

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: 4101T013 Zemědělské inženýrství

Specializace: Prvovýroba

Katedra: Zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Vedoucí katedry: doc. RNDr. Petr Bartoš, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Využití půdních rotačních fréz s horizontální osou rotace
v zemědělství a lesnictví

Vedoucí diplomové práce: Ing. Ivo Celjak, CSc.

Autor diplomové práce: Bc. Michaela Němečková

České Budějovice 2019

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta

Akademický rok: 2017/2018

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Michaela NĚMEČKOVÁ**
Osobní číslo: **Z17559**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Zemědělské inženýrství – Prvovýroba**
Téma práce: **Využití půdních rotačních fréz s horizontální osou rotace v zemědělství a lesnictví**
Zadávající katedra: **Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky**

Zásady pro vypracování

Cíl práce:

Cílem práce je praktické ověření rotačních fréz s horizontální osou rotace při umělé obnově lesa, podpoře přirozené obnovy lesa ve vybraných lesních porostech a v zemědělství v lokalitách s rozdílnými půdními a terénními podmínkami.

Metodický postup:

1. Studium literatury, týkající se řešené problematiky.
2. Studium literatury, týkající se provozně technologických požadavků na strojní zařízení pro úpravu zemědělské půdy a pro podporu přirozené obnovy lesa.
3. Dohovor na zapůjčení rotační frézy a vhodného mobilního energetického zařízení pro její pohon, stanovení časového harmonogramu.
4. Výběr vhodných zemědělských a lesních porostů a dohovor na umožnění provedení měření (dohovor na režimu a umožnění vstupu do vybraných úseků).
5. Vypracování metodiky pro měření stanovených fyzikálních veličin a způsobů provedení vizuálního hodnocení kvality provedené přípravy půdy.
6. Realizace měření základních fyzikálních veličin, doprovodných veličin a vizuálního posouzení.
7. Zpracování naměřených hodnot a vypracování závěrů.

Rozsah pracovní zprávy: **60 – 80 stran**
Rozsah grafických prací: **obrázky, fotografie, grafy dle potřeby**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Brant, V. a kol: Pásová zpracování půdy. Profi Press Praha, 2016, ISBN 9788086726762, 136 s.

Celjak, I.: Strojní zařízení pro realizaci stavebních prací. Interní učební text, ZF, JČU, 2009, <http://kzt.zf.jcu.cz/studentum/vyukove-materialy/>.

Celjak, I.: Rotační zpracování půdy. Agromagazín 1, 2009, roč. X, ISSN 1214-0643, s 34-38.

Douda a kol.: Mechanizační prostředky lesnické a jejich použití. SZN, Praha, 07-026-74, 536 s.

Neubauer, K. a kol.: Stroje pro rostlinnou výrobu. SZN, Praha, ISBN 80-209-0075-6, 698 s.

Hůla, J., Procházková, B.: Minimalizace zpracování půdy. Profi Press, 2008, 978-80-8672-628-1.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Ivo Celjak, CSc.**
Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Datum zadání diplomové práce: **18. ledna 2018**

Termín odevzdání diplomové práce: **15. dubna 2019**

V Českých Budějovicích dne 19. února 2019

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentůvé 1888, 370 05 České Budějovice



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

L.S.



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

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 studenta

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat vedoucímu diplomové práce ing. Ivo Celjakovi, CSc. za cenné rady, metodické vedení, konzultace a připomínky. Dále firmě REKFOREST s.r.o. v čele s Janem Balíkem mladším, za odbornou pomoc a možností spolupráce na diplomové práci.

ABSTRAKT

Cílem práce bylo praktické ověření výkonnosti a provedení kvality pracovní činnosti rotačních fréz s horizontální osou rotace při umělé obnově lesa, podpoře přirozené obnovy lesa ve vybraných lesních porostech a v zemědělství v lokalitách s rozdílnými půdními a terénními podmínkami. Měření bylo prováděno na čtyřech různých nosičích fréz, kdy každý stroj byl nosičem jiné půdní frézy. Měření probíhalo v různých prostředích i typech půdy, porostu nebo požadavcích na kvalitu provedené práce. V práci jsou porovnávány výkony daných nosičů, z hlediska agregace s jednotlivými modely fréz. V tabulkách jsou uvedeny nejdůležitější parametry, jako je průměrná spotřeba paliva, průměrná plošná výkonnost a poměr spotřeby paliva k plošné výkonnosti. Dále je zde provedeno hodnocení kvality provedené práce.

Klíčová slova:

Fréza, rekultivace, lesnictví, zemědělství

Abstract

The aim of the work was to verify the performance and design working quality performance of rotary milling machines with horizontal axis of rotation in artificial forest regeneration, support of natural forest regeneration in selected forest stands and in agriculture with different soil and terrain conditions. The measurement was carried out on four different carrier cutters, each machine carrying a different soil milling machine. Measurements took place in various environments as well as soil types, crops or quality requirements for the work performed. In this work are compared performance of given carriers, in terms of aggregation with individual models of milling machines. The tables show the most important parameters such as average fuel consumption, average area efficiency and fuel consumption to area efficiency. Furthermore, there is an evaluation of the quality of the work done.

Keywords : Milling cutter, reclamation ,forestry, agriculture

Obsah

1. Úvod.....	9
2. Literární přehled.....	10
2.1. Využití technologie.....	10
2.2. Rekultivace	11
2.2.1. Zemědělská rekultivace.....	11
2.2.2. Lesnická rekultivace	12
2.3. Charakteristika půdy a technologie přípravy	12
2.4. Vlastnosti dřeva.....	14
2.5. Drtiče (frézy).....	14
3. Cíl práce.....	20
4. Metodika práce	21
4.1. Charakteristika firmy	22
4.2. Potřebné parametry	28
5. Výsledky práce.....	34
5.1. Výsledky výkonové bilance	34
5.2. Využití v zemědělství.....	39
5.3. Využití v lesnictví	45
6. Závěr.....	52
7. Zdroje	54

1. Úvod

Jako jedna z alternativních metod při údržbě krajiny, polních a lesních cest je technologie, která využívá nesené nebo samojízdné rotační kladivové rozbíječe, což je určitá obdoba mulčovačů (fréz). Tyto stroje napomáhají udržovat lesní a zemědělské plochy s ponecháním veškeré nadrcené biomasy a minerálních zrn v půdě. Hlavním úkolem fréz je rozdrčení veškeré biomasy a částečně i půdy, která je určena k likvidaci. Kvalita frézování je závislá na zvolení správného typu frézy do daných podmínek a na nosiči frézy s odpovídajícím výkonem motoru, který zajistí potřebný točivý moment a otáčky pro dosažení uspokojivého výsledku práce.

V lesním hospodářství se využívají frézy k rekultivaci vytěžených ploch, kdy dochází k rozdrčení pařezů, klestu a nežádoucích rostlin. Dalším využitím v lesním hospodářství je při pomoci udržování zanedbaných vytěžených ploch, rekonstrukce nově založených porostů z důvodu nepříznivých klimatických vlivů nebo napadení škůdců a chorob, tím okamžitá likvidace vyskytujících se ohnisek. Zanecháním rozdrčené biomasy v půdě vzniká zdroj živin pro budoucí porost. Takto důkladně zrekontrovaná plocha je ponechána bez pařezů a dalších terénních překážek, je tak připravena k efektivnímu obhospodařování nově založeného porostu.

V zemědělském hospodářství jsou frézy využívány k obnově zanedbaných ploch a rozšiřování výměr půdních bloků. Je zde i možnost využití rekultivace bývalých zarostlých ovocných sadů a vinic, kdy plochy jsou navraceny zpátky k zemědělskému hospodaření. Mnoho zemědělských podniků bohužel tuto možnost nezná, kdy zbytečně přichází o půdu pro zemědělskou prvovýrobu. Při tom je možné pomocí fréz připravit půdu pro okamžité použití.

Ať se již použije fréza v lesním porostu nebo na zemědělské půdě, je třeba si uvědomit schopnost daného stroje a zohlednit jeho výkonnost a také potřebnou, resp. požadovanou kvalitu odvedené práce. Ne každý stroj s danou frézou dokáže půdu nakypřit do 30 cm, nebo rozdrtit biomasu na malé částičky při jednom přejezdu. Je třeba volit odpovídající soupravu frézy a tažného zařízení, zejména z hlediska dispozičního výkonu motoru a také druh frézy pro dosažení požadované kvality odvedené práce.

2. Literární přehled

2.1. Využití technologie

Zbytky klestu při vyřezávání dřevin jsou obvykle páleny nebo zanechány na místě k volnému rozkladu (NOVOTNÝ A KOL., 2012). Klestem se rozumí zbytky po vykácení stromů, náletové dřeviny. Jednou možností jak nakládat se zbytky rostlin je drcení, kdy ponechání biomasy je přínosné pro udržení živin a pro rychlejší rozklad rostlinných zbytků (NOVOTNÝ A KOL., 2012). V současnosti se jako vhodný způsob jeví likvidace těžebních zbytků drcením s následným plošným rozmetáním drtě po ploše. Současně uspokojivě řeší, jak pedologický přínos rozkladu klestu na lesní půdu, tak i problém hygieny, kdy štěpkování a drcení, eliminuje šíření a rozvoj patogenních hub a podkorního hmyzu (JANČAŘÍK 1999).

Zbytky dřevin (kůra, dřevo z větví a asimilační orgány) obsahují nejvyšší podíl základních živin, jako je např. dusík, fosfor, draslík (REMEŠ, 2016). Chemické složení dřevního odpadu je závislé na druhu dřeva. Obsah dusíku v sušině je velmi nízká, udává se asi 0,2-0,4 %. Poměr mezi C:N se pohybuje v rozmezí 90-120 : 1 (KOTOULOVÁ, 2001).

Omezením běžného pálení klestu v podmínkách lesního a zemědělského hospodářství vychází ze zájmu ponechat větší množství biomasy v lese nebo obnovující se orné půdě pro obohacení a tvorbu nové humusové vrstvy (LASÁK, 2003). Vrstva vzniklá drcením klestu bývá vysoká od 5 do 15 cm (NOVOTNÝ A KOL., 2012).

U čerstvého organického materiálu, se začínajícím a postupným rozkladem, může počáteční silný bakteriální vývoj způsobit u nových rostlin dočasný nedostatek dusíku. Nedostatek dusíku se projevuje celkovým snížením růstu, zmenšením a nepravidelným rovnoměrným žloutnutím asimilačních orgánů, nedostatkem chlorofylu. Dusík patří mezi nejdůležitější živiny v životě rostlin. Nachází se v esenciálních chemických látkách rostlinného organismu, v aminokyselinách, ze kterých se tvoří bílkoviny, v nukleových kyselinách, v chlorofylu, v mnohých alkaloidech a jiných látkách. Proto má značný vliv na celý rostlinný organismus a na všechny životní projevy. Jeho účinek na vegetaci je pronikavý a rostliny reagují na nedostatek i nadbytek dusíku velmi citlivě (BERGMANN a ČUMAKOV 1977).

Po zapravení drcené biomasy se na krátkou dobu v půdě zvýší obsah přístupných živin, tento děj je způsoben zvýšenou půdní biologickou aktivitou. To na druhou stranu, ale vyvolává zvýšený nedostatek dusíku, který se projevuje následně snížením růstu rostliny (KRÁL, 2009).

2.2. Rekultivace

Cílem rekultivace je obnovení estetických a ekologických funkcí, hospodářského a rekreačního potenciálu, těžbou a dalšími antropogenními aktivitami narušeného, degradovaného nebo zdevastovaného území a začlenění lokality do kontextu okolní krajiny (GREMLICA et. al., 2011).

Zákon vysvětluje rekultivaci, jako uvedení místa zpravidla dotčeného lidskou činnostmi do souladu s okolním obnovením funkčnosti povrchu terénu k jeho užívání anebo k nově zamýšlenému užívání. Obecně lze tedy chápat rekultivaci jako terénní úpravy, které se řídí zvláštními předpisy tj. zákonem č. 50/1976 Sb., o územním plánování a stavebním řádu, ve znění pozdějších předpisů. (FAJMON 2004).

2.2.1. Zemědělská rekultivace

Zemědělská rekultivace je technicky i finančně nejnáročnější. Dříve byla zemědělská rekultivace preferovaný způsob obnovy, kdy se jednalo o navrácení půdy do zemědělského půdního fondu a její zapojení do potravinové produkce. Mohly se vyskytovat problémy s případnou toxicitou nebo neúrodností výsypkových substrátů. Existují dva typy zemědělské rekultivace, kdy první typ je rekultivace přímá (setí přímo zrekultivované plochy) a druhý typ nepřímá (dochází k překrytí výsypkového substrátu nejméně půl metrovou vrstvou úrodné půdy). (ANONYM 1, 2007) Výsledkem zemědělské rekultivace jsou plochy, dle jejich nároků na příslušné ekologické podmínky stanoviště, které se týkají i speciálních kultur (Volný, 1985). Vzhledem k současným ekonomickým podmínkám se uplatňuje zemědělská rekultivace především v oblastech s mimoprodukční zemědělskou rekultivací. Řadí se sem dočasné ozelenění, vytváření travnatých ploch, zvětšování výměry pozemků a parkové úpravy (KRYL A KOL., 2002).

Cílem procesu rekultivace je zařazení rekultivovaných ploch a pozemků do běžného užívání a obhospodařování. Fáze začíná po ukončení vlastních

rekultivačních prací (Štýs, 1990). Při zemědělské rekultivaci budeme hlavně hledat řešení problémů s udržováním a zvyšováním úrodnosti zre kultivovaných pozemků. U lesnických, lesoparkových a parkových kultur se řeší pěstební opatření respektující konkrétní ekologické charakteristiky stanovišť rekultivovaných pozemků. Popřípadě i zvláštnosti vyplývající z účelového zakládání kultur. (Mauer, 1985).

2.2.2. Lesnická rekultivace

Lesnická rekultivace má za úkol založit na rekultivované ploše lesní porost různého funkčního zaměření (Volný, 1985). Při rekultivaci frézou dochází nahrnování klestu do frézy, ale také k nahrnutí humusu, někdy i svrchní vrstvy minerální půdy. Velikost drti nelze příliš regulovat. Rozdrcený materiál zůstává na zalesňovaných plochách, přičemž vrstva, která takto vznikne na povrchu půdy, může být nerovnoměrná v závislosti na rozložení těžebních zbytků po ploše a mikroreliefu terénu. Vzniklá vrstva drcením těžebních zbytků bývá vysoká zpravidla od 5 do 15 cm. Na některých místech může být i více a dosahuje výšky cca 20–30 cm. Působení normální vrstvy drti (vrstva 5–15 cm) lze hodnotit příznivě, a to zejména s důrazem na fyzikální charakteristiky organické a organo-minerální vrstvy, vlhkostní a teplotní režim půdy a ovlivnění koloběhu velmi pozitivně, přístupnost živin. Určité problémy se zalesňováním rekultivovaných ploch vyplývají z nutnosti důsledné kontroly vysázených porostů. Ztráty v zalesněných porostech jsou totiž obvykle způsobeny nekvalitní výsadbou, kdy jsou kořeny zahrnuty pouze do drtě s humusem, a nikoliv do minerální půdy. (NOVOTNÝ A KOL., 2012)

2.3. Charakteristika půdy a technologie přípravy

Půda je základní, neobnovitelný a neomezený zdroj potravin a je nedílnou součástí přírodního bohatství. Ukazatelem kvality půdního fondu je produkční schopnost, která je výsledkem působení dlouhodobého, nejen půdně klimatických podmínek. Všechna půda je složitý otevřený systém, který je úzce propojen s okolním prostředím. Z tohoto důvodu je půda lehce „zničitelným“, ale těžce obnovitelným přírodním zdrojem. Jeden centimetr půdní vrstvy se vytvoří za 80-150 let, ale tato vrstva může být erozí zničená za několik minut. Člověk musí udržovat řadu půdních vlastností na takové úrovni, aby byla zajištěna existence podmínek pro život makro- a mikroorganismů. Půdní úrodnost nelze charakterizovat jedinou nebo

mnoha vlastnostmi, ale je to komplex znaků, které se navzájem ovlivňují. Některé z nich jsou značně proměnlivé (teplota, obsah vody, půdní kyselost, obsah přístupných živin), jiné se mění málo (zrnitostní složení půdy, fyzikální vlastnosti půdy aj.). (RICHTER,2014)

Základní vlastností při určování půd je udáním jejího druhu, který je charakterizován zrnitostní skladbou. Podle procentuálního zastoupení obsahu zrn menších než 0,01 mm se půdy třídí na půdní druhy. Ke kvalifikaci půdy se využívá stupnice Kopeckého, Novákova, nebo klasifikační diagramy (Spirhanzlův grafikon, trojúhelníkový diagram). Jako výsledek kvalifikace lze vyjádřit slovně označením graficky (zrnitostní křivka) nebo označením půdního druhu.

Podle Novákovy stupnice, která je v praxi velmi oblíbená a vžitá, se na základě obsahu jílnatých částic (pod 0,01 mm) vymezuje sedm půdních druhů. Při posouzení půdního druhu se též určuje obsah skeletu (přes 75 % skeletu – šterkovitá nebo kamenitá, při 75-50% silně šterkovitá, 50-25 % středně šterkovitá a při 25-10% se označuje jako slabě šterkovitá nebo kamenitá půda). Zrnitostní složení půdy je jedním z nejdůležitějších faktorů, které rozhodují o použití vhodné agrotechniky, technologie zpracování, vhodného pracovního nářadí. (LEDVINA, 1997)

Mechanická příprava půdy se používá ve velmi malé míře, lze říci, že pouze na extrémních stanovištích. Do nedávné doby byla často využívána technologie přípravy půdy, kdy byla stržena vrchní humusová vrstva dozerem a poté byla využita přímo minerální vrstva půdy. Odstraněním vrchní vrstvy humusu se negativně odrazilo v poruše cyklu živin, respektive v poruchách růstu budoucí kultury. Podíl dusíku se výrazně snížil, ale také ostatních živin. Dále byl porušen půdní vodní režim, kdy došlo i ke zhoršení fyzikálních vlastností půd. Později se začala využívat metoda, že byl veškerý materiál zapraven do půdy pomocí orby. Nevýhodou zapravením zbytků rostlin pomocí orby bylo nedokonalé zapravení organické hmoty do půdy a její pomalý rozklad i několik desítek let. Další metodou, která se příliš neosvědčila, byla několikanásobná orba, která měla za příčinu vyplavování živin a ztrátu vody. Příprava půdy před zalesněním nebo před použitím pro zemědělské účely významně ovlivňuje vlastností půdy. Za možnou náhradu těchto technologií se považuje frézování půdy. (KRÁL, 2009)

2.4. Vlastnosti dřeva

Dřevní biomasa ponechána v půdě má pro nás velmi dobré další využití. Díky vlhkostním vlastnostem dřeva je dřevní štěpka považována za hyroskopický materiál, tedy materiál se schopností přijímat nebo odevzdávat vodu podle okolní vlhkosti prostředí, v kapalném i plynném skupenství. Z hlediska uložení vody ve dřevě ji můžeme rozdělit na vodu chemicky vázanou, vodu vázanou a vodu volnou.

Voda ve dřevě může být chemicky vázána, kdy je součástí chemických sloučenin, odstranit nelze ani sušením. Jediným způsobem jak odstranit ze dřeva chemicky vázanou vodu je pouze spálením, proto je ve dřevě zastoupena i při nulové absolutní vlhkosti dřeva. Chemicky vázána voda ve dřevě je cca 1-2 % v sušině dřeva.

Voda vázaná (hyroskopická) se nachází v buněčných stěnách a je vázaná vodíkovými můstky na hydroxilové skupiny OH amorfní části celulózy a hemicelulóz. Voda vázaná ve dřevě se vyskytuje ve vlhkosti 0-30 %. Velmi ovlivňuje mechanické a fyzikální vlastnosti dřeva.

Volná voda (kapilární) vyplňuje ve dřevě lamely buněk a mezibuněčné prostory. Vliv na vlhkost dřeva má stavba, hustota, teplota a mechanické namáhání dřeva. Vlhkost dřeva se mění v průběhu roku, kdy maximální vlhkost dřeva je dosahována v zimním období a minimální během léta, ale i kolísání vlhkosti během dne. Schopnost dřeva zadržovat vodu je při zanechání dřevní biomasy pro další využití velmi prospěšné.

(ANONYM 2)

2.5. Drtiče (frézy)

Drtiče v zemědělství jsou samohodné stroje, nebo jako nesený pracovní adaptér na traktor, sloužící pro mechanické rozbíjení pasečného odpadu a nežádoucích rostlin. Mezi pracovní orgán se řadí těžké drtící válce (mohou být o hmotnosti 5 ale i více tun) s ocelovými břity, poháněné rotory se soustavou kyvně uložených kladiv. Rotující kladiva (cca 2000 min⁻¹) narážejí při práci na zpracovávající materiál a rozbíjí jej. Šířka drtiče je do 3 m (POLENO, 1994).

Lesnické, zemědělské a komunální frézy mají všestranné využití. S pomocí lesních fréz lze odstraňovat zbytky po těžbě dřeva, drtit pařezy, udržovat a obnovovat síť lesních cest, zakládat protipožární pásy a další. S frézami použitelnými v zemědělství lze zajistit údržbu přístupových cest, nebo přípravu záhonů a likvidaci náletových dřevin z okrajů polí a luk se zapracováním do půdy. (forestmeri.cz)

Drtiče jsou určeny především pro likvidaci dřevních zbytků nejen v lese, ale i na ostatních plochách, tj. sadech, parcích, ochranných pásmech, železnic, silnic, břehů rybníků, obnova zemědělské plochy, kde zůstává nadrcená biomasa ležet na povrchu (KRÁL, 2009). Drcením ovšem vzniknou částice nestejně velké velikosti, které ovšem mají velký povrch (roztřepený, rozštípnutý) (VOMELA, 2013).

Frézy bývají obvykle nesené. Připojují se do čelních i zadních třibodových závěsů nebo bývají v provedení k agregaci s různými typy nakladačů (diplomka Vomela). Jsou vyráběny s rotory s volnými pracovními nástroji (kladivky), nebo pevnými noži (KRÁL, 2009) vyobrazeny na obrázku 1.



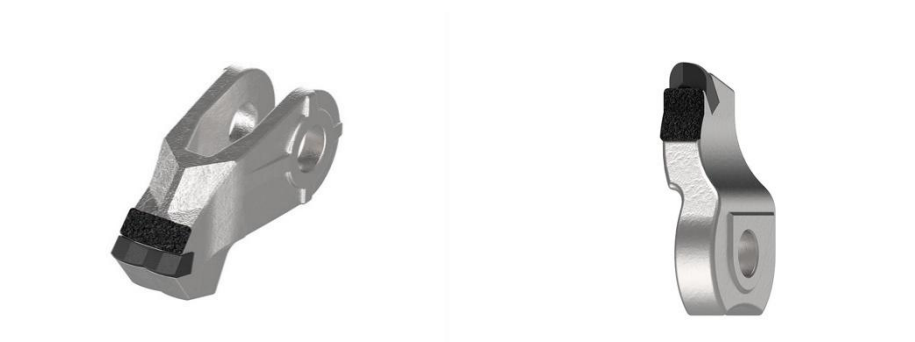
Obrázek 1 – Válce fréz s různým pracovním ústrojí (foto CELJAK)

Obvykle jsou skládány z rotoru s horizontální osou rotace, který se otáčí ve směru pohybu soustavy. Na rotoru bývají uchycené hroty (slitina karbidu voframu) zobrazeny na obrázcích 2 a 3, které mívají různé tvary, ale jsou buď to kuželovité,

nebo ploché. Na přední části frézy je ochranný rám, který má ochránit stroj, ale i pomoci při vyvracení dřevin. Další součástí frézy je sklopná deska, která usměrňuje tok materiálu a napomáhá lepšímu drcení (VOMELA, 2013.).



Obrázek 2 - Uchycení hrotu na rotoru (foto vlastní)



Obrázek 3 - hroty využívány na rotoru tzv. „malé a velké“ (foto blacktip.com.au/)

Podle otáček rotoru se dělí frézy na rychloběžné a pomalu běžné (VOMELA, 2013). Rychloběžné, neboli také povrchové frézy, slouží k rozdrčení materiálu na povrchu a slouží převážně jako mulčovač. Pro použití těchto fréz je vhodná kombinace frézy a traktoru o výkonu 52 kW – 36 kW. Frézy jsou převážně využity při odstraňování dřevního odpadu, vytváření průseků v prořezávkách, odstraňování nežádoucího porostu apod ... (KRÁL, 2009). Pomalu běžné frézy, které lze nazvat i hlubkovými frézami jsou vhodné k rozdrčení materiálu a následnému zapravení rozdrčeného materiálu hluboko (až do 50 cm) do půdy. Vhodná kombinace této frézy

je s traktorem o výkonu 98 – 263 kW. Hloubkové frézy jsou určeny k víceúčelovému využití, od likvidace půdního odpadu po úpravu ploch a úpravu podkladových ploch při stavbě cest (KRÁL, 2009).

Další rozdělení fréz může být z hlediska objemu zpracované hmoty, kdy se jednotlivé frézy dělí na malé frézy (150-200 m³), střední frézy (200-400 m³) a velké frézy (400 -800 m³), které jsou na obrázku 4 (KRÁL, 2009). U všech zmiňovaných fréz je nutné brát ohled na výkon traktoru, který je s frézou v soupravě.

Jako poslední rozdělení fréz je podle druhu zpracování a místa použití, kdy mohou být frézy na volně ležící organickou hmotu (povrchové drcení), na pařezy a na zapravení mulče do hloubky minerálního podkladu.

Základní předpoklad využití odpovídajícího typu půdní frézy jsou adekvátní podmínky. Při použití frézy se nezohledňuje počasí, které na opotřebení nebo životnost frézy nemá žádný vliv, pouze nám jednotlivé vlivy počasí mohou zvýšit spotřebu pohonných hmot. (KRÁL, 2009).



obrázek 4 - samojízdná fréza ahwi V6, jedná se o velkou frézu (foto vlastní)

Další frézou, kterou lze využít je fréza stabilizační. Stabilizační fréza se využívá pro zlepšení vlastností zemin a pro lepší zhutnění zeminy. Fréza pracuje

proti směru jízdy s oboustranným pohonem. (<http://www.baumaschinen-rental.com/>) K drcení materiálu dochází pomocí silného pomaloběžného rotoru, který umí proniknout do pevného podkladu nebo velkých kamenů, které rozdrtí nebo odfrézuje. (TSTSW.cz) Proces drcení a kypření podkladu je vyobrazen na obrázku 5.



obrázek 5 -schéma frézování (zdroj www.wirgen.de)

Velká síla, která je potřebná pro práci pomaloběžného rotoru frézy je převáděna na obě poháněné strany rotoru frézy pomocí centrální zubové převodovky. (forestmeri.cz) Na rotoru jsou umístěny po obvodu kladiva s hroty, viz obrázek 6 (TSTSW.cz).



obrázek 6 - rotor frézy Stehr s hroty (foto BALÍK)

Rotor stabilizační frézy je opatřen pevným pracovním ústrojím, které pracují při malých otáčkách, ale s vysokým kroutícím momentem. Frézy tohoto typu

dokážou rozdrtit materiál a rovnoměrně promíchat zeminu až do hloubky 30-40 cm. Používá se především ve stavebnictví (stabilizace půdy s přidáním vápna nebo jiné složky), ale mají svůj význam i v zemědělství, kdy slouží především k drcení kořenu pařezů v hloubce jak v zemědělství vyobrazeno na obrázku, tak v lesnictví. Další využití může být k mulčování dřevního materiálu a menších pařezů. (DOČKAL, 2012) Frézy s danými kolovými nosiči jsou na obrázcích 7 a 8.



obrázek 7 -traktor Fendt 930 vario se stabilizační frézou Stehr (foto vlastní)



obrázek 8 - traktor Fendt 939 vario se stabilizační frézou WIRGEN (foto BALÍK)

3. Cíl práce

Cílem práce je praktické ověření výkonnosti a provedení kvality pracovní činnosti rotačních fréz s horizontální osou rotace při umělé obnově lesa, podpoře přirozené obnovy lesa ve vybraných lesních porostech a v zemědělství v lokalitách s rozdílnými půdními a terénními podmínkami.

Dílčím cílem je porovnání zkušeností zalesňování a následné péče zalesněných porostů po rekultivaci, zhodnocení kvality provedené práce jednotlivých fréz a připravenost jednotlivých ploch pro zalesnění. Na základě získaných výsledků upřesnit vhodnost použití fréz a jejich nosičů pro jednotlivé porosty.

U rekultivace v zemědělství zhodnotit plochu, která byla připravena pro další zemědělské využití. Popsat postup rekultivace, která umožňuje po rekultivaci dané plochy její přímé využití v zemědělské prvovýrobě.

4. Metodika práce

Pro splnění cíle a dílčích cílů byl použit následující postup:

- a) Výběr fréz a dohovor s provozovatelem
- b) Výběr pracovních ploch a dohovor s majiteli ploch
- c) Dohovor na termínu a podmínkách měření
- d) Zjištění základních konstrukčních parametrů fréz a traktorů pro výpočty
- e) Stanovení základních vztahů pro výpočet
- f) Výpočet teoretické potřeby celkového výkonu motoru pro pohon fréz v daných podmínkách
- g) Sběr potřebných dat a vyhodnocení pracovní činnosti fréz v závislosti na podmínkách a prostředí
- h) Zpracování naměřených dat
- i) Posouzení kvality provedené pracovní činnosti

ada) Výběr fréz a dohovor s provozovatelem

Měření bylo prováděno na čtyřech různých nosičích fréz, kdy každý stroj byl nosičem jiné půdní frézy. Měření probíhalo v různých oblastech České republiky, kde byli různé půdní typy. Odlišnosti byly i v daném porostu k rekultivaci nebo v požadavcích dané práce. Byly porovnávány výkony daných nosičů, jejich výkonnost, spotřeba pohonných hmot.

K daným výpočtům bude potřeba znát jednotlivé potřebné údaje, které budou změřeny u jednotlivých strojů nebo sděleny z deníku práce stroje od obsluhy. Bude uvedena charakteristika nosičů a fréz firmy. Charakteristika jednotlivých strojů s ohledy na jejich klady a zápory, možnosti vyžití nebo kvalitu odvedené práce. V neposlední řadě budou napsány zkušenosti obsluhy a poznatky z praxe.

4.1.Charakteristika firmy

Ve vlastní práci jsem spolupracovala s firmou Rekforest s.r.o. Samotná firma byla založena 15. dubna 2010, ale navazovala již na předešlou soukromou činnost vlastníka firmy, která započala již v roce 2003. Firma Rekforest s.r.o. je rodinný podnik zabývající se službami v oblasti lesnictví, stavebnictví, ale i v zemědělství.

Mezi její hlavní specializaci se může zařadit rekultivace ploch, celoplošné přípravy ploch na zakládání nových porostů. V zemědělském sektoru mohou pomoci při obnovení zalesněných luk, polí a pastvin zpět do původního stavu, ale i likvidaci náletových dřevin, které zmenšují plochu k obhospodařování zemědělci. Další využití jejich stroji je při rekultivaci porostů nad energovody nebo pod elektrickým vedením. Tato moderní a pro mnoho lidí neznámá moderní metoda rekultivace zanechává veškerou biologickou hmotu v zemi.

Firma Rekforest s.r.o. disponuje několika stroji pro tyto účely, ať již se jedná o kolový traktor Fendt s frézou nebo pásová fréza AHWI RT tyto stroje a jejich frézy jsou charakterizovány v následujících tabulkách 1 až 8.

Tabulka 1 – Technické a konstrukční parametry frézy AHWI FM 600

Fréza AHWI FM 600	
Pracovní šířka	2350 mm
Hmotnost	2600 kg
Počet nástrojů (hrotů)	48 ks
Pohon	PTO 1000 min-1
Min. příkon stroje	150 kW
Max. příkon stroje	263 kW
Průměr rotoru	600 mm

Tabulka 2 – Technické a konstrukční parametry traktoru FENDT 930 vario

FENDT 930 vario (lesní)	
Rok výroby	2007
Motor MAN	
Max. výkon	228 kW
Počet válců	6
Chlazení	Vodou
Otáčky při max. výkonu	1800-2000 ot.min ⁻¹
Optimální spotřeba paliva	194 g/kWh
Objem palivové nádrže	530 l
Převodovka a vývodový hřídel	
Konstrukce převodovky	Převodovka Vario s plynule měnitelným poměrem
Max. rychlost	50 km/h
Zadní vývodový hřídel	540 nebo 1000 ot/min
Celková hmotnost	8950 kg
Celková délka	4940 mm
Celková šířka	2700 mm
Celková výška	3110 mm

Fendt 930 Vario s lesní nástavbou je nosičem frézy AHWI FM 600. Je jednou z nejvyužívanějších souprav, kdy je velkým pomocníkem v oblasti rekultivace lesních a zemědělských porostů. Díky své technické vybavenosti a možnosti otočného řízení, je traktor při rekultivaci porostu řízen s otočenou sedačkou a ovládním, kdy pracovní úkony probíhají při couvání traktoru, které je pro obsluhu stroje velkým přínosem. Tato souprava je využívána na rekultivaci pasek s pařezy menšího průměru, kdy po rekultivaci nezůstává po celé ploše jediný pařez, ale pouze upravena načechraná plocha. Další uplatnění nachází při rekultivaci náletových dřevin, údržbě parků, drcení jednotlivých pařezů ve městech a obcích nebo i jen při mulčování travin a rovnání lučního porostu po rytí divokých prasat. Charakteristika kolového nosiče Fendt 930 vario s lesní nástavbou a jeho frézou je uvedena v tabulce 1 a 2.

Tabulka 3 – Technické a konstrukční parametry kolového traktoru**FENDT 930 vario**

FENDT 930 vario (bez lesní nástavby)	
Rok výroby	2005
Motor MAN	
Max. výkon	228 kW
Počet válců	6
Chlazení	Vodou
Otáčky při max. výkonu	1800-2000 ot.min ⁻¹
Optimální spotřeba paliva	194 g.kWh ⁻¹
Objem palivové nádrže	530 l
Převodovka a vývodový hřídel	
Konstrukce převodovky	Převodovka Vario s plynule měnitelným poměrem
Max. rychlost	50 km.h ⁻¹
Zadní vývodový hřídel	540 nebo 1000 ot.min ⁻¹
Celková hmotnost	8950 kg
Celková délka	4940 mm
Celková šířka	2700 mm
Celková výška	3110 mm

Tabulka 4 – Technické a konstrukční parametry frézy Stehr SBF 24 L

Stehr SBF 24 L	
Pracovní šířka	2400 mm
Hmotnost	2550 kg
Počet nástrojů (hrotů)	68
Pohon	PTO 1000 min-1
Min. příkon stroje	105 kW
Max. příkon stroje	150 kW
Průměr rotoru	600 mm

Traktorový nosič Fendt 930 vario s frézou Ster je souprava využívána především při potřebě připravit daný pozemek nejen rychloběžnou frézou po povrchu, ale také do hloubky. Tato souprava zvládá prokypřit a promísit půdu až do 45 cm, kdy díky plynulé vario převodovce traktoru je možné nastavit pomalou plynulou jízdu, která zajistí optimální výkon a rychlost pro danou práci. Soupravu lze využít nejen při potřebě hloubkové přípravy rekultivovaného porostu, ale můžeme ji využít i při stabilizaci lesních cest, stavebních ploch a dalších. Charakteristika daného nosiče a frézy uvedena v tabulkách 3 a 4.

Tabulka 5 - Technické a konstrukční parametry traktoru FENDT 939 vario

FENDT 939 vario	
Rok výroby	2011
Motor DEUTZ	
Max. výkon	287 kW
Počet válců	6
Chlazení	Vodou
Otáčky při max. výkonu	1900 ot.min ⁻¹
AdBlue	60 l
Objem palivové nádrže	600 l
Převodovka a vývodový hřídel	
Konstrukce převodovky	Plynulá převodovka Vario
Max. rychlost	60 km.h ⁻¹
Zadní vývodový hřídel	540 nebo 1000 ot.min ⁻¹
Celková hmotnost	10 830 kg
Celková délka	5655 mm
Celková šířka	2750 mm
Celková výška	3372 mm

Tabulka 6 – Technické a konstrukční parametry frézy Wirtgen ws 250

Wirtgen ws 250	
Pracovní šířka	2500 mm
Hmotnost	4755 kg
Počet nástrojů (hrotů)	98 ks
Pohon	PTO 1000 min-1
Min. příkon stroje	225 kW
Max. příkon stroje	300 kW
Průměr rotoru	1080 mm

Traktor Fendt 939 vario a fréza Wirtgen je výhradně používán ve stavebnickém provozu, kdy je nápomocen se svojí stabilizační (hloubkovou) frézou při stabilizaci zeminy za přidání pojiva, většinou směsí vápna a cementu, které je aplikováno nastavbovým distributorem na podvozku MAN. Například dlouhodobě podmáčený povrch je díky této technologii během pár hodin zpevněn (stabilizován) a je okamžitě připraven pro další dlouhodobé využití. Soupravu je možné použít i při hloubkové rekultivaci plochy, kdy je požadavek na prokypření půdy, které nezvládají povrchové frézy. Charakteristika strojů je uvedena v tabulce 5 a 6.

Tabulka 7 – Technické a konstrukční parametry AHWI RT

AHWI RT	
Rok výroby	2003
Motor DEUTZ	
Max. výkon	450 kW
Počet válců	8
Chlazení	Vodou
Otáčky při max. výkonu	1800 ot/min
Objem palivové nádrže	500 l
Přední vývodová hřídel	1300 ot/min
Max. rychlost	10 km/h
Celková hmotnost	20530 kg
Celková délka	6600 mm
Celková šířka	2800 mm
Celková výška	3225 mm

Tabulka 8 – technické a konstrukční parametry frézy AHWI UZM 700

Ahwi uzm 700	
Pracovní šířka	2350 mm
Hmotnost	4350 kg
Počet nástrojů (hrotů)	56 ks
Pohon	PTO 1000 min-1
Min. příkon stroje	188 kW
Max. příkon stroje	413 kW
Průměr rotoru	700 mm

Pásový nosič AHWI RT s frézou Ahwi UZM 700 je nejsilnější soupravou pro rekultivaci plochy, které firma vlastní. Napomáhá při rekultivaci veškerých ploch přibližně do hloubky 20-25 cm, kdy díky železným pasům má širokou škálu využití nejen na rovných plochách, ale také ve svažitéch pozemcích. Jeho velkou předností je velký výkon motoru o síle 450 kW, který zajišťuje dostačený pohon pro frézu a společně za sebou zanechávají pouze frézovanou plochu bez jakých koliv pařezů, náletů, ale i vysokých urostlých stromů. Díky své vysoké hmotnosti a kovovému rámu je velmi dobře chráněn proti pádu stromů a žádný strom mu není překážkou. Nezáleží, jaký porost před frézováním na dané ploše rostl, po zásahu nezbude na ploše nic jiného než holá pláň s možností dalšího využití. Dle informací je tento stroj jediný v republice a pozorovat jej při práci je pro mnohé nezapomenutelný zážitek. Tabulka 7 a 8.

4.2. Potřebné parametry

Pro úspěšnou činnost stroje pro rotační zpracování půdy je nutné, aby nosič frézy měl požadovaný výkon motoru P_e (kW). Výkon P_e je využit pro vlastní pohyb stroje (pohyb traktoru) a dále také pro pohon rotoru. Mezi nejdůležitější požadavek je zajištění konstantních otáček rotoru s pevnými kladivy při rozbíjení ztuhlé půdy. Průřez je dán šířkou záběru stroje, tedy délkou rotoru a hloubkou zpracování půdy. Výkon motoru P_e , který je u daného stroje využíván, musí pokrýt požadavky na pojezd stroje P_p a pohon pracovního ústrojí $P_ú$.

$$P_e = P_p + P_ú \quad (\text{kW})$$

Potřebná velikost výkonu pro pojezd je závislý na mnoha faktorech. Mezi jednotlivé faktory můžeme zařadit i svah, který musí daný stroj zdolávat. Dalším faktorem je valivý odpor, který závisí na stavu pneumatik a povrchu (podložce), po které se stroj pohybuje. Požadavek na výkon se dá ovlivnit i rychlostí stroje. V případě pohybu stroje na kluzkém povrchu, hraje roli u velikosti výkonu prokluz hnacích kol. Velikost výkonu pro pohon pracovního ústrojí závisí na konstrukci pracovního ústrojí (hloubka zpracování, záběr, stav břitů – hrotů) a především na složení (charakteru) zpracované půdy nebo rozbíjeného materiálu. Rozmanitost mezi jednotlivými faktory ovlivňující výkon motoru může být velmi velká. Výkon motoru nosiče frézy by měl zajistit bezproblémovou práci v nejtěžších a nejsložitějších podmínkách.

U mechanizace, která je nosičem stroje pro zpracování půdy je k dispozici tzv. efektivní výkon motoru P_e který je spotřebován především na:

Výkon ztracený v převodech mechanizačního prostředku	P_m
Výkon ztracený prokluzem v závislosti na povrchu terénu	P_δ
Výkon ztracený odporem valení v závislosti na terénu a pneumatikách	P_v
Výkon spotřebovaný na překonání stoupání	P_5
Výkon spotřebovaný na zrychlení	P_a
Užitečný tahový výkon	P_t
Užitečný výkon na vývodové hřídeli	P_{vh}
Výkon spotřebovaný na překonání odporu vzduchu	P_o

Výkonovou bilanci, lze tedy vyjádřit rovnicí:

$$P_e = P_m + P_\delta + P_v + P_5 + P_a + P_t + P_{vh} + P_o, \text{ přičemž}$$

P_δ, P_y - jsou ztráty ve styku s hnacího ústrojí mechanizačního prostředku s podložkou,

P_v, P_5, P_o - jsou jízdní odpory,

P_t, P_{vh} - jsou užitečné výkony.

Pokud se mechanizační prostředek, který realizuje práci a pohybuje na rovině, se bilance výkonu zjednoduší na základní rovnici:

$$P_e = P_m + P_\delta + P_v + P_5 \quad (\text{kW})$$

P_m – Výkon ztracený v převodech – pohyb převodových kol olejem, třením mezi ozubením převodových kol, vlivem vnitřního tření ložisek, proudění oleje apod.

$$P_m = P_e - P_k \cdot P_k = P_e \cdot \eta_m$$

$$P_m = P_e \cdot (1 - \eta_m) \quad (\text{kW}), \text{ kde:}$$

η_m = mechanická účinnost

P_k = výkon na hnacím kole (kW)

- a) U kolových mechanizačních prostředků se pohybuje v rozmezí: 0,9 - 0,94
 b) U pásových mechanizačních prostředků je rozmezí: 0,86 - 0,9

P_v – Výkon ztracený odporem valení je ovlivněn deformací boků a ramen pneumatiky, stlačováním podložky pod kolem, vytvářením klínu před kolem u měkkého povrchu terénu, tzv. bořením do povrchu půdy.

$P_v = G \cdot v \cdot \varphi$ (kW), kde :

G = tíha mechanizačního prostředku (kN)

v = rychlost pohybu mechanizačního prostředku při práci (m.s⁻¹)

φ = součinitel odporu valení

$F_v = G \cdot \varphi$ - síla odporu valení na rovině (kN)

$F_v = G \cdot \cos \beta \cdot \varphi$ - síla odporu valení do svahu s úhlem stoupání β (kN)

$G = m \cdot g$, kde m je hmotnost mechanizačního prostředku včetně stroje pro rotační zpracování půdy, g je tíhové zrychlení na planetě Zemi.

Součinitele odporu valení pro mechanizační prostředek může mít různě velké hodnoty podle toho, na jakém povrchu se pohybuje, například:

- a) na pevné vozovce : 0,02
 b) na strništi : 0,06 - 0,08
 c) na kyprém poli: 0,12 - 0,20
 d) na vlhké louce : 0,20 – 0,40

P_δ - Výkon ztracený prokluzem - je dán rozdílem výkonů na kolech před prokluzem a po prokluzu.

$$P_\delta = P_k - P_k \cdot \eta_m$$

$P_\delta = P_e \cdot \delta \cdot \eta_m$ (kW), kde :

δ = prokluz (%)

P_s - Výkon ztracený překonáním svahu

$$P_s = G \sin \beta \cdot v \quad (\text{kW})$$

β = úhel stoupání

Dále je třeba prověřit, jaký výkon P_u je nutné dodat pro pohon pracovního rotoru.

Jedná se poměrně o složitý proces, který prakticky nelze matematicky pravdivě vyjádřit. Do procesu vstupuje mnoho faktorů, které se velmi mění. Nejvíce měnící faktor je variabilita zpracované půdy (celistvost, minerální složení, vlhkost, objemová hmotnost a mnohé další faktory) ve zpracovávaném pruhu. Také nelze definovat procesy, které probíhají v těsné blízkosti kolem rotoru a ovlivňují výslednou sílu pro překonání odporu horniny, zpracovanou rotorem stroje pro rotační zpracování půdy.

Orientačně lze stanovit potřebný výkon motoru P_{pr} pro pohon rotoru s horizontální osou rotace na základě následujících fyzikálních vztahů a hodnot fyzikálních veličin.

Vztah pro stanovení potřebného výkonu motoru pro pohon rotoru s horizontální osou rotace:

$$P_{pr} = F_{\bar{r}} \cdot v_p \quad (\text{kW})$$

kde:

$F_{\bar{r}}$ – síla pro překonání odporu půdy břity nožů, resp. kladiv umístěných na rotoru (pevně uchycená kladiva) (kN);

v_p – rychlost pohybu mechanizačního prostředku (m.s⁻¹);

přitom platí, že:

$$F_{\gamma} = k_{\gamma} \cdot S \cdot \beta \quad (\text{kN})$$

kde:

k_{γ} – součinitel řezného odporu, který má pro jednotlivé druhy půd různou velikost (kPa);

S – plocha zpracované, rozrušené (rozpojené) vrstvy (m²);

β - koeficient upravující šířku záběru (pohybuje se v rozsahu 1,0 – 1,3) reaguje na situaci, kdy krajní břity nožů, resp. kladiv ovlivňují rozpojování půdy ve větší šířce. U plastických půd je koeficient 1, u půd s přítomností větších zrn šterku, u půd utužených s nižším obsahem vody to může být až 1,3.

Přitom platí, že:

$$S = b \cdot h \quad (\text{m}^2)$$

kde:

b - šířka záběru rotoru (m);

h – hloubka záběru rozbíječe (ponoření břitů nástrojů pod úroveň pojezdu) (m);

Pro součinitele řezného odporu k_{γ} pro jednotlivé druhy zemědělských půd lze použít následující hodnoty:

a) Lehké půdy = 20 – 40 kPa;

b) Středně těžké půdy = 40 – 60 kPa;

c) Těžké půdy = 60 – 80 kPa.

Pro součinitele řezného odporu k_{γ} pro jednotlivé druhy hornin lze použít následující hodnoty:

- a) Snadno rozpojitelné horniny (1. a 2. třída rozpojitelnosti hornin) = 50 – 100 kPa;
- b) Středně rozpojitelné horniny (2. a 3. třída rozpojitelnosti hornin) = 100 – 200 kPa;
- c) Těžko rozpojitelné horniny (4. a 5. třída rozpojitelnosti hornin) = 200 – 300 kPa.

Z výše uvedeného vyplývá, že pro bezproblémovou činnost stroje pro rotační zpracování půdy je potřeba splnit výkonové požadavky na motor traktoru.

(Celjak, 2018)

Pro určení spotřeby pohonných hmot byl využit vzoreček:

$$Q = V / W \text{ (l.ha}^{-1}\text{)}$$

kde :

V - spotřeba l za směnu (l.směna⁻¹)

W – výkon plošný za směnu (ha.směna⁻¹)

Pro udání rychlosti byl použit následující vzoreček:

$$V = s / t \text{ (km.h}^{-1}\text{)}$$

kde:

s – dráha (km)

t – čas (h)

5. Výsledky práce

5.1. Výsledky výkonové bilance

Výpočet byl proveden ve vlastním programu Excel s využitím vztahů, které jsou uvedeny v kapitole Metodika

Tabulka 9– Vypočtené hodnoty pro Fendt 930 Vario a fréza uzm 600

Parametr	Hodnota
P_m	22,80 kW
P_v	20,43 kW
P_g	30,78 kW
P_{pr}	11,46 kW
P_e	85,47 kW
Q	18 – 30 l . h ⁻¹
S	1225 m ² .h ⁻¹
V	2 km.h ⁻¹

Z tabulky 9 vyplývá, že traktor využil pouze dílčí dispoziční výkon. Je to vzhledem ke snazším pracovním podmínkám (zátěži) a vlastnostem terénu. Díky svému konstrukčnímu řešení vario převodovky je traktor schopen při frézování udržovat udanou pomalou rychlost v tabulce, která je pro kvalitu odvedené práce nepostradatelná. S těmito naměřenými hodnotami jsem se setkala při dočišťovacím frézování v okolí lipenské přehrady, dodrcování štěpky na Moravě nebo při drcení náletových dřevin v okolí luk a polí. S vyšší hodnotou spotřeby paliva byl traktor v lese při frézování vykácené paseky včetně pařezů.

Tabulka 10 – Vypočtené hodnoty pro AHWI RT a frézu AHWI uzm 700

Parametr	Výsledky
P _m	45 kW
P _v	27,23 kW
P _g	20,25 kW
P _{pr}	52,07 kW
P _e	144,56 kW
Q	30 – 60 l . h ⁻¹
S	2448 m ² . h ⁻¹
V	2,5 km . h ⁻¹

Z tabulky 10 vyplývá, že AHWI RT využilo pro svůj výkon pouze část dispozičního výkonu. Vzhledem k objemu motoru nosiče a pracovnímu záběru frézy, nemůže být využit celý potenciál motoru. Z toho vyplývá, že nosič na frézu je dostatečně výkonný pro danou práci a není příliš namáhán ani ve složitém a horském terénu. Jeho jedinou nevýhodou, kterou lze zaznamenat, je vysoká okamžitá spotřeba, kterou ale vrací komfortem obsluhy, snadným ovládním, vysokou plošnou výkonností a hlavně kvalitně odvedenou prací. Dle výsledků je AHWI RT nejvýkonnější stroj v jakýchkoliv podmínkách. Tyto hodnoty byly naměřeny v oblasti Lipenské přehrady při rekultivaci lesní plochy na budoucí sjezdovku, nebo při frézování pasek po vykácení stromů.

Tabulka 11 – Vypočtené hodnoty pro Fendt 939 a frézu Wirgen ms 250

Jednotlivé výkony	Výsledky
Pm	29,2 kW
Pv	4,57 kW
Pg	39,42 kW
Prp	19,99 kW
Q	30-60 l . h ⁻¹
S	490,9 m ² . h ⁻¹
V	0,2 km.h ⁻¹

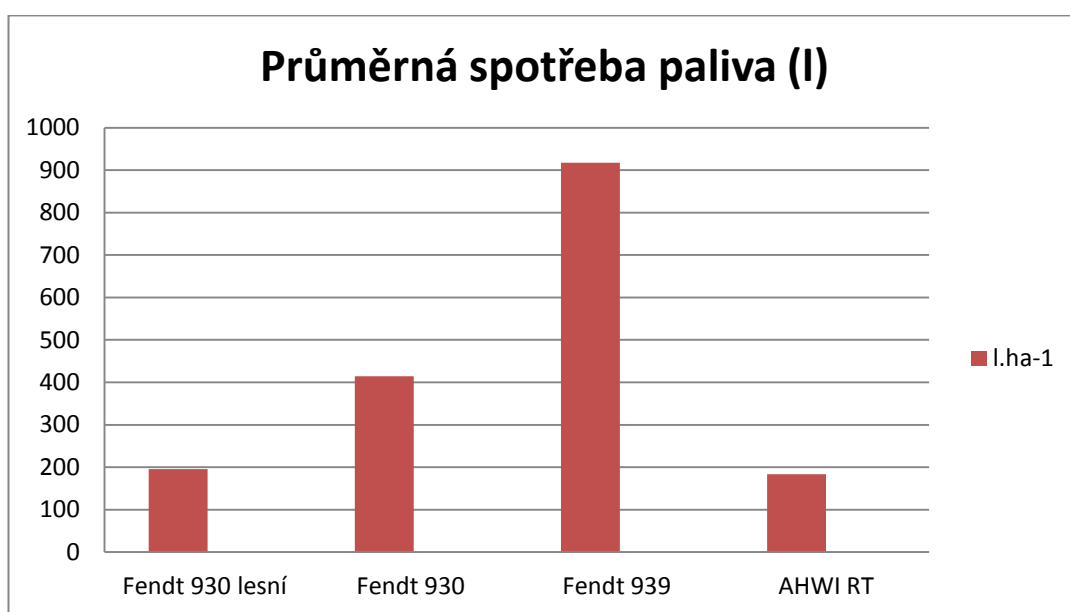
U Fendt 939 jsme dle tabulky 11 zjistili, že je to dalo by se říci nejméně výkonná souprava, co se týče v ploše frézované plochy. Díky frézování do větší hloubky je tento stroj velmi limitován plošnou výkonností a rychlostí při frézování. Její služby byly využity při rekultivaci meruňkových sadů a vinic na Moravě, ale podobné hodnoty by platili při uplatnění ve stabilizaci, kdy je půda promíchávána s pojivem (většinou směs vápna a cementu), které je promícháno frézou a na konec zhutněno a pokud je malá vlhkost půdy, tak je pokropena vodou pro správnou reakci směsi.

Tabulka 12– vypočítané hodnoty pro Fendt 930 a frézu Ster SBF 24 L

Jednotlivé výkony	Výsledky
Pm	22,8 kW
Pv	8 kW
Pg	30,78 kW
Prp	39,168 kW
Q	0,3-0,7 l . min ⁻¹
S	723,5 m ² . h ⁻¹
V	1 km.h ⁻¹

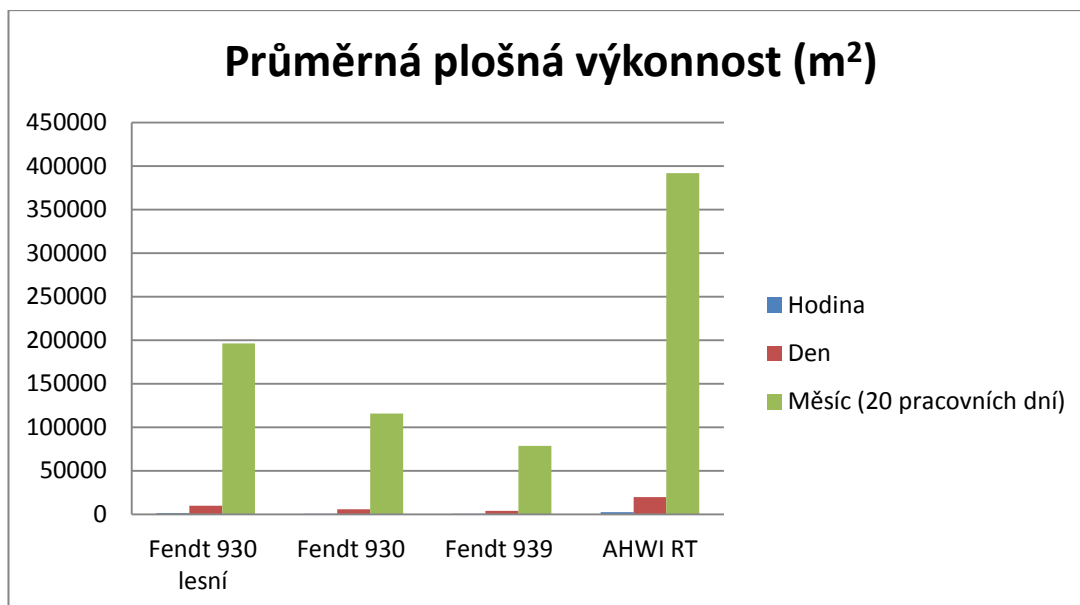
Fendt 930 vario je dle tabulky 12 použije pouze polovinu svého dispozičního výkonu. Díky hlubšímu zpracování půdy je traktor více využit na rozdíl od povrchového zpracování. Jeho pojezdová rychlost při frézování je stabilně držena díky Vario převodovce. Tato souprava byla využita na rekultivaci meruňkových sadů na Moravě.

Na následujících grafech č. 1-3 jsou graficky vyobrazeny asi nejdůležitější parametry, které jsou průměrná spotřeba paliva, průměrná plošná výkonnost a poměr spotřeby paliva k plošnému výkonu. Všechny údaje zadávané do grafu, jsou průměrem několika čísel z vícera měření.



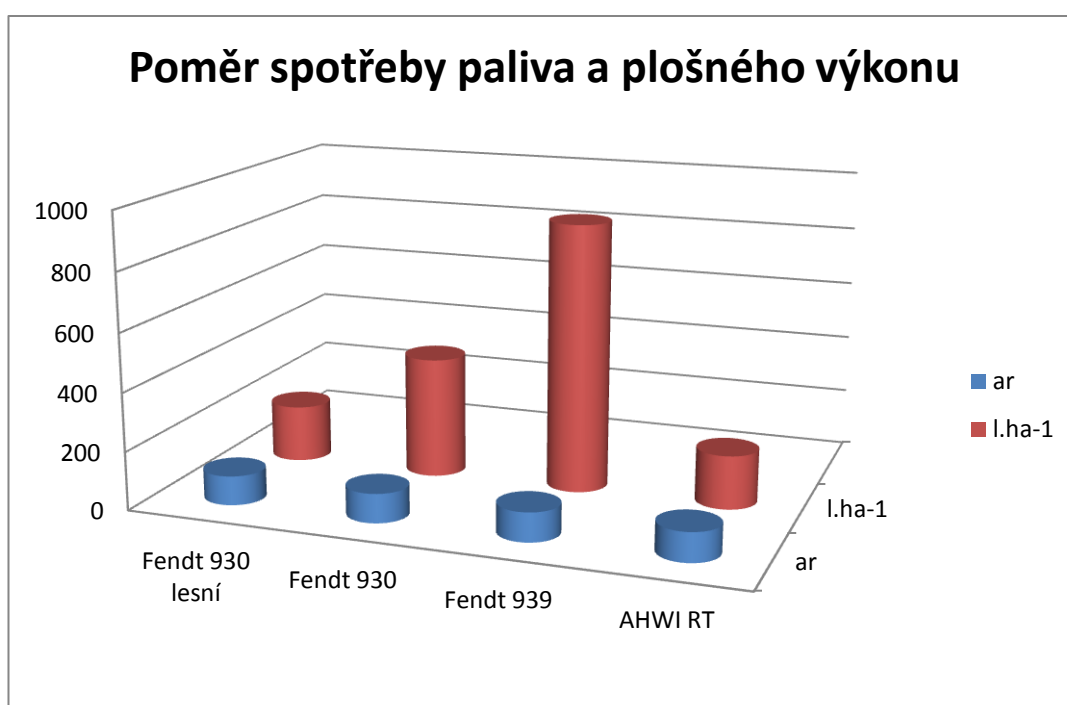
Graf 1 – Průměrná spotřeba paliva

Na grafu 1 je vyobrazena spotřeba paliva u sledovaných strojů na jednotku plochy. Dle údajů má nejmenší průměrnou spotřebu paliva na jeden hektar Ahwi RT a nejvyšší spotřebu paliva má Fendt 939.



Graf 2 – Porovnání plošné výkonnosti jednotlivých strojů.

Dle grafu 2 je patrné, že největší plošnou výkonnost má nejsilnější stroj AHWI RT a nejmenší výkonnost má Fendt 939, který na rozdíl od AHWI RT připravuje půdu do větší hloubky a díky tomu má menší plošnou výkonnost.



Graf 3 – Na grafu je patrný rozdíl spotřeby paliva na plošný výkon, kdy na 1 ha (100 aru) mají nejvyšší spotřebu traktory s hlubkovými frézami.

5.2. Využití v zemědělství

Využití rotačních fréz v oblasti zemědělství není příliš známé. Jelikož mnoho velkých podniků nezajímají velikosti obhospodařovaných pozemků, které neustále rok od roka zarůstají náletovými dřevinami a díky tomu zmenšují plochu luk, pastvin nebo i polí. Jedním časově náročným způsobem jak se těchto náletových dřevin u neobdělávaných pozemků zbavit je lidská práce, kdy pomocí motorové pily a další mechanizace zlikvidujeme stromy, keře a křoví. Bohužel v dnešní době nedostatku lidí v zemědělském provozu je tato likvidace nežádoucích porostů v mnoha podnicích nereálná.

Proto při nedostatku času a pracovních sil v zemědělství je uplatnění i pro rekultivaci pomocí fréz. Pomocí fréz je možné v zemědělském odvětví likvidovat náletové dřeviny, křoví, stromy, zarostlé plochy neudržovanou travou (funguje i jako mulčovač). Tato technologie zanechá v zemědělské půdě všechnu nadrcenou biomasu a je i poměrně přínosem pro další zpracování, kdy tlející dřevní štěrka je schopna zadržovat a uvolňovat vodu pro své okolí.

Rekultivace zanedbaných ploch na ornou půdu byla provedena v zemědělském podniku na jihu Moravy, kde byly staré neudržované meruňkové sady, které byly zarostlé trnkami, šípky, náletovými dřevinami a vysokou trávou. Byl to neudržovaný a neprůstupný porost, který byl nevhodný pro další využití v zemědělské prvovýrobě. Jako první úkol bylo zlikvidovat staré meruňky a ostatní náletové dřeviny a plevelné rostliny, kdy pomocí frézy AHWI RT byly meruňky poraženy a rozvlákněny frézou spolu s pařezy a ostatními rostlinami. Jelikož stroj AHWI RT disponuje vysokým výkonem, byly stromy velmi rychle zpracovány a zbývala po nich pouze holá pláň, na jejímž povrchu zůstala rozprostřená štěrka. Tímto strojem probíhalo jen povrchové frézování do hloubky přibližně 10-15 cm půdy.

Dalším strojem, který navracel zarostlému pozemku své prvotní využití, byl FENDT 930 vario s frézou AHWI, kdy povrchově na dva pojezdy rozdrcoval štěrku na co nejmenší části a míchal ji se zemí do 10 cm a připravoval plochu pro hloubkové zpracování pozemku. Poté byla použita hloubková stabilizační fréza, která nakypřila a promísila půdu spolu se štěpkou do přibližně 30 - 35 cm. Celý proces na

sebe navazoval, a pokud neměl stroj poruchu byla výkonost od prvotní likvidace dřevin po hloubkové kypření kolem 1 ha za směnu. Za celou touto pracovní operací byl zemědělských družstvem použit podmítač pro přípravu pudy, a jelikož rekultivace probíhala v jarním období byla ještě tentýž rok do zrekultivované plochy zaseta kukuřice. Firma nedělala tento rekultivační proces pro dané družstvo poprvé, byli zde i vidět pozemky, na kterých proběhla rekultivace v předešlých letech. Na následujících fotografiích 9 a 10 je vyobrazen postup při rekultivaci na jižní Moravě.



Obrázek 9: pohled na zarostlý sad v AHWI RT – jižní Morava 2017



Obrázek 10 – Pohled na zpracovaný pozemek pásovou frézou

Na obrázku 10 je patrný rozdíl v jednotlivých pojezdech fréz, vpravo rozdrčený materiál po 2 pojezdech traktorem a jeden pojezd pásové frézy. Uprostřed je prokypřená půda hloubkovou frézou do 30-35 cm na jeden pojezd traktoru s průměrnou rychlostí 0,5 – 0,6 km.h⁻¹ . Vlevo je vidět porost po rekultivaci, který je již zemědělsky obděláván a roste zde kukuřice. Rekultivace byla provedena rok před pořízením fotografie.

Další použití fréz v zemědělském sektoru je při navracení zarostlých ploch kolem polí a luk na jejich původní využití. Kdy proces navracení je velmi podobný, ale s tím, že likvidace náletových dřevin a křoví s následným dodrcením a promícháním půdy přibližně do hloubky 15-20 cm probíhá jedním strojem. V přístupnějších oblastech je využíván traktor s frézou AHWI, v méně přístupných a svažitéch pozemcích je využívána fréza na pásech AHWI RT.

Využití půdních fréz v zemědělství v praxi se můžeme setkat s rekultivací zarostlého lesního porostu, který dle katastrálních map je orná půda. V tomto případě se navrácí také půda k dřívějšímu využití, tedy k zemědělské prvovýrobě. Rekultivace plochy byla provedena strojem AHWI RT, který připravoval půdu do hloubky přibližně 20 cm. Celý proces rekultivace je na obrázku 11, kde je vidět zrekontrovaná plocha a obrázek 12 pořízen o rok později.



Obrázek 11: Zrekontrovaná plocha s AHWI RT



Obrázek 12: Kukuřice po předešlé rekultivaci plochy.

V posledních letech rozvíjejícího se turismu v oblasti vodní nádrže Lipno se díky stroji AHWI RT zrekultivovali lesní porosty na trvale travní porosty nebo pastvy, které budou v budoucnu využívány jako sjezdovky. Již před několika lety firma dělala také svah, který je v dnešní době využíván v zimní sezoně, jako sjezdovka. Tento porost na obrázcích se zrekultivoval v uplynulém roce, kdy plocha o několika ha byla nejdříve vykáčena harvestory a bylo zde zanecháno veškeré kletí po stromech, tedy větve, náletové dřeviny, pařezy. Nutno dodat že povrch v této horské oblasti byl kamenitý a o to víc byla tato rekultivace finančně náročnější. Celé území bylo zrekultivováno na několik pojezdů pásové frézy a na finální dokončení byla použita fréza AHWI fm 600 nesená kolovým traktorem Fendt 930 vario pro jemnější nadrcení povrchu. Taktéž byl tento traktor použit pro urovnání povrchu smykem a vysévání travní směsi. V předseťové podobě došlo bohužel k nepříznivým klimatickým podmínkám, kdy přišlo několik přívalových dešťů po sobě, které ze 70% plochy odplavili nadrcenou vrstvu připravenou k setí. Musel být znovu nasazen traktor Fendt 930 vario s frézou Ahwi, který postižené procento plochy znovu prokypřil, srovnal a připravil na setí.

Na obrázku 13 je plocha po vykácení určena k rekultivaci, kterou provedl stroj AHWI RT. Jelikož plocha byla ve špatně přístupném terénu v okolí vodní nádrže Lipno, bylo na některých částech nemožné využití traktoru.



Obrázek 13: Před rekultivací lesní plochy na budoucí sjezdovku



Obrázek 14: Po proběhlé rekultivaci lesní plochy

Pohled na zrekultivovanou plochu v těžších podmínkách v okolí vodní nádrže Lipno je na obrázku 14. V přístupnějších oblastech byl nápomocen traktor se svojí frézou. Zrekultivovaná plocha se poté zkontrolovala a pomocí pásového rypadla srovnali terénní nerovnosti. Po úpravě zrekultivované plochy bylo provedeno setí travní směsi. Výsledek celé obnovy na luční porost v Šumavských horách je na obrázku 15, snímek byl pořízen přibližně 2 měsíce po rekultivačních pracích. Pod travním porostem je zanechána veškerá dřevní biomasa.



Obrázek 15: Zrekultivovaná plocha v oblasti vodní nádrže Lipna

Oblibu půdních hloubkových fréz našlo vinařství. Kdy i vinaři využívají služby rekultivace starých vinic a nechávají si půdu prokypřit hloubkovou frézou do hloubky 35-40 cm - vyobrazeno na obrázku 16. Po zfrézování je na dané ploše založena nová vinice.



Obrázek 16: Pohled na zrekultivovanou vinici na jižní Moravě.

5.3. Využití v lesnictví

Při kůrovcové kalamitě, která probíhá na celém území České republiky je využití půdních fréz v lesnictví velmi na vzestupu. Ať už čerstvě vykácené, zanedbané silně zarostlé paseky buření nebo obnova stávajícího porostu z důvodu výskytu nežádoucích choroba velkého procenta uhynulých jedinců. Pokud to půdní podloží dovolí (nesmí být velmi kamenité) je fréza pro úklid zbylého kletí a pařezů ta pravá volba.

Povrchové rychloběžné frézy AHWI fm 600 a AHWI uzm 700 jsou primárně určeny pro práci v lesním hospodářství. Kdy díky svým výkonným nosičům jsou schopny v jakém ko-li terénu odvést kvalitní práci. Při aktuálním stavu dělníků v lesnictví je situace kritická, okamžitá likvidace jednotlivých ohnisek čerstvě napadených kůrovcem, aplikace lapáků, ruční sázení, ožínání stromků, a veškeré ruční práce s tím spojené znamenají pro les v dnešní situaci kůrovcové kalamity velmi podstatný nedostatek. Díky frézám, je ale možné vysázení stromků strojem a pro následné ožínání také, tím se několikanásobně zvyšuje schopnost včas zasázat budoucí porost a řádně jej udržovat, při nízkém počtu dělníků v lesnictví. . Díky jejich výkonnosti a síle zanechají na pasece po vykácení pouze zrekultivovanou pláň bez větví, pařezů, které jsou rozdrceny frézou na štěpku a promíchány se zemí. Pro menší průměry pařezu je vhodný spíše kolový traktor Fendt 930 vario se svojí frézou, ale pro větší průměry pařezů i v náročném svažitém terénu, kde by traktor

pracovat nemohl, si bez problému poradí AHWI RT. AHWI RT nemá, co se týče frézování v lesním porostu přemožitele ve výkonu a kvalitě odvedené práce.

Frézování na lesních pasekách probíhá ve dvou pojezdech, kdy při pojezdu vpřed se veškerá biomasa hrubě nadrtí a naruší se povrch půdy. Při pojezdu zpět (proti směru otáčení válce s hroty) prochází veškerá hrubě nadrcená hmota se zemí frézou, kde dojde k jejímu rozdrčení a promíchání díky břitům namontovaných uvnitř frézy. Oba tyto pojezdy jsou obsluhou provedeny dle potřeby, u některého porostu stačí jeden pojezd a u jiných porostů se musí projet dvakrát i více. Půda po zásahu frézy je nadýchaná a provzdušněná většinou připravená k sázení nového porostu, avšak při velké vrstvě nadrcené čerstvé biomasy z důvodu velkého množství potěžebních zbytků se doporučuje nechat takovou plochu několik měsíců ladem podobně jako je to u orby. Můžou se zde dočasně vyskytnout někteří škůdci nebo vznikne negativní chemická reakce při tlení biomasy, která může mít na vysázený porost velmi negativní účinky. Po zasazení do řádně připravené a odleželé půdy je pro budoucí porost zajištěna dostatečná vlhkost a zdroj živin. Na následujících obrázcích 17–23 jsou vyobrazeny jednotlivé práce daných strojů v lesním hospodářství.

Zarostlou paseku před rekultivací zachycuje obrázek 17, kde je patrné zaplevelení travou, náletovými dřevinami a pod vzrostlou travou ukryté pařezy a větve. Stejný porost, ale po proběhlé rekultivaci je na obrázku 18. Při rekultivaci je potřeba drtit nejen větve a náletové dřeviny, ale také pařezy, které pro frézu a její nosič kladou poměrně velký odpor. Pro velké průměry pařezů je nejvhodnější fréza AHWI RT, která díky svému výkonu bez problému rozfrézuje pařezy větších průměrů je na obrázku 19. V jakém koliv různém terénu je AHWI RT, díky pasům místo kol velmi univerzální stroj a je možné jej použít i ve svažitém terénu. Rekultivace v lesních porostech není omezena roční dobou, ale i v zimě za mrazu je možné rekultivovat paseky. Rekultivace svažitého lesního pozemku je na obrázku 20.



Obrázek 17 – Zarostlá paseka před rekultivací



Obrázek 18 – Zrekultivovaná paseka



Obrázek 19– Drcení velkého pařezu s AHWI RT



Obrázek 20 – Práce AHWI RT

Práce kolového traktoru Fendt 930 vario s frézou ahwi v lesním hospodářství je poměrně rozmanitá. Kdy nejen při rekultivaci vykácené paseky s menšími pařezy má uplatnění, ale také při rekultivaci přerostlých lesních školek, které jsou třeba připravit pro budoucí malé stromečky. Úbytek dřevní hmoty při drcení je na obrázku 21, kde je viditelná pohled z traktoru při samotném frézování a na dalším obrázku 22 je z traktoru patrný porost školky po rekultivaci.



Obrázek 21 – Pohled z kabiny řidiče Fendt 930 s frézou AHWI fm 600



Obrázek 22 – Pohled z Fendt 930 s frézou AHWI na zre kultivovaný porost

Na obrázku 23 je vyobrazena promíchaná zemina se štěpkou. Po práci stroje AHWI RT při rekultivaci vykácené paseky v zimních měsících.



Obrázek 23 – Povrch půdy po rekultivaci AHWI RT

Na práci v zimním období se strojem AHWI RT navazuje obrázek 24, kde je stroj zachycen při drcení klestu a pařezu.



Obrázek 24 – AHWI RT při rekultivaci lesní plochy

6. Závěr

Diplomová práce se zabývala využitím půdních rotačních fréz s horizontální osou rotace v zemědělství a lesnictví. V dnešní době ubývání pracovních sil, v lesnictví a zemědělství je využití rotačních fréz na vzestupu. Začíná být nedílnou součástí úpravy porostu v obou sektorech.

Dříve se náletové dřeviny, klestí po vykácení stromů běžně sbírali po pasekách, vyřezávali a z kopic klestu se dělal oheň. Bohužel pracovních sil pro uklízení porostu rapidně ubývá a je třeba použití moderní a časově méně náročné technologie frézování. Frézování v lesním porostu začíná být lesními hospodáři velmi oblíbené, jelikož je možné za zlomek času po vykácení paseky zanechat veškerou zbytkovou dřevní hmotu na zemi, která je půdní rotační frézou rozdrčena, zároveň promíchána se zemí a připravena k výsadbě budoucího porostu. V závislosti na výkonu traktoru a hloubkových možnostech frézy je možné paseky zanechat bez pařezů, náletových dřevin, ale také nafrézovat zeminu do určité hloubky, tím ji prokypřit a promíchat s dřevní biomasou. Celý proces promíchání půdy s biomasou podporuje rozklad biomasy v půdě, zanechání vody a živin v půdě, kdy dřevní biomasa je schopna velmi dobře vstřebávat a uvolňovat vodu.

V zemědělství je pojem frézování poměrně neznámí, kdy ne moc zemědělských podniků ví o jejím využití v této oblasti. Vzhledem k tomu, že náletové dřeviny zmenšují obhospodařovanou plochu zemědělcům a jen malé procento zemědělců navrácuje svojí půdu do původních rozměrů vyřezáváním dřevin je neustále zmenšována zemědělská plocha. Důsledkem zmenšování zemědělské plochy zarůstáním nežádoucích dřevin je snižována výměra, toto neustálé zmenšování obhospodařované plochy je důsledkem postupného posouvání hranic při obdělávání pozemku většinou z důvodu vyhýbání se přesahujícím větvím nebo zjednodušení si obdělání rohových krajů pozemku. Pomocí při řešení tohoto problémů je rekultivace porostu, kdy bez větší lidské námahy je možnost půdní rotační frézou rozdrtit náletové dřeviny v okolí luk, pastvin a polí. Rekultivace v okolí zemědělské půdy je stejná jako v lesnictví, kdy je veškerá dřevní biomasa zanechána v půdě, promíchána se zeminou do různé hloubky.

V obou oblastech využití byli zjištěni jednotlivé výkony sledovaných strojů při práci. Bylo posouzeno zda-li je nosič půdní frézy vhodný k těmto účelům se svojí

frézou a jestli jsou schopni zvládat rekultivaci v různých půdních podmínkách. Kvalitu práce jednotlivých fréz, která určovala možnost dalšího využití zrekultivované plochy ať již k zalesnění nebo k zemědělské prvovýrobě. U každého stroje bylo posouzeno jeho praktické využití v jednotlivých pracovních operacích, kdy ne každý stroj plní stejné rekultivační požadavky jako stroj druhý.

Nejlépe hodnoceným strojem co se týče výkonnosti a kvality zrekultivované plochy byl AHWI RT, který díky své technické vybavenosti a výkonem je v oblasti frézování dřevních zbytků i v náročných terénech nepřekonatelný žádným jiným strojem. Bohužel tento stroj nedisponuje takovou hloubkou zpracování, jako kolový traktor Fendt 939 s frézou Wirtgen, který je schopen zpracování půdy do hloubky až 50 cm. Tím je spolu s kolovým nosičem Fendt 930 s frézou Ster nejvýkonnějšími soupravami co se týče hloubky zpracování půdy a promíchání dřevní biomasy s půdou. Posledním sledovaným strojem byl kolový traktor Fendt 930 s frézou AHWi, který odváděl dobrou práci, co se týče frézování náletových dřevin, menších pařezů, ale v těžších podmínkách a větší náročnosti na výkon traktoru při frézování větších pařezů musel být nahrazen frézou AHWI RT.

Doporučením tedy pro praxi je brát ohled na jednotlivé dané výkony a způsoby využití těchto strojů s ohledem na zadanou práci. Nepřetěžovat stroje v podmínkách, které pro ně nejsou ideální. Při využití půdních fréz dbát na kvalitu odvedené práce a v případě potřeby přidat další pojezd pro zdokonalení jejich výsledku. Zrekultivované plochy s velkým podílem potěžebních zbytků v oblasti lesnictví nezalesňovat okamžitě po rekultivaci, ale nechat půdu odpočinout a slehnout, jinak hrozí vyšší procento uhynulých vysázených stromků. Kdy přes načechrání půdy i dobré vlastnosti dřevní štěpky s hospodařením s vodou není schopna prokypřená půda v lesnictví okamžitě vytvořit novému porostu ideální podmínky pro přijetí sazenice. V oblasti zemědělství je důležitá doba rekultivace, kdy pro další využití zrekultivované plochy je třeba provádět rekultivaci brzy z jara, v zimě nebo na podzim nejlépe v době vegetačního klidu. Zrekultivované plochy mají velkou samoobnovovací schopnost, kdy plocha po rekultivaci je většinou schopna sama z větší části zarůst novým porostem.

7. Zdroje

1. AHWI style tooth [online]. In: . [cit. 2019-04-9]. Dostupné z: <https://blacktip.com.au/product/ahwi-style-tooth-3/>
2. ANONYM 1. Rekultivace těžebních oblastí na Sokolovsku: Rekultivace. -. -: <http://absolventi.gymcheb.cz/2008/raslama/rekultivace.html>, 2007
3. ANONYM 2. Přehled fyzikálních vlastností dřeva: cvičení [online]. In: . [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/EOPORY/DROCH-Drevo_a_jeho_ochrana/droch_cv_05-FVD.pdf
4. Baumaschinen s.r.o. [online]. Praha: -, - [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <http://www.baumaschinen-rental.com/>
5. Bergmann, W. - Čumakov, A.: Klúč na určovanie porúch vo výžive rastlín. Bratislava : Príroda 1977. 295 s. ,
6. CELJAK I, Strojní zařízení pro realizaci stavebních prací, půdní frézy. České Budějovice, Interní učební text. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
7. DOČKAL, Michal. Ekonomické porovnání vybraných technologií likvidace klestu. Brno, 2012. Bakalářská práce. Mendelova univerzita v Brně. Vedoucí práce Ing. Dalibor Šafařík.
8. FAJMON, Pavel. Rekultivace, legislativa a odpady. Enwi web [online]. 2004, 30.1.2004, -(-), - [cit. 2019-04-03]. Dostupné z: <http://www.enwiweb.cz/46234?fbclid=IwAR0vksI8llq6Ue2o1fSaNsGE1VrFLoCaIMN4jkPWQ-RpG62ZcvVob3WTBLQ>
9. FIALOVÁ, Martina. Rekultivace území zasažených těžbou a jejich možné začlenění do projektu komplexní pozemkové úpravy. České Budějovice, 2014. Diplomová práce. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. Vedoucí práce Doc. Ing. Pavel Ondr, CSc.

10. GREMLICA T., CÍLEK V., VRABEC V., FARKAČ J., FROUZ J., GODÁNY J., LEPŠOVÁ A., PŘIKRYL I., RAMBOUSEK P., SÁDLO J., STARÝ J., STRAKA J., VOLF O., ZAVADIL V. (2011): VaV SP/2d1/141/07 Rekultivace a management nepřírodních biotopů v České republice: Závěrečná zpráva za celé období řešení projektu 2007-2011
11. HEN AG. In: Forest meri [online]. [cit. 2019-04-11]. Dostupné z: <https://www.forestmeri.cz/hen-ag?itemsPerPage=10>
12. HENKOVÁ, Svatava. Inženýrské sítě. In: Stavební stroje [online]. Brno: -, - [cit. 2019-04-06]. Dostupné z: http://tstsw.cz/stavebni_stroj/predmet-bw06-56/prednaska-9#stabilizacn%C3%AD-fr%C4%99zy
13. JANČAŘÍK, V. Štěpkování jako jedna z cest k hygieně lesa. Zprávy z lesnického výzkumu. **1999**(1).
14. KOTOULOVÁ, Z., VÁŇA, J. Příručka pro nakládání s komunálním bioodpadem. Praha: EnviTypo, 2001. 70 s. ISBN 80-7212-201-0
15. KRÁL, Michal. Vliv drcení těžebních zbytků na odrůstání lesních kultur. Brno, 2009. Diplomová práce. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně.
16. KRYL, Václav, Emil FRÖHLICH a Jan SIXTA. 2002. Zahlazení hornické činnosti a rekultivace. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita. ISBN 80-248-0111-6.
17. LASÁK, ing. Oto. Jak dál bez pálení klestu?. Lesnická práce [online]. 2003, **82**(2), - [cit. 2019-03-20]. Dostupné z: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-82-2003/lesnicka-prace-c-05-03/jak-dal-bez-paleni-klestu>

18. LEDVINA, R., HORÁČEK, J.: Agrotechnické požadavky na zemědělské stroje. Č. Budějovice, JU ZF, 1997
19. Lesnický naučný slovník. Díl 1. A-O. B.v. Praha: Ministerstvo zemědělství, 1994. 743 s. ISBN 8070841117.
20. Likvidace potěžebních zbytků a příprava lesních půd pro zalesnění. Českomoravská lesní a.s. [online].[cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://cmlesni.cz/likvidace-potezebnich-zbytku-priprava-pud-pro-zalesneni/>
21. MAUER, Oldřich. 1985. Deteriorizace a rekultivace I. Brno: Vysoká škola zemědělská.
22. NOVOTNÝ, PH.D., Ing. Jan, doc. Ing. Vít ŠRÁMEK, PH.D. a ing. Ladislav MENŠÍK, PH.D. Drcení těžebních zbytků vhodný způsob udržení živin v lesním ekosystému. Lesnická práce [online]. Brno, 2012, 9/2012, **91**(9/2012) [cit. 2019-04-02]. Dostupné z: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-91-2012/lesnicka-prace-c-9-12/drceni-tezebnich-zbytku-vhodny-zpusob-udrzeni-zivin-v-lesnim-ekosystemu>
23. Obnova lesa – revír Kravsko na lesní správě Znojmo [online]. ČR: -, - [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://lesy-cr.cz/casopis-clanek/obnova-lesa-revir-kravsko-na-lesni-sprave-znojmo/>
24. *Prinoth* [online]. Německo: -, 2019 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.prinoth.com/de/>
25. Prinoth: M700 [online]. -: -, - [cit. 2019-04-12]. Dostupné z: <https://www.prinoth.com/en/vegetation-management/products/forestry-mulchers/m700-106/>
26. Půdní frézy. Top agri [online].[cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <http://www.topagri.cz/produkty/ahwi/pudni-frezy>

27. Rekultivierung. Prinoth [online]. Německo: -, - [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <https://www.prinoth.com/de/vegetation-management/anwendungen/rekultivierung/>
28. REMEŠ, Jiří, Lukáš BÍLEK a Martin JAHODA. Přihnojování drcenými těžebními zbytky má pozitivní vliv na růst borovice lesní. Zprávách lesnického výzkumu [online]. 2016, 6.1.2017, **2016**(3), - [cit. 2019-04-01]. Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/107350>
29. RICHTER, Rostislav. AGROCHEMICKÉ VLASTNOSTI PŮDY. - [online]. Brno: -, 2014, 25.1.2014, -(-), 1 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: http://web2.mendelu.cz/af_221_multitext/vyziva_rostlin/html/agrochemie_pudy/a_index_agrochem.htm
30. Softwarové nástroje TST FAST VUT v Brně [online]. Brno: -, 2018 [cit. 2019-04-09]. Dostupné z: <http://tstsw.cz/>
31. Stabilizační fréza [online]. In: . [cit. 2019-04-08]. Dostupné z: http://www.baumaschinen-rental.com/doprava_stabilizacni_freza.html
32. Stehr [online]. -: --, - [cit. 2019-04-05]. Dostupné z: <https://www.stehr.com/>
33. ŠTÝS, Stanislav. 1990. Rekultivace území devastovaných těžbou nerostů. Praha: SNTL - Nakladatelství technické literatury. ISBN 80-85087-10-3.
34. Vlhkost dřeva [online]. In: . [cit. 2019-04-14]. Dostupné z: https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=9177
35. VOLNÝ, Stanislav. *Deteriorizace a rekultivace krajiny*. Brno: VŠZ, 1989.
36. Wirtgen [online]. [cit. 2019-04-07]. Dostupné z: <https://www.wirtgen.de/de/>

V kapitole 5.2 a 5.3 jsou využity vlastní fotografie