého se měří profil povrchu zpracované půdy. Hmatač kopíruje povrch půdy a tím měří její zpracovaný povrch. Hmatač se často konstruuje z oceli odolné otěru a je připevněn pomocí čepů na tyč. Toto uložení by mělo dovolovat dostatečné volné uložení, aby hmatač mohl přesně kopírovat povrch půdy. Ale zároveň musí zabránit tomu, aby se hmatač dostal do takové polohy, kdy pouze hrne půdu před sebou. Nebo lze hmatač a tyč spojit nerozebíratelným spojem. Což však podle mého názoru výhodou není.

Na tyto součástky navazuje zařízení, které umožňuje pohyb hmatače s tyčí na zvolené dráze. Může to být například vozík s pohonem. Pohon vozíku může být od elektromotoru s článkovým řetězem a ozubenými koly anebo pomocí ozubené tyče a kola. Celá tato sestava je uložena na nosníku, dostatečně únosném a vhodném pro tento účel. Dále součástí této sestavy je vždy nějaké záznamové zařízení, které převádí zjištěné údaje do elektronické podoby. Další součástí je samozřejmě zařízení, které snímá natočení tyče s hmatačem a také získané informace převádí do elektronické podoby. To může být zajištěno potenciometrem (tato metoda je použita

v práci Pavla Filípka – Měření profilu zpracované půdy), nebo na tyči je jiný přístroj, jenž zaznamenává úhel natočení tyče a tím i polohu hmatače.

Celá tato sestava je nejčastěji umístěna na nastavitelných nohách. Ty jsou opatřeny hroty pro snadné umístění na záhon, kde měříme profil půdy.

### 7.3.2 Možnost použití pro měření profilu půdy

Tyto zařízení se vesměs dnes používají v různých obměnách. Ty jsou uvedeny na v kapitole 7.3.

Nevýhodou těchto metod zůstává to, že aby byl profil půdy možno změřit je nutné zpracovanou vrstvu půdy odházet. A poté pomocí jedné z těchto sestav změřit dno

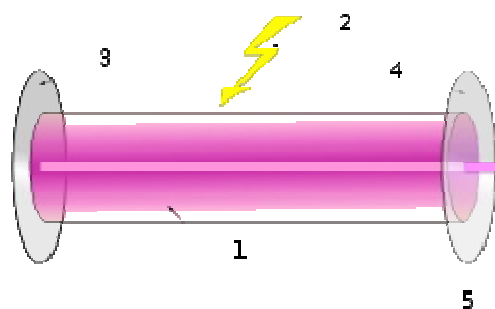
## 7.4 Měření pomocí laserového záření

Laser (z anglického Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation, tj. 'zesilování světla stimulovanou emisí záření') je optický zdroj elektromagnetického záření. Světlo je z laseru vyzařováno ve formě úzkého svazku, na rozdíl od světla přirozených zdrojů je koherentní a monochromatické. Princip laseru využívá zákonů kvantové mechaniky a termodynamiky.[2]

### 7.4.1 Princip laserového záření

Konstrukce Laseru:

1. Aktivní prostředí
2. Zdroj záření
3. Odrazné zrcadlo
4. Polopropustné zrcadlo
5. Laserový paprsek



Obr. 8 princip laseru [2]

Laser je tvořen aktivním prostředím (1), rezonátorem (3,4) a zdrojem energie (2).

Zdrojem energie, který může představovat například výbojka, je do aktivního média dodávána ("pumpována") energie. Ta energeticky vybudí elektrony aktivního prostředí ze základní energetické hladiny do vyšší energetické hladiny, dojde k tzv. excitaci. Takto je do vyšších energetických stavů vybudena většina elektronů aktivního prostředí a vzniká tak tzv. inverze populace.

Při opětovném přestupu elektronu na nižší energetickou hladinu dojde k vyzáření (emisi) kvanta energie ve formě fotonů. Tyto fotony následně interagují s dalšími elektrony inverzní populace, čímž spouštějí tzv. stimulovanou emisi fotonů, se stejnou frekvencí a fází, i u nich.

Díky umístění aktivní části laseru do rezonátoru, tvořeného například zrcadly, dochází k odrazu paprsku fotonů a jeho opětovnému průchodu prostředím. To dále podporuje stimulovanou emisi, a tím dochází k exponenciálnímu zesilování toku fotonů. Výsledný světelný paprsek pak opouští tělo laseru průchodem skrze polopropustné zrcadlo.[2]

#### **7.4.2 Součásti laserového přístroje**

##### **a. Rezonátor**

Ve většině laserů světlo opakovaně prochází tzv. rezonátorem – optickou dutinou vymezenou zrcadly. V nejobvyklejších případech je rezonátor tvořen dvěma zrcadly, z nichž je jedno zcela odrazivé a druhé částečně propustné. Existují také kruhové rezonátory.

Jako nepropustné zrcadlo se obvykle používá dielektrické zrcadlo, někdy se používá leštěný kov, např. zlato. V některých případech (laserová dioda) má dostatečnou odrazivost samotné rozhraní aktivního prostředí se vzduchem.

Některé lasery s dostatečně velkým ziskem v aktivním prostředí rezonátor nepotřebují a pracují superradiačně – to znamená, že záření stačí jediný průchod k získání dostatečné intenzity. Patří mezi ně např. dusíkový nebo měďný laser.

Rezonátor se samozřejmě také nepoužívá u laserových zesilovačů, které slouží jen k průchodovému zesilování vstupujícího koherentního svazku.

Zrcadla v rezonátoru zdaleka nemusí být rovinná. Naopak, v řadě případů je výhodné použít nejen konkávní, ale i konvexní zrcadla. Stabilita záření v rezonátoru závisí na poloměrech křivosti zrcadel a délce rezonátoru. [2]

#### **b. Aktivní prostředí**

Aktivní prostředí je látka obsahující oddělené kvantové energetické hladiny elektronů; může se jednat o:

- plyn nebo směs plynů, hovoříme pak o plynových laserech
- monokrystal kde hladiny vznikají dopováním; takové lasery se nazývají pevnolátkové
- polovodič s p-n přechodem v případě diodových laserů
- organická barviva
- polovodičové multivrstvy – jsou základem kvantových kaskádních laserů
- volné elektrony v případě laserů na volných elektronech

Elektrony mohou přecházet z vyššího do nižšího stavu, při současném vyzáření fotonu, jedním z dvou mechanismů:

- spontánní emise (foton se vyzáří samovolně)
- stimulovaná emise (okopíruje se jiný foton procházející atomem).

Ke spontánní emisi dochází při nízkém stupni obsazení vyšší hladiny; pro spuštění stimulované emise ve větším měřítku (generace laserového záření) je třeba čerpáním dosáhnout tzv. populační inverze, kdy vyšší hladina je obsazena více elektrony než nižší.[2]

#### **c. Příslušenství**

- Součásti pro optické čerpání aktivního prostředí (např. pomocí elektrického proudu, výbojky, chemické reakce aj.)
- Chladič
- Měření výkonu, kalibrace zařízení

- Případně nelineární krystal měnící vlnovou délku

### 7.4.3 Typ laseru vhodný pro měření

Pro měření vzdáleností a poloh se používá laser plyno-atomární, He-Ne laser, jehož aktivní prostředí tvoří helium a neon. Vlnová délka tohoto laseru je 543 – 633nm a spektrální oblast je zelená až červená.[2]

### 7.4.4 Použití laserů

Díky vysoké koherenci a monochromatickosti laserového paprsku lze laserovým paprskem soustředit na malé ploše velké množství energie. Toho se využívá v průmyslu pro řezání a vrtání materiálů.

Laserové svazky s malou rozbíhavostí jsou využívány v technologiích optických záznamových médií (CD, DVD, magnetooptické disky) a rovněž pro měřicí aplikace.

Monochromatickost a možnost rychlé modulace polovodičových laserů je využívána pro datové přenosy prostřednictvím optických vláken.[2]

### 7.4.5 Bezpečnostní rizika



Obr.9 Bezpečnostní symbol laseru třídy 2 a vyšší [2]

Některé lasery pracují na frekvencích, které oko velice dobře vnímá. Jelikož je laser koherentní a rozptyl je tedy velmi malý, může být světlo laseru soustředěno na velmi malou plochu sítnice, čímž způsobí přehřátí daného bodu a může dojít k trvalému poškození zraku. [14]

Lasery se dle bezpečnosti dělí do čtyř základních skupin:

### **Třídy bezpečnosti laseru**

- Třída I
  - možnost trvalého pohledu do laseru bez následků
- Třída II
  - viditelné kontinuální záření, před poškozením oka chrání mrkací reflex
- Třída III
  - a. stejně jako u třídy II, ale oko může být poškozeno při použití optiky (dalekohledu)
  - b. možnost poškození oka
    - nutno používat ochranné pomůcky
    - emise do 0,5 W
- Třída IV
  - Stejně jako třída III b) přičemž emise přesahuje 0,5 W

[14]

Běžně dostupné lasery bývají maximálně ve třídě III (optické soustavy CD přehrávačů). Výkonné lasery (třídy IV) jsou schopné způsobit popáleniny, řezné nebo tržné rány, případně způsobit požár. Řada laserů je buzena nebezpečnými látkami, nebo vysokým napětím v řádu desítek kilovoltů.[2]

#### **7.4.6 Příklad měřícího laserového přístroje**

DeWALT DW030P laserový měřič + DT7922B

Laserový měřič vzdálenosti je vyroben tak, aby odolal nevyhnutelným nárazům a pádům na staveništi.

Odolný mechanismus a pryžový kryt zajistí větší odolnost v náročných podmínkách na staveništi.

Měřič má dosah až 30 m a na tuto vzdálenost pracuje přístroj s odchylkou přesností, která není větší než 3 mm.

Přístroj má vyvýšená a zvětšená tlačítka, která zamezují vzniku nepřesností při měření.

Model DW030P je vybaven automatickým podsvícením displeje, které usnadňuje odečítání naměřených hodnot.

Uživatel si může zvolit, zda bude přístroj provádět nepřetržité měření, což umožňuje aplikace projektů.

Jedno tlačítko – jedna funkce. Pro odečet délkových hodnot, pro výpočet čtverečních metrů a pro výpočet krychlových metrů. Přístroj může přičítat a odečítat hodnoty a může uvádět hodnoty v metrických nebo britských jednotkách.

Je dodáván se dvěma bateriemi velikosti AAA, šňůrkou na zápěstí a pouzdrem na řemen.

Přístroj má plochou a hranatou základnu poskytující pevnou opěrnou plochu, která umožňuje měření bez otřesů a pohybů přístroje, což zabraňuje vzniku chyb při měření.[3]

Délka: 115

Hmotnost (s bateriemi): **0,15 kg**

Napájení: **2 baterie AAA**

Počet paprsků: **1**

Přesnost srovnání: **3 mm na 30 m**

Rozsah automatického srovnání: **CS**

**N/A °**

Směr paprsků: **CS N/A**

Šířka: **58 mm**

Třída laseru: **2**

Viditelnost laseru: **30 m**

**Výška: 26 mm**



Obr. 10 Laserový měřicí přístroj [3]

#### **7.4.7 Možnost použití pro měření profilu půdy**

Použití laserového přístroje pro měření profilu půdy je výhodné. Měřicí přístroje nemají vysokou hmotnost a ani nespotřebují velké množství energie.

Zcela nahrazuje mechanickou cestu, kde není třeba hmatače, který by kontaktem po půdě měřil profil. Avšak pokud by měl laser měřit přímo vzdálenost nosníku od povrchu půdy, hrozí, že by docházelo k změření nepřesného údaje způsobené například zbytky rostlin na poli. Proto je výhodné použít odrazové plochy, nebo hmatače, od kterého se laser bude odrážet.

Z tohoto důvodu jsem pro vytvoření návrhu měřicího zařízení vybral tento princip měření. Návrh měřicího zařízení je uveden v další kapitole.

### **8. Teoretický návrh měřicího zařízení na měření profilu půdy**

V předešlých kapitolách jsem uvedl přehled možných přístrojů, které by šli použít na měření profilu půdy.

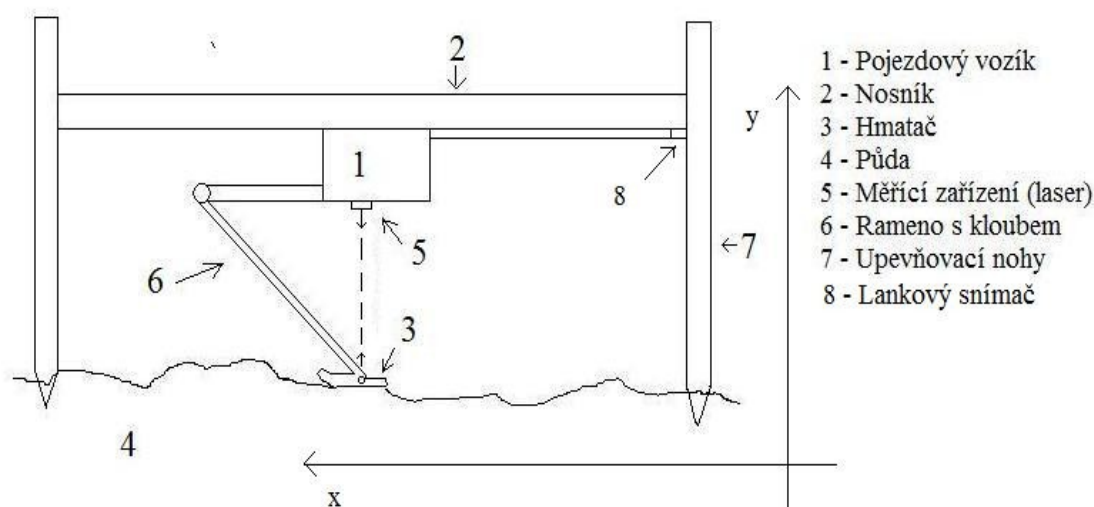
Bohužel některé způsoby jsou dobré a profil půdy by možná byly schopny změřit, ale buď tím, že jsou nebezpečné (rentgenové záření), nebo že mají vlastnosti, které zapříčiňují jejich odraz od možné vzduchové mezery (ultrazvuk) a tím tvorbě možných vad a nepřesností v měření.

Proto jsem se rozhodl vytvořit teoretický návrh stroje založeného na laseru, který by měřil profil půdy.

Princip činnosti měřicího zařízení je zřejmý z Obr. 11.

Celé toto měřicí zařízení je uloženo na teleskopických nohách opatřených hroty pro snadné upevnění do půdy. Na nohách jsou připevněny držáky nosníku. Na nich je uložen nosník. Po nosníku se pohybuje pojízdný vozík. Pohon vozíku je zajištěn pomocí elektromotoru. Na tento nosník je upevněno rameno s hmatačem. Pohybem vozíku se pohybuje i rameno s hmatačem a ten kopíruje povrch půdy. Pohyb vozíku

ve vodorovné rovině je zaznamenáván pomocí lankového snímače a pohyb ve svislé rovině je zaznamenáván bezdotykovým laserovým snímačem. Bezdotykový laserový snímač pracuje na triangulačním principu. To znamená, že princip měření je založen na tom, že laserový paprsek je namířen na měřený objekt. Část tohoto paprsku je díky odrazu vrácena zpět na optiku. Pokud dojde ke změně vzdálenosti objektu, dochází ke změně úhlu laserového paprsku. Z této změny je pak vypočtena nová vzdálenost. Poté jsou všechny data posílána a zpracovávána v PC



Obr. 11 Schéma měřicího zařízení

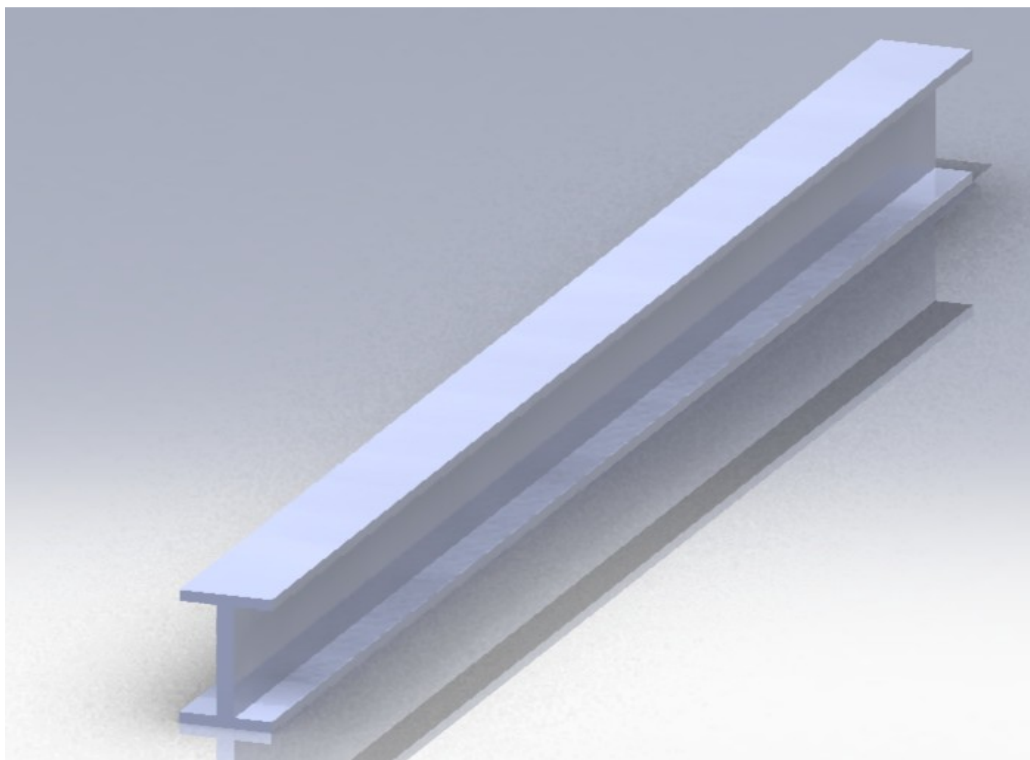
## 8.1 Části stroje

### 1. nosník

Nosník tvoří hlavní podpůrný díl celého stroje. Proto by měl být dostatečně únosný, ale zároveň i lehký. Proto by bylo vhodné použití materiálu dostatečně únosného a zároveň i lehkého. Lehkého z důvodu manipulace se strojem.

Protože není příliš možné a hlavně ekonomicky přijatelné vytvořit konstrukci takovou, že by byla schopna překlenout celý záhon, volí se nejčastěji rozměr rovnající se jednomu záběru pracovního stroje na zpracování půdy (například radličný pluh). V našem případě je nosník z profilu I 140 a délka je  $L = 4,5$  (m). Materiál vhodný pro tento účel je hliník. Hliníkové profily jsou v chemickém složení podle ČSN EN 573-3 (421401), s mechanickými vlastnostmi podle ČSN EN 755-2 (424086).

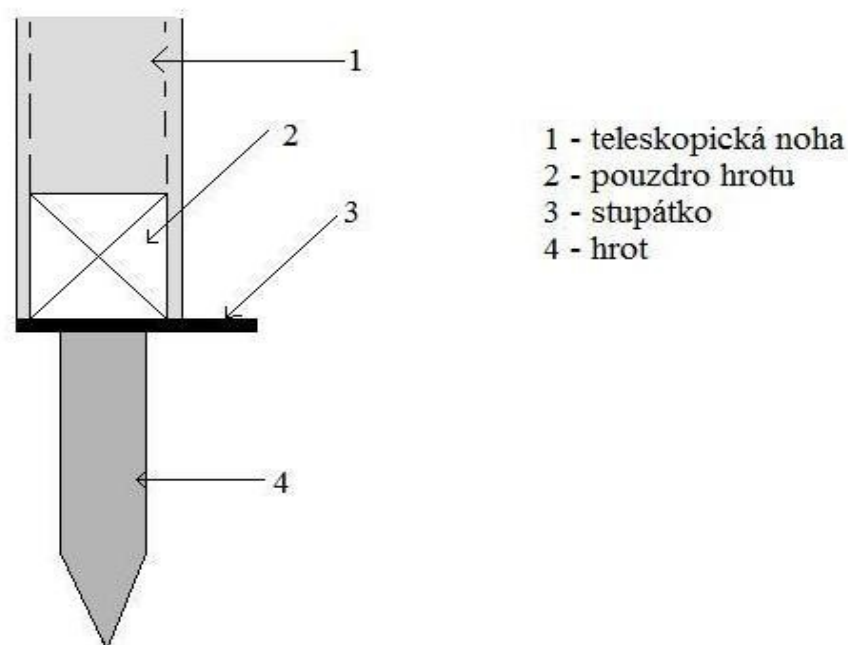
Výhodou použití profilu I je nejen možnost snadného upevnění dalších komponentů (hlavně pojízdného vozíku), ale zároveň i velmi dobré rozložení působících sil do celého nosníku. Příklad takého nosníku viz Obr. 12



Obr. 12 Příklad I nosníku

## **2. podpěrné teleskopické nohy**

Dalším komponentem jsou teleskopicky výsuvné nohy. Ty by měly být opatřeny hroty pro snadné a rychlé upevnění do půdy na měřeném záhonu. Příklad hrotů Obr. 13. Hroty jsou opatřeny stupátky pro snadnější upevnění do půdy. Hroty jsou do teleskopických noh vsazeny.

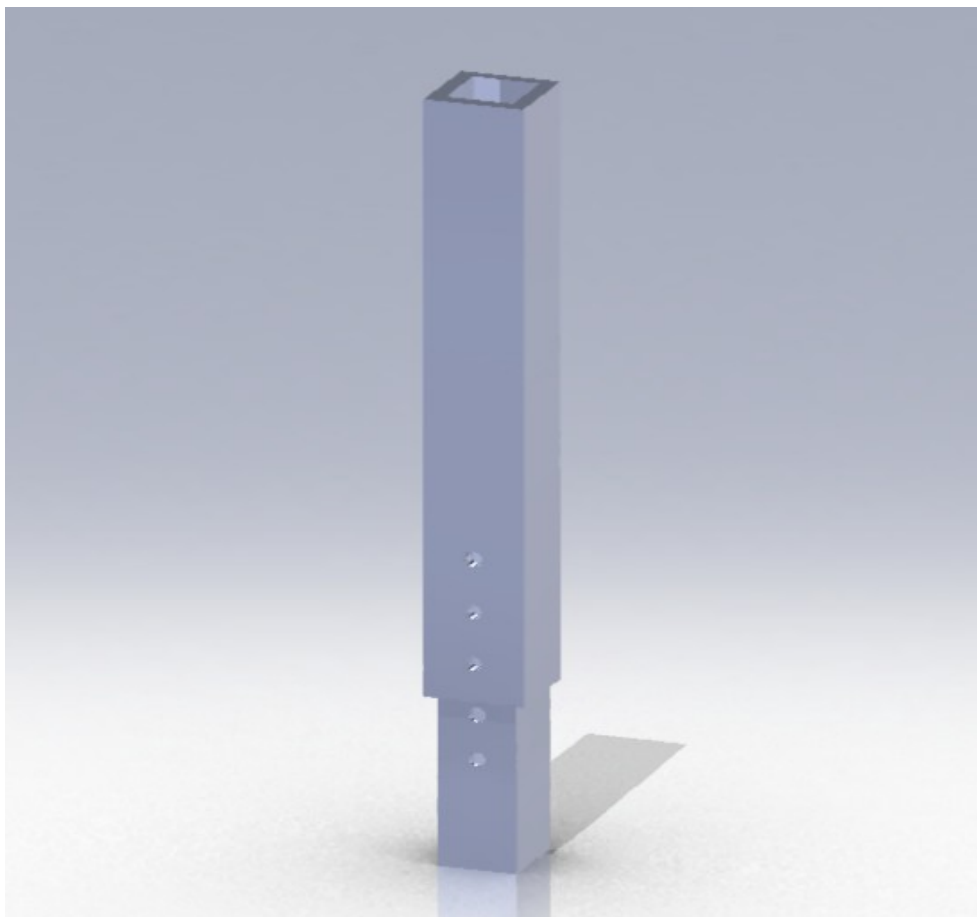


Obr. 13 Příklad hrotu teleskop. nohy

Materiál pro hroty těchto nohou musí být co nejvíce odolný otěru a hlavně dostatečně pevný a tvrdý pro odolnost proti působení sil při vnikání hrotu do půdy.

Konstrukce nohou je taková, že nosné těleso je tvořeno ze dvou hliníkových profilů čtvercového průřezu. Ty jsou opatřeny otvory pro čepy. Pomocí otvorů a čepů je možné nastavovat výšku nosníku. Spodní z těchto profilů je opatřen otvorem pro instalování hrotů. Hroty se do profilu nasadí a zajistí se pomocí čepu a závlačky. Příklad teleskopické nohy Obr. 14.

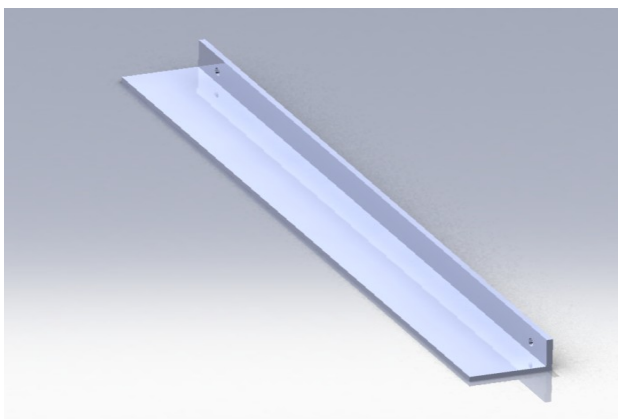
Hliníkové profily jsou v chemickém složení podle ČSN EN 573-3 (421401), s mechanickými vlastnostmi podle ČSN EN 755-2 (424086).



Obr. 14 Nastavitelná noha bez hrotu

### 3. držák nosníku

Jeho funkce je, že ztužuje celou soustavu a drží nosník. Má tvar profilu L. Nosník je na něm položen. K nohám je připevněn pomocí šroubů. Je opět vyroben z hliníku. Dále je opatřen otvory pro čepy a uchycení do teleskopických noh.

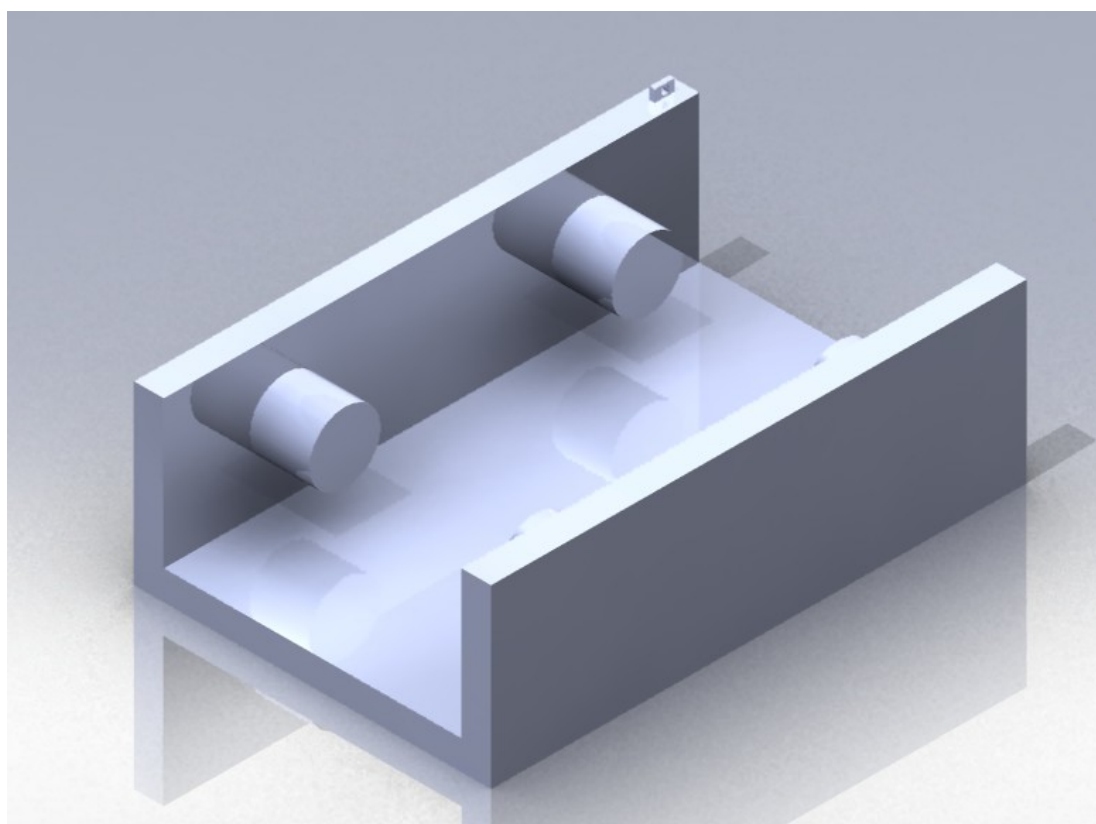


Obr.15 Držák nosníku

#### 4. pojezdový vozík

Slouží pro pohyb měřicího přístroje po ose X. Vozík je opatřen kolečky pro pojezd po nosníku. Kolečka jsou umístěna po stranách vnitřních stěn vozíku. Kolečka jsou opatřena ložisky a náboji pro snadný pohyb. Výška vozíku je taková, aby kolečka měla minimální vůli mezi prostorem v nosíku. Vozík je konstruován z co nejlehčího materiálu, aby příliš nezvyšoval hmotnost celé sestavy.

Vozík je v horní části opatřen otvorem (očkem) pro uchycení lanka lankového snímače



Obr.16 Pojízdný vozík

#### 5. pohon pojezdového vozíku

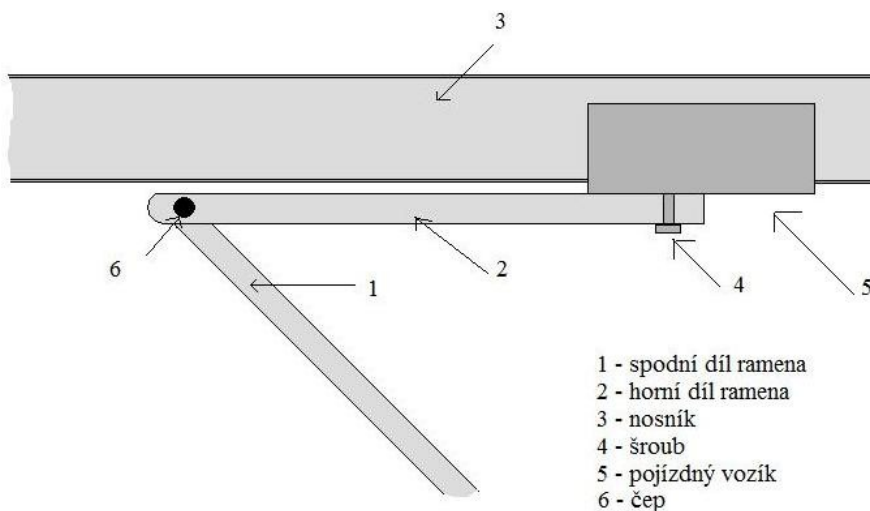
Pohon pojezdového vozíku je řešen pomocí elektromotoru na 12V. Elektromotor je spojen s kolečky pomocí řemenu. Poháněna je jen jedna strana vozíku. Elektromotor musí mít dostatečný výkon, aby byl schopen rozpohybovat pojezdový vozík i se všemi komponenty, které nese.

## 6. Dvou dílné rameno

Rameno zajišťuje spojení pojízdného vozíku s hmatačem.

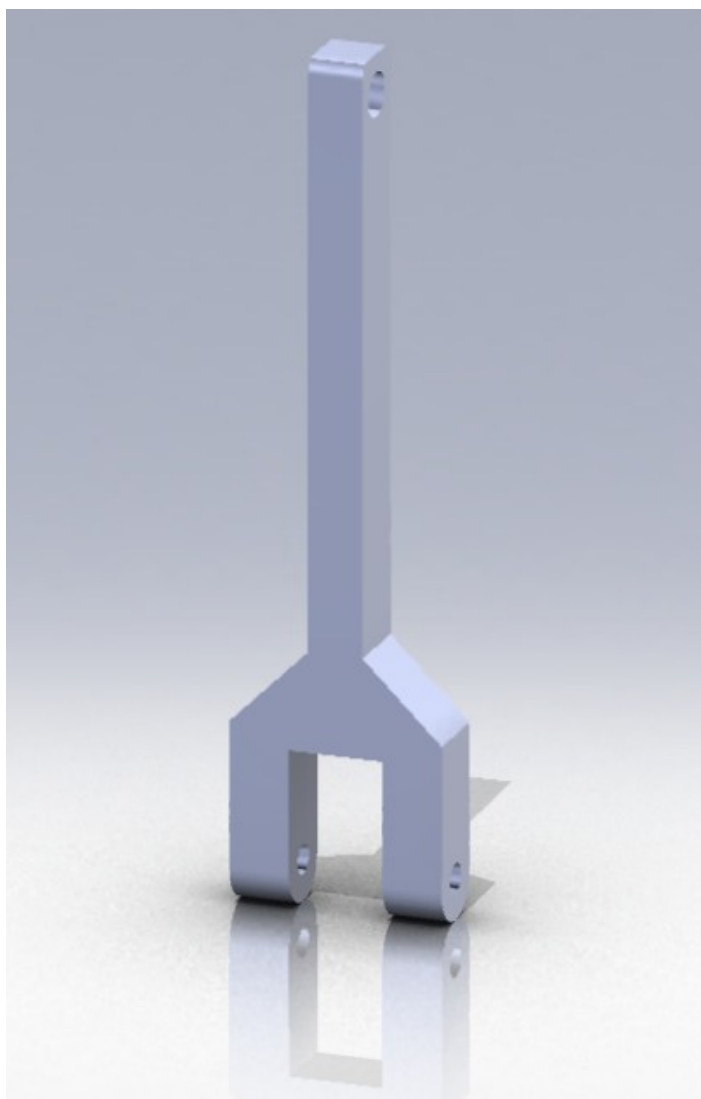
Jedná se o rameno ze dvou dílů spojených pomocí čepu. Jednotlivá ramena jsou konstruována z hliníkových profilů. Hliníkové profily jsou v chemickém složení podle ČSN EN 573-3 (421401), s mechanickými vlastnostmi podle ČSN EN 755-2 (424086).

Horní díl ramene je napevno spojen s pojezdovým vozíkem pomocí šroubu. Spojení horního a dolního dílu ramena je pomocí čepu, aby umožňovalo pohyb.



Obr.17 Spojení horní a dolního ramena

Spodní díl ramene má tvar vidlice z důvodu, jenž je uveden v odstavci o měřicím zařízení. Spodní díl ramena je zobrazen na Obr. 18. Hmatač je se spodním dílem ramena spojen pomocí dvou čepů se závlačkami.



Obr. 18 Spodní díl kloubového ramena

## 7. měřicí zařízení

### a. v ose X (vodorovná osa)

K měření ujeté vzdálenosti lze použít více druhů měřicí techniky. K měření ujeté vzdálenosti v ose X jsem zvolil lankový snímač.

Na jednom konci nosníku, po kterém se pohybuje pojízdný vozík, je umístěn lankový snímač s rozsahem 0,05 až 7 metru, což je pro náš účel dostatečné. Pojízdný vozík je opatřen očkem, do kterého se lanko snímače uchytlí. Pohybem vozíku směrem do snímače se postupně lanko odvíjí a tím je pomocí vyhodnocovacího zařízení vestavěného ve snímači (nebo externího) měřena vzdálenost.

Důležité je, aby byla měřena vzdálenost pořád od stejného místa. Což je zajištěno.



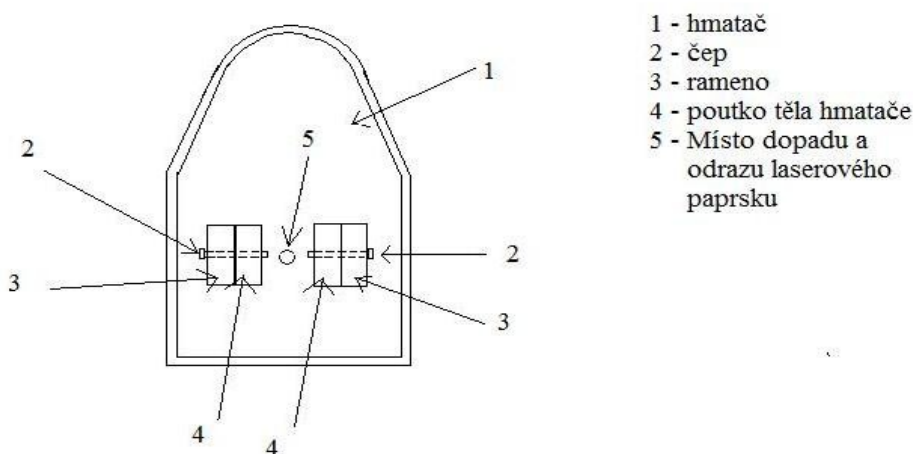
Obr. 19 Příklady lankový snímačů [8]

Výhodou lankových snímačů je jejich jednoduchost. Současná nabídka výrobců těchto snímačů nám nabízí rozpětí od 0,05 – 50 metru. Mají možnosti analogových i digitálních výstupů.

Pro náš účel byl zvolen výrobek MK120 WSP 5000 firmy Micro-Epsilon. Lanko u tohoto snímače je z nerezové polyamidové oceli. Lanko má průměr 0,45mm. Lanko je upevněno pomocí karabinky. Celý tento senzor je v plastovém obalu opatřený otvory pro uchycení.

b. v ose Y (svislá osa)

K měření svislé vzdálenosti je použito laserového měřicího přístroje. Ten je umístěn na pojezdovém vozíku. Laserový snímač, který měří vzdálenost, je namířen přímo do místa, kde nedochází k odklonu od vodorovné roviny. Toto místo se nachází mezi čepy sloužící k upevnění ramena k hmatači. Proto musí být rameno upraveno do tvaru vidlice. V tomto místě je také odrazová plocha laseru. Místo odrazové plochy je znázorněno na Obr. 20.



Obr. 20 Místo dopadu paprsku na hmatač

Tím jak se mění výšková poloha hmatače k nosníku, tak se mění vzdálenost, kterou měří bezdotykový laser. Snímač tento údaj pomocí převodníku převádí do počítače, kde jsou posléze data vyhodnocována.

Speciálně pro tento účel jsem zvolil bezdotykové laserové snímač. Pracují podle triangulačního principu. Nabízejí se v mnoha variantách. Mají velmi velký rozsah (od 0,01 mm až 1m) a velký referenční odstup. Příklad Obr. 21.

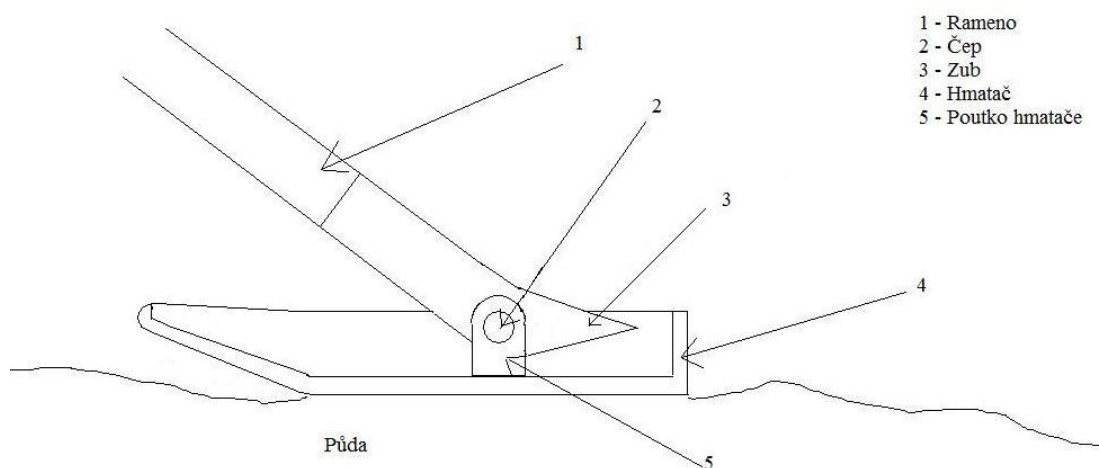


Obr. 21 Bezdotykový laserový snímač [8]

Přímo pro náš účel byl zvolen výrobek optoNCDT 1402 firmy Micro-Epsilon. Tento snímač má integrovaný signální digitální procesor. Používaný laser je třídy II. A pracuje na triangulačním principu. Tento princip je popsán v kapitole o principu činnosti měřicího zařízení.

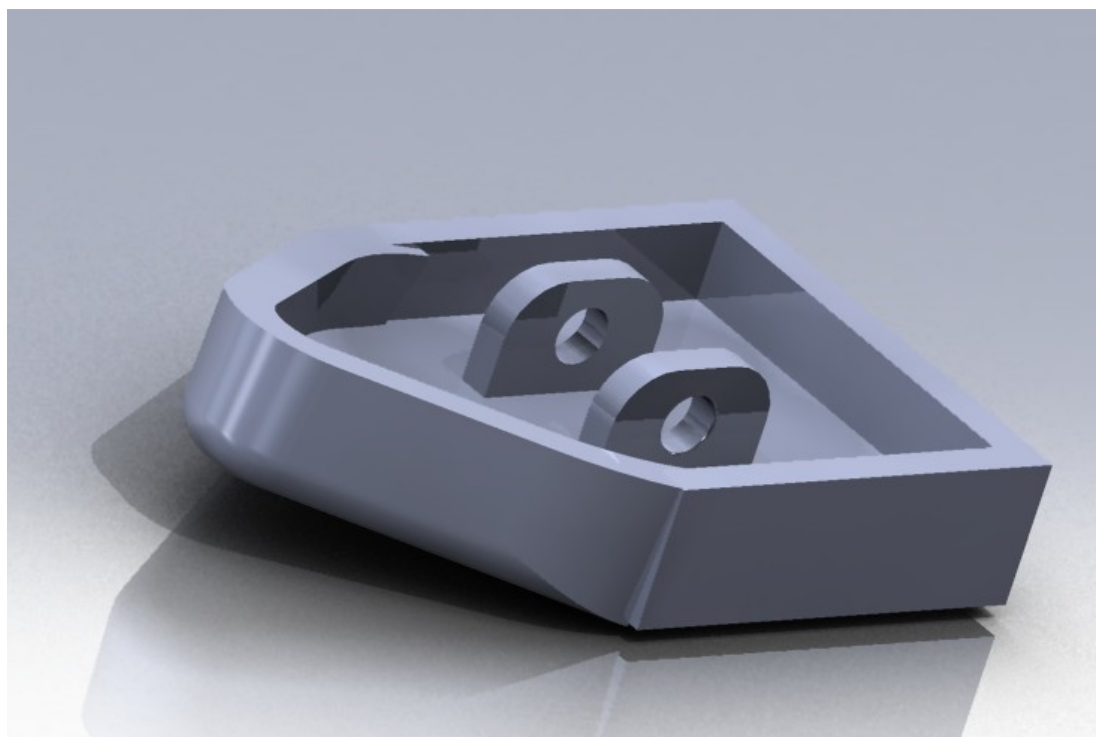
## 8. hmatač

Tento díl je v přímém kontaktu s měřenou půdou. Svým pohybem přímo kopíruje nerovnosti vzniklé při zpracování půdy. Hmatač je otočně uložen na dvou čepech k spodnímu dílu ramena (Obr 23). Samozřejmě je nutné hlídat maximální úhel předklonu hmatače. Při přílišném úhlu předklonu by se mohlo stát, že hmatač se už nevrátí do „vodorovné“ polohy, ale že se začne zhlubovat do půdy před sebou a tím pádem nebude schopen kopírovat povrch zpracované půdy. Proto je dobré hmatač, nebo rameno opatřit dorazem (zubem), který tomuto zabrání. Příklad zubu je zobrazen na Obr. 22.



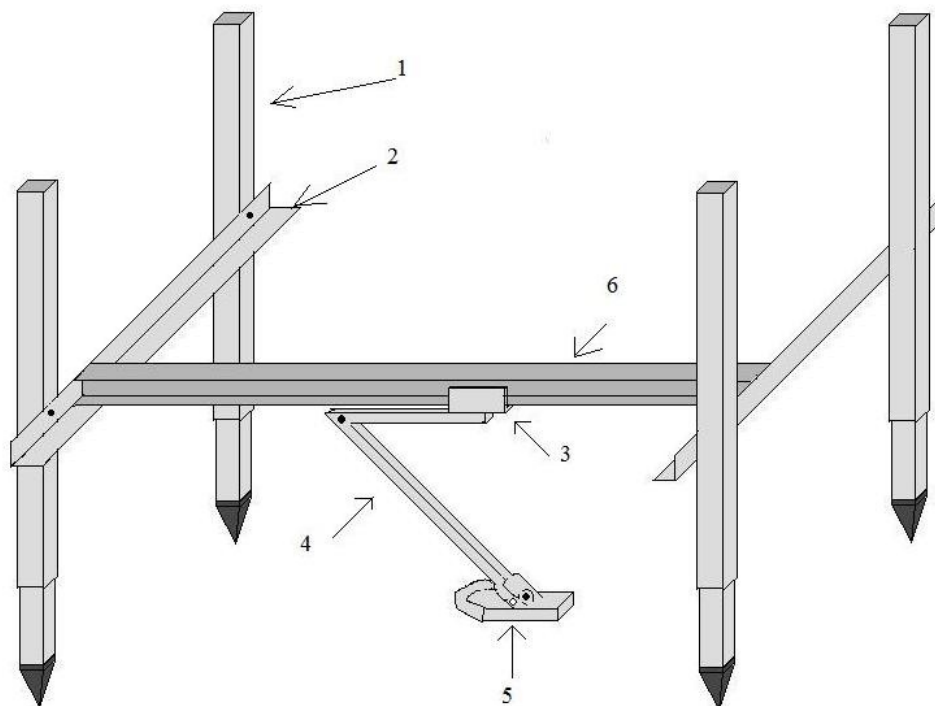
Obr. 22 Příklad zubu na ramenu

Hmatač je zhotoven z otěruvzdorné oceli. K tomuto účelu se nejlépe hodí například litina nebo ocel Hardox. V našem případě jsem zvolil otěruvzdornou ocel ČSN 417618



Obr.23 hmatač

## 8.2 Sestava měřicího zařízení



- 1 – Podpěrná teleskopická noha s hrotem
- 2 – Držák nosníku
- 3 – Pojízdný vozík
- 4 – Rameno
- 5 – Hmatač
- 6 – Nosník

## 9. Diskuze

Navrhované měřicí zařízení odstraňuje některé nevýhody současných měřicích přístrojů používaných pro měření profilu půdy. Například laserový profilograf pracuje na podobném principu, ale jeho měření může být nepřesné z důvodu, že se signál může odrážet od jakéhokoliv předmětu. To v mém případě je odstraněno použitím hmatače. A zároveň se zachovala možnost zpracovávat data pomocí PC.

Použití hmatače a potenciometru (tento způsob je uveden v kapitole 7.3.1) je sice spolehlivé, ale může docházet k nepřesnostem ve výpočtu úhlu náklonu ramena hmatače.

Navrhované měřicí zařízení má také nižší pracnost vzhledem k metodám používající mechanickou cestu (měření od vodorovné latě a měření pomocí šňůry).

Nevýhodou však zůstává u mého případu nutnost odházení zpracované půdy k změření dna brázdy. To by vyřešil například ultrazvuk, ten však použit nelze z důvodu jmenovaného v kapitole 7.1.4

## **10. Závěr**

Tato práce byla vypracována za účelem vytvořit přehled způsobů měření profilů půdy a poté navrhnout měřicí zařízení pro tuto činnost. Přístroj je schopný změřit profil půdy před a i po zpracování a to pomocí laserového snímače a ujeté vzdálenosti pomocí lankového snímače. Data z těchto měřících zařízení jsou poté zpracovávána v PC za pomoci příslušných programů.

## **11. Použitá literatura**

- [1] Žák Karel.  
Cvičení z mechanizace II, Praha: VŠZ (Praha), 1983
- [2] [www.wikipedia.cz](http://www.wikipedia.cz)
- [3] [www.semcice.cz/doc/pruvodce/2.doc](http://www.semcice.cz/doc/pruvodce/2.doc)
- [3] <http://www.rucni-naradi.cz>
- [4] <http://home.zcu.cz/~katsaf90/>
- [5] Strýhal, Z. – Sedlák, D.  
Elektronika. JCU, 2004
- [6] [www.spszl.cz/modules/wfdwnloads/visit.php?cid=8&lid=42](http://www.spszl.cz/modules/wfdwnloads/visit.php?cid=8&lid=42)
- [7] <http://212.71.135.254/vuzt/vyzkum/2004/mayer1.htm>
- [8] [www.micro-epsilon.cz](http://www.micro-epsilon.cz)
- [9] Podpěra V., Pražan R., Kubín K., Gerndtová I., Fríd M., Vávra V  
Energetická náročnost radličkových kypřičů., (2009)
- [10] <http://ireferaty.lidovky.cz/302/1812/Rentgenove-zareni>
- [11] Václav Mayer, CSc. Doc. Ing. Josef Hůla, CSc. a Ing. Pavel Kovaříček, CSc  
výzkumná zpráva VÚZT
- [12] Stanislav Poddaný: Ultrazvukové vlny pohybující se nesvětelnou rychlostí
- [13] <http://shop.fkt.cz/>
- [14] <http://lasery.wz.cz>

### Další použitá literatura

- Leinveber J. – Vávra P.: Strojnické tabulky ALBRA 2007
- Mechanizace zemědělství – odborný časopis