

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství
Studijní obor: Agroekologie
Katedra: Krajinného managementu
Vedoucí katedry: prof. Ing. Tomáš Kvítek, CSc.

Diplomová práce

Téma

Vliv těžebních technologií na lesní ekosystémy
v Národním parku Šumava

Vedoucí práce
Ing. Jan Procházka, Ph.D.

Autor
Bc. Otakar Vokáč

2010
České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Zemědělská fakulta

**Laboratoř aplikované ekologie (dnes součást KAG)

Akademický rok: 2008/2009

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Otakar VOKÁČ

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Název tématu: Vliv těžebních technologií na lesní ekosystémy
v Národním parku Šumava

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

1. Vypracovat literární rešerši a shromáždit dostupné údaje k dané problematice.
2. Zpracovat a vyhodnotit údaje o těžebních technologiích na území NP Šumava.
3. Identifikovat nejvýznamnější postupy a procesy, které se v lesním ekosystému projevují nejvíce negativně.
4. Porovnat a analyzovat vliv technologií na lesní ekosystémy.
5. Navrhnout doporučení pro optimalizaci procesů při manipulaci s dřevní hmotou na území NP Šumava.

Rozsah grafických prací: mapové a fotografické přílohy, grafy
Rozsah pracovní zprávy: 50 stran textu vč. tabulek
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

Urlich, J. a kol.: Harvestorové technologie a jejich optimální užití v praxi.
Brno, 2006: s. 86; ISBN 80-7375-012-0

MÍCHAL, I. (1994): Ekologická stabilita. - Veronica, Praha, 275 pp.

Petříček, Věševold a kol.: Mechanizační prostředky v lesnictví. Praha 1984:
s. 285

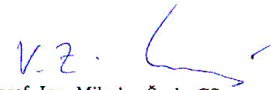
Zelenková . (ed) (2001): Plán péče Národního parku Šumava. Správa NP
a CHKO Šumava, Vimperk, 140 p.

Vacek S., Podhrázský V. a kol (2009): Stav, vývoj a management lesních
ekosystémů v průběhu existence NP Šumava.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Jan Procházka, Ph.D.
Katedra agroekologie


Datum zadání diplomové práce: 15. ledna 2009

Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2010


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.

děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13 ④
370 05 České Budějovice


doc. RNDr. Libor Pechar, CSc.

vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 31. března 2009

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracoval 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 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.

Datum: 12.10.2009

Otakar Vokáč

Poděkování

Děkuji Ing. Janu Procházkovi, Ph.D za odborné vedení, čas, zájem a připomínky, které mi poskytl při zpracování méj diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Majerovi ze státní správy Národního Parku Šumava a Ing. Štefáníkovi, panu Řehořovi, Panu Hlinkovi z územního pracoviště Borová Lada, kteří mi věnovali svůj čas a poskytli informace potřebné pro zpracování této práce.

Abstrakt, Abstract

Klíčová slova: Národní park Šumava, lesní ekosystémy, vyvážecí mechanizace, zhutnění půdy, erozní rýhy, hmotnostní vlhkost půdy.

V důsledku diferenciacie péče o lesní ekosystémy jsou na území NP Šumava lokality, kde vlivem lesní těžby dochází ke škodám na lesních ekosystémech. Jeden z nejvíce ovlivňovaných ekosystémů je půdní ekosystém, který je narušován četnými přejezdy používaných mechanizací. Mezi mechanizaci, která vykoná největší počet přejezdů na těžném území, se řadí přibližovací technika. Cílem této práce bylo získat a analyzovat údaje o používaných přibližovacích technologiích a vyhodnotit jejich vliv na lesní ekosystémy. Ve vybraných lokalitách Národního parku Šumava byla provedena analýza těžby, měření zahloubení stop, zhutnění půdy a odběr půdních vzorků pro zjištění hmotnostní vlhkosti půdy. Na základě získaných výsledků byly definovány negativní vlivy těchto technologií na vodní i vzdušný režim půdy. Součástí vyhodnocení jsou i doporučení pro snížení negativních důsledků těžby na půdu.

Key words: National park Šumava, forest ecosystems, Forwarders, soil compaction, erosion furrows, soil mass wetness

The consequence of the differentiation of a care of forest ecosystems in NP Šumava is the existence of localities where timber harvesting causes damage to forest ecosystem. One of the most affected ecosystems is the soil ecosystem. The surface is usually disrupted by numbers of passing over the same path the machines. Forwarders are the harvesting machineries that execute the largest number of passes in the forest. The aim of the diploma work is to gain and analyse data dealing with harvesting technologies, and to evaluate their impact on soil ecosystems. The impact was determinate from measuring of the recessing of the track in the surface, of the soil compaction and of the soil sampling for determination of an amount of the water in the soil. The data were measured in different selected localities in NP Šumava. The negative influences of the harvesting technologies were defined for both – water and air regime of soil. Recommendation for reduction of negative consequences of the harvesting on soil are parts of diploma work as well.

Obsah

1	Úvod	8
2	Literární přehled	9
2.1	Definice Národního parku	9
2.1.1	Poloha Národního parku Šumava.....	9
2.1.2	Ochrana přírody v NP Šumava	10
2.1.3	Členění území	11
2.2	Hospodaření v NP Šumava	14
2.2.1	Lesní hospodářský plán v NP Šumava a jeho legislativní rámec	15
2.3	Těžba v Národním parku Šumava	16
2.3.1	Těžební metody používané v NP Šumava.....	17
2.3.2	Způsob těžby dřeva v NP Šumava	18
2.3.3	Volba vhodné technologie do daných lokalit:.....	20
2.3.4	Mechanizace používaná při těžbě v NP Šumava.....	23
2.3.5	Malé lesní vyvážecí soupravy s vahou do 5 tun.....	24
2.3.6	Univerzální kolové traktory s výbavou pro soustředování dříví.....	24
2.3.7	Kolové a pásové samohybné navijáky a minitahače	25
2.4	Negativní vlivy těžby na životní prostředí.....	26
2.5	Půdní ekosystémy a jejich možné poškození při těžbě	27
2.5.1	Složení půd	27
2.6	Půdy v NP Šumava	28
2.7	Půdní ekosystémy	33
2.8	Organický podíl půdy	34
2.9	Živé organismy v půdě	34
2.9.1	Funkce půdních organismů	36
2.10	Ovlivnění půd a skladby půdních organismů těžbou.....	36
3	Cíl Práce	38
4	Materiál a metody	38
4.1	Výběr měřených lokalit a jejich charakteristika.....	38
4.2	Popis měřených lokalit	39
4.2.1	Lokalita Borová Lada.....	39
4.2.2	Lokalita Borová lada II	42
4.2.3	Lokalita Přilba.....	44
4.2.4	Lokalita Kvilda	46
4.3	Specifikace použité vyvážecí techniky na měřených stanovištích.....	47
4.4	Přístroje použité při měření.....	50
4.5	Popis měření	53
4.6	Použité vzorce při výpočtu výsledků	57
5	Naměřené hodnoty	59
5.1	Stanoviště Borová Lada	59
5.2	Stanoviště Borová Lada II	67
5.3	Lokalita Přilba	78
5.4	Lokalita Kvilda	86
5.5	Porovnání stanovišť a návrhy opatření	93
6	Návrhy opatření	95
7	Závěr	98
8	Použitá literatura	100
9	Přílohy	103
	Příloha A	103
	Příloha B.....	104

1 Úvod

Za poslední tři roky lze pozorovat nárůst těžby v Národním parku Šumava. Příčinou tohoto navýšení je nejen orkán Kyrill, který v roce 2007 poničil značnou část lesů, ale také lýkožrout smrkový (*Ips typographus*).

S velkým množstvím těženeého dřeva souvisí i vyšší pohyb mechanizace na tomto území. Těžké stroje negativně ovlivňují veškeré ekosystémy nacházející se v Národním parku. Ať už se jedná o ekosystémy lesní, vodní nebo půdní.

Jelikož dnes je dostupné velké množství mechanizací, které se od sebe odlišují podvozkem, výkonem, nosností, hmotností a produktivitou práce, je důležité vybrat pro těžbou lokalitu vhodnou mechanizaci s minimálním dopadem na ekosystémy. Obzvláště jedná-li se o těžbu v oblastech s přirozenými ekosystémy, tj. člověkem minimálně ovlivněnými.

V národních parcích je zapotřebí klást velký důraz na vybrané technologie používané nejenom při těžbě, ale také při přibližování dřevní hmoty. Jelikož lesní půda je nedílnou součástí lesů v národních parcích a její poškození může vést k ovlivnění druhové bohatosti rostlin a živočichů.

Přibližovací technika je mechanizace, která v důsledku četných přejezdů pod velkým zatížením nejvíce ovlivňuje půdní ekosystémy v Národním parku Šumava. Vliv této techniky na půdu se projevuje narušením svrchní vrstvy půdy, snížením pórovitosti a změnou obsahu vody v půdě. Za účelem měření těchto projevů jsou používány následující ukazatele:

- ukazatel zahloubení stop,
- zhutnění půdy (penetrometrický odpor),
- hmotnostní obsah vody v konkrétních hloubkách půdy.

V předkládané práci je na základě naměřených hodnot ukazatelů provedeno porovnání výsledků měření, určena vhodnost používané mechanizace a jsou doporučena opatření, jakými by se zmírnil jejich dopad na půdu.

Národní parky, nemají pouze význam národní a mezinárodní, ale jedná se také o přírodní dědictví, které se předává z generace na generaci. Proto je důležité o tato území pečovat s velkým úsilím, neboť nešetrným zákrokem mohou být provedeny změny způsobující trvalé snížení biodiverzity národních parků.

2 Literární přehled

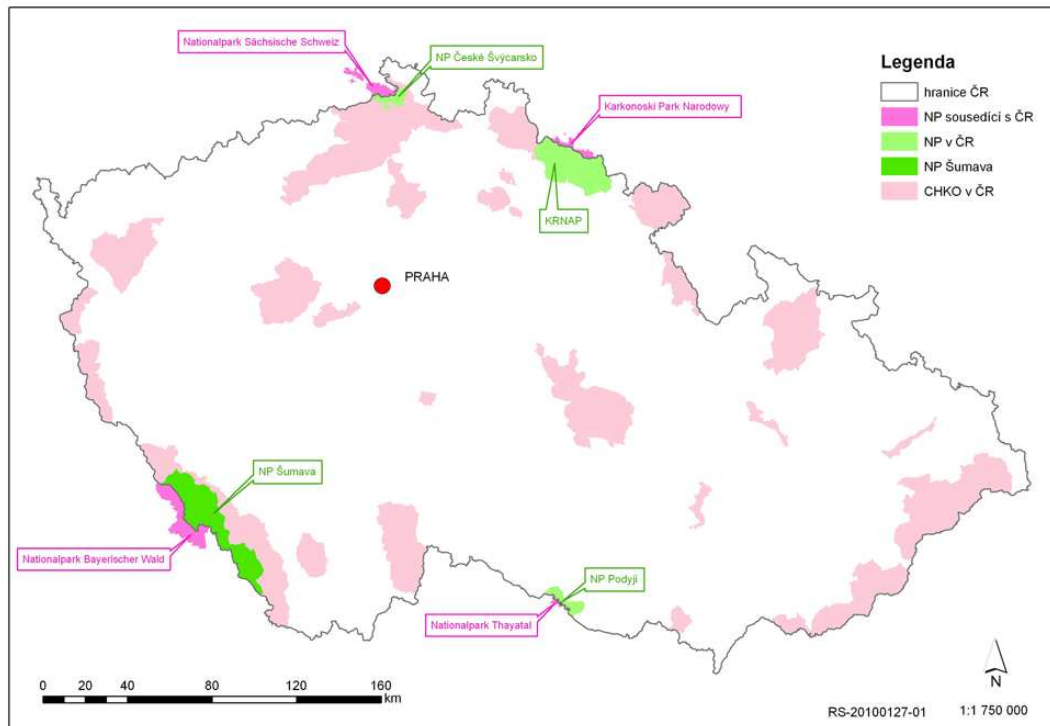
2.1 Definice Národního parku

Jedná se o rozsáhlá území, jedinečná v národním či mezinárodním měřítku, jejichž značnou část zaujímají přirozené nebo lidskou činností málo ovlivněné ekosystémy, v nichž rostliny, živočichové a neživá příroda mají mimořádný vědecký a výchovný význam (ZÁKON 144/92 SB., 2008).

2.1.1 Poloha Národního parku Šumava

Území Národního parku Šumava (dále NP) se rozkládá podél jižní hranice České republiky (Obrázek 1). Převážná část NP leží na území okresu Klatovy a Prachatice, menší část zasahuje do okresu Český Krumlov. Ochranné pásmo národního parku není vymezeno, ale jeho funkci plní Chráněná krajinná oblast Šumava, která území národního parku obklopuje (CKRUMLOV, 1998).

Území NP Šumava zahrnuje většinu z nejcennějších přírodních společenstev Šumavy s potřebou přísné ochrany. Jsou to například zbytky pralesových porostů horských lesů, ledovcová jezera nebo horská či údolní vrchoviště. Zároveň je však jedním z jeho základních rysů téměř všudypřítomné prolínání málo dotčené „přírodnosti“ se stopami staleté přítomnosti člověka, dodávající této velmi řídké osídlené oblasti i osobité kouzlo a zvláštní tajemnost. Touha poznávat přírodu i historii, sžívat se s přírodou v rozsáhlém území národního parku i orientace cílů NP na umožnění těchto poznávacích a relaxačních aktivit, tak důležitých pro moderního člověka, je smyslem „lidské“ dimenze i v NP Šumava (VALENTA A KOL., 1996).



**Obrázek 1- Poloha Národních parků a chráněných krajinných oblastí v České republice
(Zdroj: NÁRODNÍ PARK ŠUMAVA, 2008)**

2.1.2 Ochrana přírody v NP Šumava

Historie ochrany přírody na Šumavě v současném chápání pojmu je záležitostí starou kolem jednoho sta let, přesto se již dříve objevují některá opatření dřívějších majitelů, která byť motivována romanticky či k ochraně majetku, nepřímo přispěla k ochraně přírody. V roce 1858 kníže Jan Adolf Schwarzenberg vyčleňuje Boubínský prales z lesního hospodaření, Vilém Hohenzollern ochraňuje Černé a Čertovo jezero od roku 1911 (CITADELA, 2009).

V roce 1946 byly provedeny další kroky, které měly vést k vyhlášení národního parku. V roce 1963 byla zřízena výnosem ministerstva kultury Československé republiky dle zákona č. 40/1956 Sb. Chráněná krajinná oblast Šumava o rozloze 163 000 ha, což byla v té době největší chráněná krajinná oblast na území České republiky. V roce 1990 byla v Paříži vyhlášena biosférická rezervace Šumava pod patronací UNESCO, která pokrývala území chráněné krajinné oblasti a jejíž vyhlášení potvrdilo i její kvality a prestiž v mezinárodním měřítku. Národní park

Šumava jako území s nejvyšší právní formou ochrany přírody byl vyhlášen 20. 3. 1991 nařízením vlády České republiky (CKRUMLOV, 1998).

Účelem jeho vzniku bylo ochránit pestrou mozaiku unikátních rozsáhlých rašelinišť, smrkových i bukových pralesů, horských luk, nespoutaných řek a ledovcových jezer. Tvoří největší souvislý komplex lesů ve střední Evropě, často bývá proto označován jako *Zelená střecha Evropy* (WIKIPEDIA, 2009).

2.1.3 Členění území

Metody a způsoby ochrany národních parků jsou odstupňovány na základě členění území národních parků zpravidla do tří zón ochrany přírody vymezených s ohledem na přírodní hodnoty. Nejprísnejší režim ochrany se stanoví pro první zónu. Bližší charakteristiku a režim zón upravuje obecně závazný právní předpis, kterým se národní park vyhláší. Rozčlenění národního parku do jednotlivých zón je zobrazeno na Obrázku 2 (BUFKA A KOL., 2001).

2.1.3.1 I. zóna ochrany přírody – přísná přírodní

Zahrnuje nejcennější a nejstabilnější území s přirozenými ekosystémy - pralesovité zbytky lesů, mokřady a vrchovištní rašeliny. Území I. zóny je ponecháno přirozenému vývoji bez ovlivňování člověkem (NÁRODNÍ PARK ŠUMAVA, 2008).

Fragmenty ekosystémů, které zůstaly v minulosti ušetřeny intenzivních lidských zásahů, se zachovaly obvykle na hospodářsky nevyužitelných, nepřístupných, extrémních nebo exponovaných stanovištích. Nevytvářejí proto přirozené souvislé komplexy. Tím je do značné míry předurčena mozaikovitost výchozího uspořádání I. zón, které v současnosti tvoří převážně jen jádra budoucích cílových zón. V rámci vytváření ucelenějších a v přírodě dobře identifikovatelných částí jsou do I. zón v menší míře arondačně přiřazeny i ekosystémy výrazněji pozměněné. Rozloha první zóny je uvedena v tabulce 1 (BUFKA A KOL., 2001).

2.1.3.2 II Zóna ochrany přírody – řízená přírodní

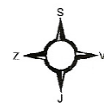
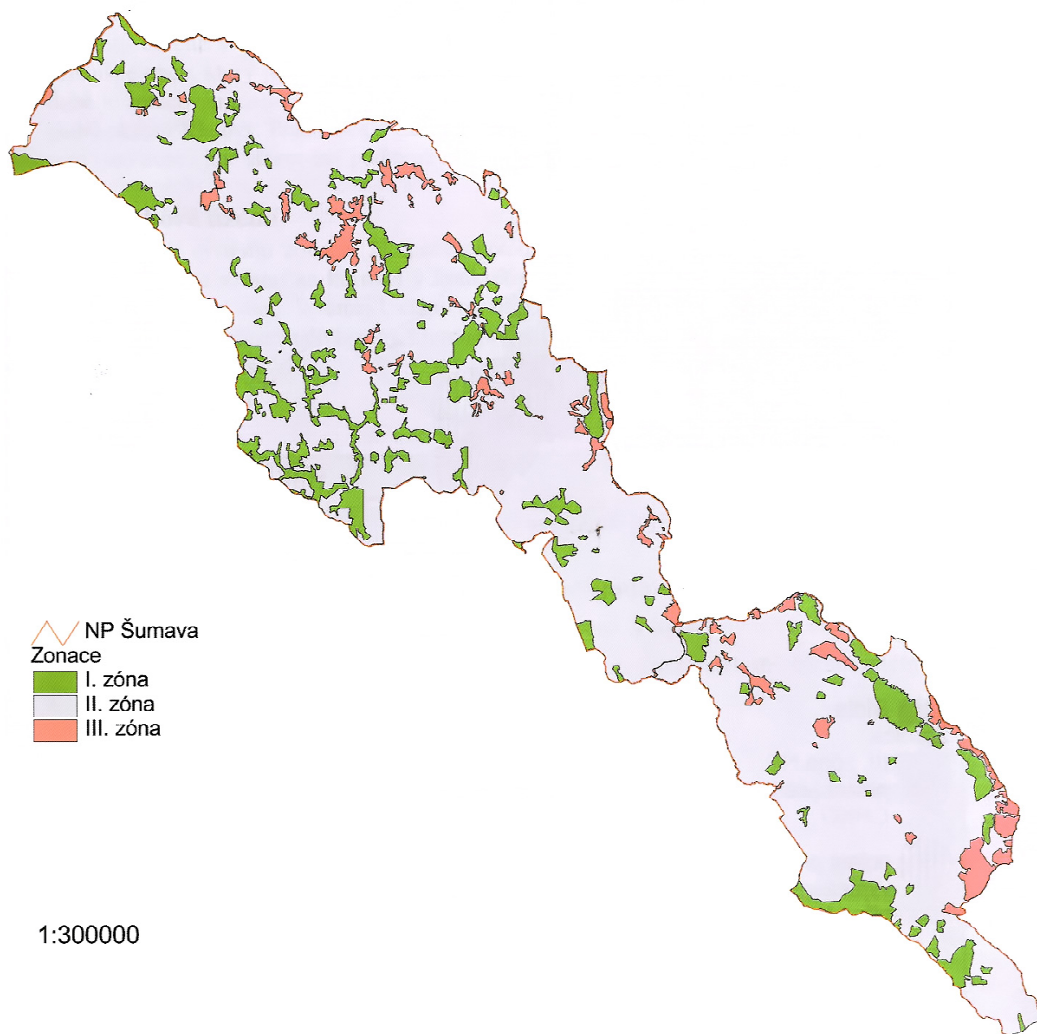
Zahrnuje zbývající převážnou část jak lesních, tak nelesních a ostatních ekosystémů s různým stupněm „přírodnosti“ a stavu lesních porostů od původních, změněných až po silně pozměněné, poškozené či geneticky nevhodné (NÁRODNÍ PARK ŠUMAVA, 2008). Lesní ekosystémy ve II. zónách se podle míry narušení a s přihlédnutím k cílové zonaci a širším souvislostem s okolím dále dělí na IIA, IIB a IIC. Podzóny IIA a IIB mají přechodný charakter a v rámci dynamicky pojaté zonace postupně přejdou do I. zóny. Podzóna IIC je však trvalá.

Cílem péče je udržení přírodní rovnováhy a postupné přibližování stávajících ekosystémů (cestou usměrňování a rekonstrukce) k přirozeným společenstvům (BUFKA A KOL., 2001).

2.1.3.3 III Zóna ochrany přírody – okrajová

Zahrnuje území člověkem značně pozměněná a střediska soustředěné zástavby. Cílem je udržet a podporovat využívání této zóny pro trvalé bydlení, služby, zemědělství, turistiku a rekreaci, pokud to není v rozporu s posláním národního parku (NÁRODNÍ PARK ŠUMAVA, 2008).

Zonace NP Šumava



Obrázek 2- Velikost I, II a III zóny v NP Šumava

(BUFKA A KOL, 2001)

Tabulka 1: Plošné zastoupení jednotlivých zón v NP Šumava

(Zdroj: NÁRODNÍ PARK ŠUMAVA, 2008)

Zóna	Název	Rozloha k 31.12.1999		rozloha cílová k.r.2030
		(ha)	(%)	(%)
I	Přírodní	8807	12,94	Nejméně 50
IIA	Blízká přírodní - přechodná	10904	16,02	-
IIB	Řízená přírodní - přechodná	31350	46,06	-
IIC	Řízená přírodní - trvalá	13631	20,03	Do 40
III	Rozvojová	3372	4,95	Do 10
	Celkem	68064	100	100

Z celkové rozlohy Národního parku Šumava činí 73,2 % lesní půda (54 100 ha), 8 % nelesní pozemky (5900 ha), 9,2 % ostatní plochy (6800 ha), 8 % zemědělská plocha (5900 ha), 1,5 % vodní plochy (1100 ha) a 0,1 % zástavba (66 ha).

2.2 Hospodaření v NP Šumava

Péče o les v NP Šumava se v důsledku odlišného poslání v řadě aspektů podstatně liší od hospodaření v minulosti zaměřeného převážně na produkci dřeva.

K největším rozdílům patří:

- Zcela byly vyloučeny úmyslné obnovní holosečné těžby a odsouvání porostních stěn.
- Obnovované porosty se nedomycují, od určité fáze obnovy se dále ponechávají přirozenému rozpadu.
- V lese se ponechávají nezpracované souše a významný podíl pokáceného dříví (cca 20%) k rozpadu. Ke konci roku 1999 bylo v lese ponecháno téměř 3,4 mil. m³ dřeva. Z toho přibližně 2,6 mil. m³ připadá na dřevo silnější, než 7 cm (většinou celé kmeny ponechaných souší, nebo různě silné části asanovaných stromů) a necelý 1 mil. m³ je již staršího data a v pokročilém stádiu dekompozice.
- Zastaveno bylo další budování a obnova odvodňovací sítě.
- Nebudují se nové cesty.
- Používají se podstatně šetrnější technologie zejména při transportu dřeva.

(BUFKA A KOL., 2001)

2.2.1 Lesní hospodářský plán v NP Šumava a jeho legislativní rámec

Lesní hospodářské plány, zpracované ve smyslu § 24 zákona č.289/1995 Sb. o lesích, pozměně a doplnění některých zákonů (lesní zákon), plní (vzhledem k odlišnému poslání NP Šumava, ve smyslu § 36 citovaného zákona) odlišné funkce než v lesních hospodářstvích (BUFKA A KOL., 2001).

Povinnosti NP vyplývají z výše uvedeného zákona 289/1995 Sb., který stanovuje:

- (1) Ve prospěch účelového hospodaření v lesích ochranných a v lesích zvláštního určení lze přijmout opatření odchylná od některých ustanovení tohoto zákona, zejména pokud jde o velikost nebo přiřazování holých sečí. Tato opatření mohou být navržena v plánu nebo v osnově nebo je stanoví rozhodnutím orgán státní správy lesů na návrh vlastníka lesa nebo z vlastního podnětu.
- (2) Vlastníci lesů ochranných (§ 7) jsou povinni hospodařit v nich tak, aby byly zajištěny především jejich ochranné funkce.
- (3) Vlastníci lesů zvláštního určení (§ 8 odst. 1 a 2) jsou povinni strpět omezení při hospodaření v nich. Vlastníkům těchto lesů náleží náhrada zvýšených nákladů, pokud jim z omezeného způsobu hospodaření v nich vzniknou. Náhrada nenáleží v případech, kdy byly lesy vyhlášeny za lesy zvláštního určení podle (§ 8 odst. 2 písm. g) , a v případech, kdy je úhrada zvýšených nákladů poskytována podle zvláštních předpisů.
- (4) Vlastník lesa uvedeného v odstavcích 2 a 3 je povinen zajistit opatření uložená orgánem státní správy lesů ke splnění účelu sledovaného jejich vyhlášením. Za provedená opatření přísluší vlastníku lesa náhrada zvýšených nákladů.
- (5) Orgán státní správy lesů rozhodne na návrh vlastníka lesa o tom, kdo a v jaké výši uhradí vlastníku lesa zvýšené náklady spojené s omezením hospodaření podle odstavců 3 a 4.
- (6) Ministerstvo stanoví právním předpisem podrobnosti o poskytování náhrad zvýšených nákladů podle odstavců 3 a 4 (ZÁKON 289/95 SB., 2008).

2.3 Těžba v Národním parku Šumava

Definice lesní těžby

Pro snazší orientaci v následujícím textu je zapotřebí definovat pojem lesní těžba dřeva. Definice lesní těžby z pohledu lesního zákona č. 289/1995 Sb.

Lesní zákon sám výslovně pojem "lesní těžba" nedefinuje, protože jde o pojem odborné lesnické veřejnosti dostatečně známý. Definuje však – „těžbu lesního porostu“ zmíněnou pod písmenem d) § 2 lesního zákona, jako jednu z činností zahrnutých do obsahu pojmu „hospodaření v lese“, dále je v § 2 podrobnější členění širšího pojmu „těžba dříví“ nebo „lesní těžba“ a to na:

- 1) „těžba předmýtní úmyslná“ (písm. l),
- 2) „těžba mýtní úmyslná“ (písm. m),
- 3) „těžba nahodilá“ (písm. n),
- 4) „těžba mimořádná“ (písm. o).

Těžbě dříví je věnován samostatný § 33 lesního zákona (STANĚK J., 2002).

Základní dělení lesní těžby lze dále rozčlenit na:

- **výchovná (předmýtní úmyslná) těžba** - v porostech do 40 let věku, která se provádí ke zvýšení stability, kvality a druhové pestrosti lesních porostů v mladém věku
- **výchovná (předmýtní úmyslná) těžba** - v porostech nad 40 let věku, která je určena k podpoře stability, kvality a druhové pestrosti lesních porostů ve starším věku
- **obnovní (mýtní úmyslná) soustředěná těžba** - určená k obnově lesních porostů starších 80 let formou soustředěných těžeb, které nepřesahují velikost těžené plochy stanovené zákonem o lesích a nový lesní porost vzniká obvykle vedle obnovovaného porostu
- **obnovní (mýtní úmyslná) podroštní a výběrná těžba** - určená k obnově lesních porostů starších 80 let clonným a výběrným postupem, kdy nový lesní porost vzniká pod ochranou obnovovaného mateřského porostu
- **nahodilá těžba** - vzniká v lesích v důsledku působení škodlivých činitelů (vítr, sníh, námraza, hmyzí škůdci, houbové choroby apod.)

- **mimořádná těžba** - je realizována v lesních porostech v důsledku rozhodnutí orgánů státní správy a odlesnění pro výstavbu liniových či jiných staveb apod. (LESNÍ TĚŽBA, 2008).

2.3.1 Těžební metody používané v NP Šumava

Jednotlivé výše uvedené druhy lesní těžby se mohou provádět různými metodami. Z hlediska podnikové normy lze rozdělit těžební metody následujícím způsobem:

- **metoda sortimentová** - sortimenty se vyrábějí přímo v porostu (u pařezu);
- **metoda kmenová** - v porostu se uskuteční operace kácení a odvětvení (včetně oddělení vršku); další operace jsou přeneseny na místa koncentrace dřevní suroviny, tzn. na odvozní místa (lesní sklady) a na hlavní sklady;
- **metoda stromová** - v porostu se uskuteční jediná výrobní operace: kácení vyznačených stromů; ostatní výrobní operace jsou přeneseny na jiná místa koncentrace dřevní suroviny (na sklady);
- **metoda výřezů standardních délek** - modifikace sortimentové metody, při které se v porostu (u pařezu) zkrátí kmeny na výřezy standardních (stejných) délek, odpovídajících technickým parametrům dopravních prostředků a potřebám odběratelů (STANĚK J., 2002).

Množství vytěženého dřeva

Objem těžby v Národním parku Šumava patří mezi jeden z největších v celé České republice. Dle závěrečných informací ze Správy Národního parku Šumava v roce 2009 objem vytěženého dřeva činí **311 106 m³**. Více než 95% z celkové těžby na Šumavě tvoří těžba porostu napadeného kůrovcem - asanace napadené hmoty. Zbývá necelá 4% byla způsobena živly (vítr, dodatečné napadení kůrovcem) a nebo kácením kůrovcových lapáků.

Jednotlivá mechanizace používaná při přibližování dřeva je uvedena v tabulce 2. Z této tabulky vyplývá, že nejpoužívanější mechanizací v NP Šumava jsou lesní vyvážecí soupravy (LVS) s hmotností pod 5 tun. Ty v roce 2009 dopravily celkem 96 591m³ dřeva, což odpovídá přibližně 39 % z celkového objemu dopravovaného dřeva. Mezi druhé nejpoužívanější stroje patří univerzální kolové traktory s lesní nástavbou (UPKT), které přiblížili 69 217m³, tedy více jak 28 % z celkového objemu dopravovaného dřeva.

Tabulka 2: Mechanizace používaná při přibližování dřeva

(ING. FIALA, 2009)

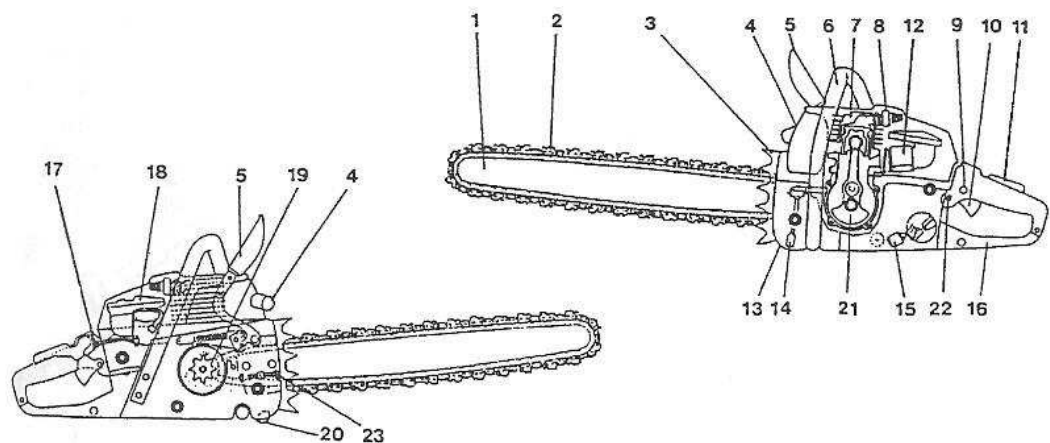
CELKEM		246 674 m³	Z TOHO Z VM	40 131 m³	16,30%
Přibližovací prostředek	m³	%	z toho z VM	% prostř.	% z celk.
koně	3 925	1,6			
UPKT	69 217	28,1	6 041	8,6	15,1
SLKT	8 485	3,4	910	10,7	2,3
LVS pod 5t (TERRI a d.)	96 591	39,2	31 074	32,2	77,4
Lanovky	30 564	12,4	10		
Železný kůň	7 896	3,2	12	0,2	
VS nad 5t	25 661	10,4	1 368	5,3	3,4
Malotraktor	2 542	1	568	22,3	1,4
Pásové traktory	407	0,2			
UKT lan.syst.+HR					

2.3.2 Způsob těžby dřeva v NP Šumava

Veškerá těžba probíhající na území NP Šumava je prováděna dvěma nepoužívanějšími technologiemi, které budou popsány v následujících částech.

2.3.2.1 Technologií ručního kácení motorovou pilou

Motorová pila (Obrázek 3) je nejrozšířenějším pracovním nástrojem, používaným při lesní těžbě. Uvedený název je poněkud zjednodušeným označením přenosného a jedním pracovníkem obsluhovaného stroje, poháněného vlastním motorem a opatřeného řezným nástrojem, tvořeným nekonečným pilovým řetězem vedeným ve vodící liště. Formálně správnějším označením tohoto prostředku tedy je „přenosná motorová řetězová pila“ (NERUDA A KOL., 2006).



Obrázek 3: 1- vodící lišta, 2 – pilový řetěz, 3 – zubová opěrka, 4 – tlumič výfuku, 5 –brzda řetězu, 6 – přední rukojeť, 7 – válec motoru , 8 – zapalovací svíčka, 9 – aretace páčky plynu, 10 – páčka plynu, 11 – pojiska páčky plynu, 12 – čistič vzduchu, 13 – olejová nádrž, 14 – sací potrubí oleje, 15 – palivová nádrž, 16 – zadní rukojeť, 17 – vzduchová klapka (sytič), 18 – tlumič sání vzduchu, 19 – hnací řetázka, 20 – zachycovač přetrženého řetězu, 21 – kliková hřídel, 22 – spínač zapalování , 23 – šroub napínání řetězu. (zdroj:NERUDA J.,2006)

2.3.2.2 Harvestorovou technologií

Technologie se převážně používá u sortimentní metody a těžba je rozdělena do dvou fází. První je kácení, které je prováděno za pomoci harvestoru (Obrázek 4). Harvestor je samojízdný víceoperační stroj, který kácí, odvětvuje, rozřezává a ukládá strom v jednom cyklu. Jednotlivé výřezy zůstávají v porostu v neurovaných, či urovaných hraních. Celkový cyklus je plně mechanizovaný a automatizovaný (URLICH R, 2006).

Druhou fází těžby je přibližování dřeva. To je prováděno za pomoci vyvážecího traktoru, který vyrobené sortimenty v porostu posbírání, naloží na svoji ložnou plochu a odveze na skládku.

Před každou těžbou je nutné dodržet základní pravidla přípravy v těžební činnosti, která jsou legislativně ukotvena v zákoně č. 289/1995 Sb. a k němu vydaným vyhláškám. Především však č. 84/1996 Sb. o lesním hospodářském plánování.



Obrázek 4: harvestor John deere 1470E (Zdroj: DEER.COM, 2010)

Technologická příprava pracoviště

Technologickou přípravou pracoviště rozumíme stanovení dopravních předělů v terénu, rozčlenění porostu přibližovacími linkami na pracovní pole, vyznačení stromů k těžbě, vymezení prostoru pro skládky dříví a stanovení směru kácení, soustředování a odvoz dříví. Příprava pracoviště, technologických a pracovních postupů i používaných prostředků musí být provedena včas. Pracoviště připravené pro určitou technologii může jen kompromisně vyhovovat nebo může být dokonce zcela nevyhovující pro technologii jinou (NERUDA A KOL., 2006).

2.3.3 Volba vhodné technologie do daných lokalit:

➤ Motorová pila

Těžbu motorovou pilou lze brát jako základní technologii zpracování porostu, proto se nasazuje vždy na místech, kde těžba nespĺňuje podmínky vhodné pro použití harvestorové technologie jak z hlediska porostu, tak objemu těžby, terénu, počtu sortimentů atd. (VOKÁČ O., 2008).

➤ **Harvestorová technologie:**

Harvestorová technologie je další technologií pro zpracování porostu. Při určování vhodnosti jejího nasazení se zejména hodnotí:

- ❖ Členitost terénu
- ❖ Sklon terénu
- ❖ Únosnost podloží
- ❖ Věk těžného porostu
- ❖ Těžené dřeviny a jejich dimenze

Členitost terénu

Při posuzování členitosti terénu je pro nasazení harvestorové technologie důležitá velikost překážek (vyvýšeniny a prohlubně) a vzdálenost mezi nimi.

Tabulka 3 obsahuje švédský systém klasifikace terénu vhodných pro nasazení harvestorové technologie. K výšce vyvýšenin a hloubce prohlubní jsou přiřazeny možné vzdálenosti mezi nimi. V tabulce je dále srovnán systém švédské klasifikace s terénní typizací ÚHÚL (URLICH R, 2006).

Tabulka 3: Systém švédské klasifikace terénu vhodných pro nasazení HT

(Zdroj: URLICH, 2006)

Charakteristika členitosti terénů vhodných pro nasazení harvestorové technologie						
Třída	Vyvýšeniny (cm)		Prohlubně (cm)	Vzdálenost mezi překážkami (m)		Průjezdnost harvestorem a vyvážčem
	Švédsko	ÚHÚL ČR	Švédsko	Švédsko		
1	0 - 15	terény bez překážek (UKT do 30 cm, SLKT do 50 cm)	0 - 20	> 20	jednotlivé	bez snížené rychlosti
2	16 - 25		21 - 40	11 - 20	řidké	se sníženou rychlostí
3	26 - 40		41 - 60	6 - 10	méně husté	
4	41 - 60		61 - 90	2,6 - 5	husté	
5	> 60		terény s překážkami		0 - 2,5	

Sklon terénu

Harvestory i vyvážecí traktory mají svou konstrukcí danou svahovou dostupnost. Pro oba druhy strojů je mnohem nebezpečnější příčný sklon terénu; nebezpečí převrácení stroje je proto třeba předcházet již při trasování linek. Obecně platí, že příčný sklon linky by neměl přesahovat 10 %. Vliv sklonitosti terénu pro nasazení harvestorů zachycuje Tabulka 4. Za bezproblémové lze považovat svahy, které vyjede harvestor

bez použití uzávěrky diferenciálu a na nichž neklouže při zabrzdění ze svahu v průběhu kácení stromu. Nastane-li taková situace, lze považovat další provoz harvestoru za riskantní a je lépe počkat s jeho nasazením na příhodnější podmínky (sucho) (NERUDA J.,2008).

Tabulka 4: Vliv sklonu na nasazení harvestorů (NERUDA, 2008)

Vliv sklonu na nasazení harvestorů						
Terénní typ	11, 21, 31	12, 22, 32	13, 23, 33	14, 24, 34	15, 25, 35	
Sklon (%)	0 - 8		9 - 15	16 - 25	26 - 40	> 40
Trasování linek	trasování linek bez ohledu na svah			trasování linek po svahu		
Typ podvozku harvestoru	Rozsah použití kolových podvozků (v závislosti na stavu podloží)			(za sucha)	(za sucha na skelových půdách)	(na krátkých svazích) 60 - 80 %
	Rozsah použití kolo pásových a pásových podvozků				50 - 60 %	

Únosnost podloží

V typologické klasifikaci ÚHÚL je za hraniční tlak mezi únosnými a neúnosnými terény považován tlak 50 kPa ve stopě dopravního prostředku (tlak odpovídající boření se lidské nohy). Při nasazení harvestorových technologií je v tomto případě rozhodující tlak vyvážecího traktoru, který je po vyvážecích linkách nucen projet několikrát. Z hlediska snížení tlaku na půdu je vhodnější osmikolové provedení vyvážecích traktorů s použitím kolopásů na jednotlivých nápravách. V tabulce 5 jsou uvedeny orientační hodnoty tlaku na půdu u různých vyvážecích traktorů John Deere v šesti- a osmikolovém provedení, bez kolopásů a s kolopásky. Při jízdě bez nákladu nepřekračuje zadní náprava tlak 50 kPa. S nákladem je tato hranice překročena vždy i při použití kolopásů. Proto je na neúnosných terénech vhodné nasazovat harvestory pouze za příznivých podmínek (zámraz, déletrvající sucho). Z níže uvedené tabulky je patrné, že kolopásky a větší šířka pneumatik účinně snižují tlak na půdu, a proto je žádoucí jejich použití na málo únosných terénech (URLICH R., 2009).

Tabulka 5: Tlak na půdu u vybraných vyvážecích traktorů John Deere (sytě zelená pole - tlak do 50 kPa, světle zelená pole - tlak do 100 kPa, tj. tlak srovnatelný s tlakem UKT Horal vybaveného lesnickou kompletací). (Zdroj: URLICH, 2009)

Měrný tlak na půdu u vyvážeců									
Značka	Podvozek	Šířka pneu		Nosnost (t)	Bez nákladu		S nákladem		
		přední (mm)	zadní (mm)		přední (kPa)	zadní (kPa)	přední (kPa)	zadní (kPa)	zadní (kolopásky) (kPa)
John Deere 1110D	6w	600	600	11	71	37	71	100	63
		700	700		62	32	62	90	55
	8w	600	600		54	37	54	100	63
		700	700		47	32	47	90	55
John Deere 1410D	6w	600	600	14	78	40	86	118	68
		700	700		67	35	74	101	60
	8w	600	600		59	40	65	118	68
		700	700		51	35	55	101	61
John Deere 1710D	6w	700	650	17	67	40	74	120	68
		700	750		67	35	74	105	61
	8w	650	650		56	40	60	120	68
		750	750		49	35	53	105	61

Podle výše uvedených parametrů se vyhodnotí vhodnost harvestoru, jeho hmotnost provedení nápravy, použité pneumatiky, výkonnost a typ harvestorové hlavy.

Vyvážecí traktory patří mezi hlavní příčinu narušování půd v NP Šumava. Z tohoto důvodu se používají vyvážecí minisoupravy, minivyvážecí, pásové samohybné navijáky a minitahače, to vše s pásovým podvozkem. Výjimkou je případ kalamitní těžby, kdy je potřeba dřevo co nejrychleji zpracovat. Jako příklad lze uvést kalamitní těžbu po orkánu Kyrill, kde se při těžbě používají až osmi nápravové vyvážecí traktory.

2.3.4 Mechanizace používaná při těžbě v NP Šumava

Práce je zaměřena na vliv nejpoužívanější přibližovací mechanizace na půdní ekosystémy Národního parku Šumava. Z Tabulky 2 lze určit nejčastěji používané mechanizace při těžbě pomocí motorové pily a harvestoru, těmi jsou:

- Malé lesní vyvážecí soupravy s váhou do 5 tun
- Univerzální kolové traktory s lesní nástavbou
- Lanovky

Jelikož na měřených lokalitách byl použit k přibližování dřevní hmoty železný kuň, je tato mechanizace pro lepší orientaci v kapitolách 4.3 a 5 popsána namísto lanovky v kapitole 1.3.7 .

2.3.5 Malé lesní vyvážecí soupravy s váhou do 5 tun

Stroje tohoto typu jsou tvořeny z tažného vozidla, přípojného vozidla a nakládacího zařízení v podobě hydraulického jeřábu. Ten je hlavním pracovním nástrojem vyvážecího traktoru a má dosah 6 – 10 m. Traktor je vybaven rámovým zlamovacím podvozkem, který dovoluje také vertikální pootočení předního rámu oproti zadnímu rámu podvozku (Obrázek 5). Podvozek je vybaven šesti, nejvýše osmi koly, popřípadě pásovým podvozkem (URLICH R, 2006).



Obrázek 5: Malá vyvážecí souprava LVS 5 (Zdroj:LOADER.CZ, 2009)

2.3.6 Univerzální kolové traktory s výbavou pro soustředování dříví

Univerzální kolové traktory s lesnickou nástavbou (Obrázek 6) konstrukčně vychází z běžně používaného zemědělského traktoru. To znamená, že na takovém traktoru musí být provedeny určité úpravy, co napomohou k jeho provozu v podmínkách lesních terénů a učiní jej vhodným pro práce spojené s přibližováním. Ale i přes mnohé úpravy a dodané prvky lesnické nástavby nemůže dojít ke srovnatelným pracovním podmínkám a jízdním vlastnostem UKT (univerzální

kolový traktor) se SLKT (Speciální lesní kolový traktor). Zejména způsob řízením předními koly a rozložení hmotnosti na nápravu u UKT nelze příliš ovlivnit (CELJAK I., 2000).



Obrázek 6: Traktor BISO X80 s lesní nástavbou (zdroj:BISO, 2009)

2.3.7 Kolové a pásové samohybné navijáky a minitahače

Pásové samohybné navijáky a minitahače jsou skupinou strojů, které jsou schopny plnit funkci vyklízení dříví ve výchovných těžbách. Za pomoci navijáku provádějí tzv. hromádkování (tj. přibližování dříví vyvážecí lince), některé z nich mohou navíc plnit i funkci přibližování dříví vlečením.

Jedním z nejčastějších strojů reprezentujících tuto technologii na území NP Šumava je pásový tahač KAPSEN, také známý jako železný kůň (Obrázek 7). KAPSEN je primárně určen pro přibližování dřeva. Díky velké průchodnosti terénem a nízkému tlaku na půdu je hojně využíván v porostech s neúnosnou půdou (rašelina a mokřady) (REPAROSERVIS, 2009).

Pásové tahače jsou konstruovány jak vyklizování dříví, tak i pro jeho přibližování na krátké vzdálenosti v polozávěsu. V technologiích založených na těchto strojích se často používají i postupy, kdy pracovník provádí jak těžbu dřeva, tak i jeho následné soustředování. V takovém případě se směnová výkonnost v probírkách pohybuje mezi 10 až 15 m³ vytěženého a vyklizeného dříví (NERUDA A KOL., 2006).



Obrázek 7: Pásové samohybné navijáky(železný kůň) KAPSEN
(Zdroj: REPAROSERVIS, 2009)

2.4 Negativní vlivy těžby na životní prostředí

Výše zmiňované těžební metody mají také negativní dopady na životní prostředí.

U těžby motorovou pilou lze vytknout:

- Není možnost nasměrování padajícího stromu tak aby nepoškodil okolní porost.
- Jelikož těžba motorovou pilou je převážně používána při kmenové metodě, pracuje v kombinaci s přibližovacími stroji SLKT, LKT nebo traktory s lesní nástavbou. Uvedené stroje mají větší kontaktní tlaky s půdou, tím pádem vyšší utužení a narušení půdního povrchu, přerušování meliorací.

U harvesterové technologie lze vytknout:

- vysoká hmotnost strojů
- vyšší emise
- větší četnost přejezdů vyvázečích traktorů v jedné stopě způsobuje vysoké utužení a náchylnost půd k vodní i větrné erozi

2.5 Půdní ekosystémy a jejich možné poškození při těžbě

Půda je samostatný přírodně historický útvar, který vzniká a vyvíjí se z povrchových zvětralin kůry zemské a zbytků ústrojenců zákonitým procesem působením půdotvorných faktorů a je schopen zajišťovat životní podmínky organismům v něm žijícím. Půdu je třeba chápat komplexně jako část terestrického ekosystému, funkční celek, zahrnující živé organismy a jejich prostředí. Půda vzniká a vyvíjí se na styku a při vzájemném působení litosféry, biosféry, hydrosféry a činností člověka. Můžeme ji tedy nazvat srdcem životního prostředí s tím, že jednotlivé složky se navzájem ovlivňují (LEDVINA, HORÁČEK, 2000).

2.5.1 Složení půd

Složení půdy je patrné ze schématu 1. Veškerý minerální podíl půdy se skládá z amorfního podílu, primárních minerálů a sekundárních minerálů (Jílových) Organický podíl se skládá z živé části, Edafonu (6,5% hmot.), kořeny živ.rostlin (8,5 % hmotnosti)

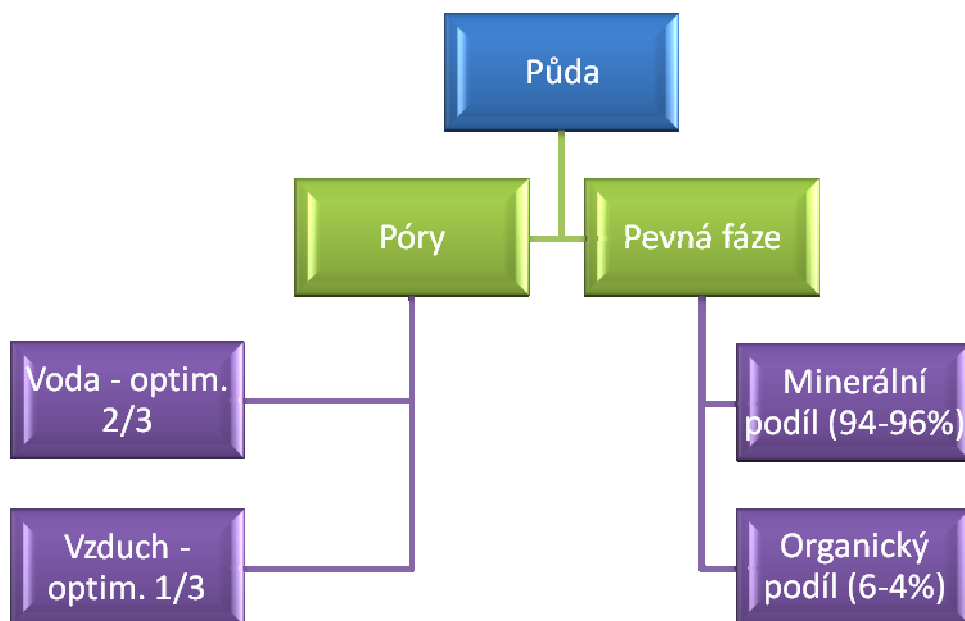


Schéma 1: Složení půdy

2.6 Půdy v NP Šumava

Celá práce je zaměřena na vliv těžebních technologií na půdní ekosystémy v Národním parku Šumava. Proto je zapotřebí popsat půdní ekosystémy v NP.

Oblast Šumavy má celkově horský charakter s převahou kyselých půdotvorných substrátů. Specifika, která odlišují půdy na Šumavě od jiných pohoří v ČR, jsou velká střední nadmořská výška území (v nepatrných úsecích klesá pod 600 m n. m.), relativně zarovnaný povrch (příznivý mohutnému rozvoji semihydro-morfních půd) a celkově mírnější klima. Nomenklatura půd je používána podle klasifikace zavedené u půdních map 1:50 000 (ČGÚ), v závorce jsou pak uváděny ekvivalentní názvy podle Morfogenetického klasifikačního systému půd ČR a půdní klasifikace FAO (BUFKA A KOL., 2001).

Veškeré půdní typy jsou uvedeny na Obrázku 8. Mezi nejčastější půdní typy na Šumavě patří:

- **Surová půda** (litozem, Lithosol) - azonálně se vytváří na fyzikálně navětralých výchozech hornin na příkrých svazích říčních údolí nebo na exponovaných vrcholech terénních vyvýšenin. Půdotvornými substráty jsou téměř výhradně zvětralinou kyselých metamorfik nebo intrusiv. Lokality surových půd jsou stanovišti reliktních borů nebo i zakrslých smrčín (NÁRODNÍ PARK ŠUMAVA, 2008).
- **Ranker** (ranker, Ranker) - název odvozen od rakouského lidového označení značícího “na příkrém svahu sídlící”. Vznikají ze skeletovitých rozpadů (jež jsou zvětralé) silikátových hornin, které jinak mají pevnou, skalní povahu (žuly, ruly). Obsah skeletu (kamenů a balvanů) je tím větší, čím více je mateřská hornina odolná proti zvětrávání. Takže například na méně odolném pískovci má ranker méně skeletu, než na velmi odolném křemenci. Rankery jsou výrazněji humifikované, je možná tvorba umbrických a melanických horizontů; jsou přechodem k vyvinutějším půdám. Mineralogické, resp. chemické složení hornin má podstatný vliv na reakci, formu humusu a množství živin. Kupříkladu rankery na křemičitých horninách (křemencích,

buližnicích) jsou extrémně kyselé, naopak na bazických vyvěřelinách jsou rankery poměrně bohaté vápníkem. Původní vegetací jsou suťové lesy (lípa, javor, jasan, jilm). Rankery se nacházejí po celém území pahorkatin a hornatin, a to hlavně na strmých svazích, horských hřbetech či hřebenech a na vrcholech vyvýšenin (ZEMĚPIS, 2002).

➤ **Hnědá půda kyselá** (kambizem typická, Eutric Cambisol) - již má převážně zonální charakter a uplatňuje se v souvislejších celcích v nižších partiích oblasti, převážně do nadmořské výšky 800 m. Matečným substrátem těchto půd jsou obvykle středně mocné zvětralinové hornin skalního podkladu, původními porosty pak květnaté bučiny, místy i jedlové doubravy. Tyto půdy se uplatňují jak pod lesem, tak zejména pod zemědělskou kulturou (BUFKA A KOL., 2001).

➤ **Hnědá půda silně kyselá** (kambizem kyselá, Dystric Cambisol) - velkoplošně rozšířena ve výškovém stupni 800 - 1 000 m n. m.. Při dolním okraji svého rozšíření se prostupuje s hnědými půdami kyselými, při jeho horním okraji s půdami rezivými. Půdotvorným substrátem těchto půd jsou obvykle také středně mocné zvětralinové pevných hornin, původní vegetační kryt byly opět převážně květnaté bučiny. Výškový stupeň hnědých půd silně kyselých je současně nejvyšším stupněm souvislejšího rozšíření zemědělsky využívaných půd, i když plochy lesů jsou zde významně zastoupeny

(NÁRODNÍ PARK ŠUMAVA, 2008).

➤ **Rezivá půda** (podzol, kambizemní, Spodo-dystric Cambisol) - nejrozšířenější půdní typy u nás. Nacházejí se v různých nadmořských výškách, podle čehož rozlišujeme kambizemě nižších poloh (300 – 600 m n. m.) a kambizemě vyšších poloh (600 – 1000 m n. m.). V nižších polohách bývá v důsledku vyšší mineralizace snížený obsah humusu, ale jeho kvalita bývá lepší ve

srovnání s vyššími polohami. Rovněž sorpční komplex bývá nasycenější. Kambizemě jsou typické svou skeltovitostí. Půdní reakce bývá slabě kyselá. Původním vegetačním krytem zde jsou především kyselé bučiny (LEDVINA, 2000).“

- **Podzol** (podzol, Podzol) - typy podzolové jsou v našich lesních oblastech dosti rozšířeny a jsou výsledkem podzolizačního procesu. Dynamika půdotvorného podzolizačního procesu je charakterizována vertikálním posunem půdních koloidů a rostlinných živin ze svrchních vrstev půdních do půdních spodin, kde se všechny vertikálně vyplavované půdní složky hromadí. Vertikální posun půdních složek je způsobován hlavně koloidními pseudoroztoky kyselého humusu a prosakující dešťovými srážkami. Kvantitativní působení těchto dvou hlavních složek, ovlivňujících proplach do půdních spodin, je u různých forem podzolizace různé. Tím se rovněž mění intenzita dynamiky podzolizačního procesu, což způsobuje také vznik a tvorbu půd s různým stupněm podzolizace (DR. PELÍŠEK, 1957).

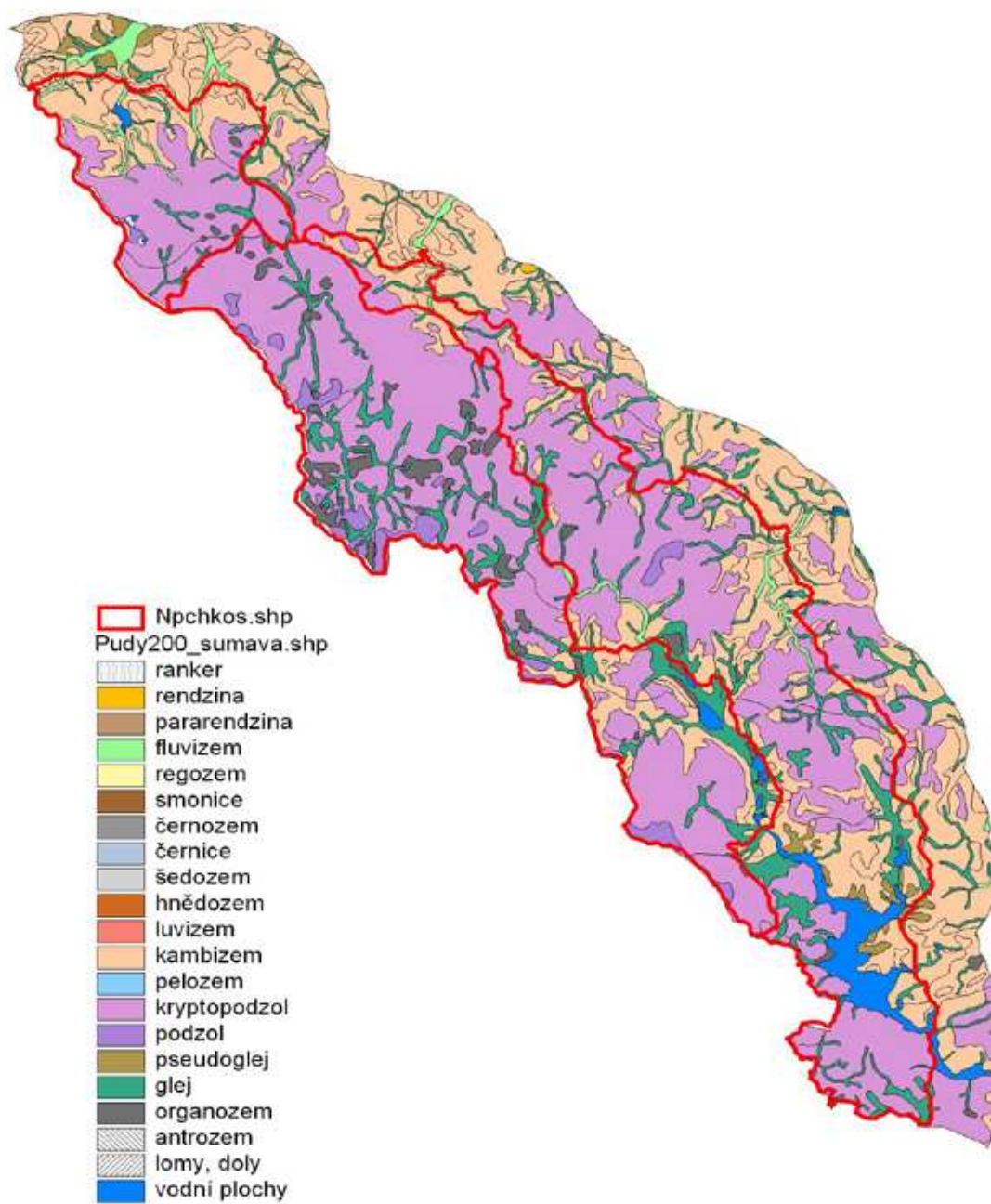
- **Pseudogleje** (pseudoglej, Dystric Planosol) - někdy jsou označovány jako nepravé gleje, jsou zamokřené povrchovou vodou. Charakterizuje je střídání povrchového zamokření a vysušování, přičemž sušší stavy převládají. V jarních měsících bývá profil těchto půd nasycený až na plnou vodní kapacitu, naopak v podzimních měsících mohou klesat zásoby vody až pod hranici fyziologické dostupnosti. Vedle možné snížené propustnosti určité vrstvy mohou vznikat i na tzv. dvoučlenných horninách. Vrchní část zde mohou tvořit například spraše, hlubší vrstvy třetihorní jíly (LEDVINA, 2000).

- **Stagnoglej** (pseudoglej, stagnoglejový, Stagno-gleyo Planosol) - představuje hydromorfnější formu pseudogleje a je vázán na lokality se silně zpomaleným odtokem, případně bezodtoká stanoviště. Plocha jednotlivých lokalit je menší nežli v případě pseudogleje (NÁRODNÍ PARK ŠUMAVA, 2008).

- **Nivní půda** (fluvizem, Fluvisol) - vyvíjejí se v recentních nivách vodních toků, které jsou nebo v nedávné době byly pod vlivem záplav. Půdotvorným substrátem jsou hlinité, písčité, jílovité i štěrkovité uloženiny. Půdní profil může být značně heterogenní, neboť na povrch půdy se ukládají nebo ukládaly nové říční náplavy. Uplatňuje se slabší nebo silnější glejový proces. Lužní půdy mohou být buď velmi úrodné a nebo neplodné (LEDVINA, HORÁČEK, 2000).

- **Glej** (glej, Gleysol) - tvoří se ve vlhkých půdách s vyšší hladinou podzemní vody. V tropech a subtropích se na tomto typu pěstuje rýže. Po odvodnění, lze tuto půdu využít pro pěstování polních plodin nebo k zalesnění. Půdy tohoto typu zabírají asi 5,7 procenta rozlohy kontinentů na Zemi, včetně údolí. Původním vegetačním krytem lokalit glejů byly olšiny (ENCYCLOPÆDIA BRITANNICA, 2010)

- **Rašelinná půda** (organozem, Histosol) - jedná se o nezpevněný půdní materiál skládající se převážně z částečně nebo zcela nerozložené organické hmoty. Tato hmota je nahromaděna v místech s vyšší vlhkostí a tudíž v anaerobních podmínkách (BRADY, WEIL, 2002). Tento druh půdy je velmi typickým fenoménem Šumavy a to jak ve formě přechodové rašeliny, tak i ve formě vrchovištní. Přičemž přechodové rašeliny jsou soustředěny spíše do údolních poloh a terénních depresí (místa se blíží slatinám), zatímco vrchoviště zaujímají především náhorní plošiny případně svahy vyšších poloh. Velmi rázovitá a specifická je i vegetace těchto lokalit (PEDOLOGIE, 2008).



Obrázek 8: Půdní mapa Národního parku Šumava (zdroj: GIS, 2010)

2.7 Půdní ekosystémy

Půdní ekosystém je funkční soustava živých a neživých složek, nebo také organický a anorganický podíl. Ty jsou navzájem spojeny výměnou látek, tokem energie a předáváním informací a které se vzájemně ovlivňují a vyvíjejí v určitém prostoru a čase.

Mezi neživé složky v půdním ekosystému spadají převážně minerální části.

Velikost minerálních částic určuje půdní texturu (zrnitostní složení půdy). Na základě textury se rozlišují půdní druhy. Půdy s nejhrubší texturou jsou písčité, převládají v nich minerální částice větší než 2 mm. Naopak půdy s nejjemnější texturou se nazývají jílovité a vyznačují se převahou minerálních částic menších než 0,002 mm. Půdy, ve kterých převažují částice o velikosti 0,02 mm, se nazývají hlinité. Písčité půdy snadno a rychle vysychají a jsou chudé na živiny, které se snadno vymývají. Jílovité půdy se snadno zamokří a mají schopnost vázat velké množství živin. Jejich nevýhodou ovšem je, že jsou citlivé na utužení, a rostliny v nich často trpí nedostatkem vzduchu. Chemické složení minerálních částic je dáno typem mateční horniny. Typ mateční horniny také ovlivňuje uvolňování živin, které vstupují do koloběhu zvětrávání hornin (například fosforu, vápníku, sodíku). (RAJCHARD A KOL. 2002)

Základní rozdělení půdních minerálů je na:

Primárními minerály: v půdách jsou převážně ty, které obtížně zvětrávají, tvoří zrna větší velikosti s menší povrchovou plochou (písčítá a prachová frakce zrn); mnohé z nich zvětráváním uvolňují do půdního roztoku rozpustné ionty hlavních a stopových prvků – jsou jejich hlavním půdním zdrojem. Patří sem zejména křemen, živce, pyroxeny, amfiboly, olivíny, slídy, těžké minerály (apatit, ilmenit, titanit, magnetit, zirkon, turmalin, rutil) a minerály metamorfického původu (serpentin, chlority, mastek, granáty, andalusit, silimanit, staurolit, epidot, zoisit, grafit). (LEDVINA, HORÁČEK, 2000).

Sekundární minerály: vznikající v půdách, představují velmi složitou soustavu co do mineralogického a chemického složení. Jejich částice jsou převážně mikroskopických a submikroskopických rozměrů a jsou soustředěny nejvíce v jílové a koloidní frakci. Patří sem hlavně jílové minerály, oxidy a hydratované oxidy Si, Al, Fe a Mn, sekundární fosfáty, karbonáty, halidy, sulfáty a sulfidy .(PAVEL A KOL., 1984).

Amorfní minerální podíl: Představuje amorfní, v koloidních sólech rozptýlené a zejména v gelech koagulované součásti minerální půdní hmoty, neuspořádané do pravidelné a opakující se prostorové struktury, jež je charakteristická pro krystalové mřížky primárních minerálů. Patří sem zvláště kyselina křemičitá a její gely, zčásti odvodněné; podobně je tomu i hydratovaných oxidů Al, Fe a Mn. Dalšími amorfními součástmi půdy jsou gely křemičité kyseliny a hydratovaných sesquioxidů a jim blízké amorfní jílové nerosty skupiny alofánu. . (PAVEL A KOL., 1984).

2.8 Organický podíl půdy

Organický podíl v sobě zahrnuje neživou organickou hmotu v různém stupni rozkladu a živé organismy. Mrtvá organická hmota tvoří přibližně 85% veškeré půdní organické hmoty, živé organismy a kořeny 15% (9% kořeny, 4% mikroorganismy a 2% živočichové). Přes svůj malý podíl jsou půdní organismy tou částí půdního ekosystému, která zajišťuje veškerý rozklad organické hmoty vstupující do půdy. Více než 90% půdních organismů jsou heterotrofové, kteří získávají energii postupným rozkladem opadu, mrtvých těl organismů, ale i požíváním živých organismů. (RAJCHARD A KOL. 2002)

2.9 Živé organismy v půdě

Živé organismy jsou velmi důležitou a nepostradatelnou složkou lesních půd, protože účinně ovlivňují zejména procesy fyzikální a přímo podmiňující veškeré biochemické procesy v půdách. Živé organismy tvoří v půdách podle vlastností jednotlivých půdních typů výrazné půdní biocenózy (pedobiocenózy) s charakteristickou dynamikou v ročních i delších obdobích. Živé organismy se buď

přímo z půdy vyživují, anebo v ní alespoň bydlí a jsou tak přizpůsobeny pro život v půdě. Živá složka půdní je označována jako edafon nebo jako živěna půdní (PELÍŠEK J., 1964)

Kořeny rostlin, mikroorganismy (bakterie, aktinomycey a houby) a živočichové tvoří živou složku půdní organické hmoty. Kořeny rostlin zajišťují příjem vody a živin a ukotvení rostlin v půdě, zatímco půdní mikroorganismy a živočichové svou funkcí zodpovídají za transformaci a mineralizaci organické hmoty v půdě. Z toho také vyplývá, že většina půdních organismů obývá svrchní horizonty půdního profilu. Ve svrchních 20 cm se vyskytuje více než 80% všech půdních organismů. Největší biomasou se na živé složce půdy podílejí kořeny rostlin. Biomasa mikroorganismů je o řád nižší, zatímco biomasa půdních živočichů je nižší nejméně o 3 řády. (RAJCHARD A KOL. 2002)

Dělení organické hmoty

Podle velikosti je možné rozdělit edafon na:

Mikroedafon: (menší než 0,2 mm) – jedná se o organismy zastupující rostlinnou a živočišnou říši. Je možné sem zahrnout bakterie, aktinomycey, sinice, řasy, většinu hub a prvoky,

Mezoedafon: (0,2 – 2 mm) – patří sem z rostlinné říše některé houby, z živočišné pak většina chvostoskoků, roztočů a menší hmyz,

Makroedafon: (2-20 mm) – zahrnuje roupice, hmyz, mnohonožky, stonožky, suchozemské stejnonožky, pavouky a měkkýše

Megaedafon: (> 20 mm) kam patří žížaly a obratlovci – např. hraboši, krtci (LEDVINA, HORÁČEK, 2000)

Podle příslušnosti k rostlinné či živočišné říši:

Fytoedafon (řasy, bakterie, houby, aktinomycey, aj.)

Zooedafon (savci, červi, prvoci, měkkýši, aj.)

2.9.1 Funkce půdních organismů

Půdní organismy jsou neobyčejně významným faktorem, působícím na všechny složky půdního prostředí. Jsou rozhodujícím činitelem při přeměnách organických látek, autotrofní organismy přetvářejí minerální komponenty na sloučeniny organické. Půdní organismy se do značné míry podílejí na ovlivňování chemismu půdy, spoluutvářejí i vlastnosti fyzikální. Díky jim dochází v půdě k neustálým přeměnám energie, která je při syntetických reakcích hromaděna, při rozkladných spotřebována za uvolňování látek, potřebných pro výživu rostlin. Půdní organismy jsou tak činitelem, který tvoří z půdy autotransformační systém schopný se svou energií zákonitě hospodařit, vyrovnávat se s negativními vlivy a být v měřících existenci vyšších forem života na Zemi trvalý. (RAJCHARD A KOL. 2002)

2.10 Ovlivnění půd a skladby půdních organismů těžbou

Využívání těžké mechanizace při těžbě negativně působí na veškeré dění v půdních ekosystémech. Půdní ekosystémy ze všech procesů nejvíce ovlivňuje přibližování dřeva.

Začneme-li vlastní strukturou půd, tak je jednoznačně ovlivněna půdní pórovitost.

Pórovitost jako jedna z důležitých vlastností má značný význam na stav půdy. Reguluje pronikání kořenů rostlin do půdy, pohyb a výměnu vzduchu, zasakování a vztlínání vody. Tím reguluje vodní a vzdušné poměry a následně teplotu půdy, biochemické reakce a život půdních organismů. V půdních pórech se uskutečňuje většina fyzikálních, fyzikálně chemických a biologických dějů. (LEDVINA, HORÁČEK, 2000)

Změna struktury půd je způsobena četnými přejezdy techniky v jedné stopě. Dochází tak k zhutňování půdy. Jedná se o proces, při kterém dochází k destrukci půdní struktury v celém půdním profilu. Elementární částice půdy na sebe těsně přiléhají, roste objemová hmotnost půdy, klesá pórovitost a zejména podíl nekapilárních pórů. Následně se zhoršují vodně vzdušné poměry v půdě, klesá infiltrační schopnost půdy, snižuje se obsah vzduchu, zhoršuje se jeho výměna, snižuje se záhřevnost půd a důsledku toho klesá intenzita biologického života v půdě. Zhutnělá půda klade neúměrně vysoký odpor kořínkům při pronikání půdou, zmenšuje se kořenová soustava. (HORÁČEK – LEDVINA 2000).

Navazujícím sekundárním (ekologickým) problémem pro dřeviny a mikroorganismy v půdě je omezování spotřeby vzduchu k dýchání. Stlačováním středních a velkých pórů dochází k úbytku kyslíku. Vznikají hnilobné a kvasné pochody, jejichž látkové výměnné produkty působí toxicky. (ZHUTNĚNÍ PŮDY HARVESTOROVÝMI TECHNOLOGIEMI, 2007)

Kromě utužení půdy může dojít k poškození půdního povrchu. Podle URLICHA A NERUDY (2006) k tomuto jevu dochází interakcí kolového pracovního stroje a půdního povrchu porostu při těžbě a dopravních prací jsou vyvolány v půdě tlaky, jež jsou závislé zejména na úrovni huštění pneumatik, jejich tuhosti a na adhezním zatížením trakčního ústrojí.

Pojezdem lesní techniky mohou vznikat v místech s malou únosností podloží deformace terénu, popř. profilu cesty. I když tyto úseky mohou být relativně krátké (5 – 15 m), Zapříčiní trvalou neprůjezdnost daného úseku a tím praktickou nedostupnost porostů pro kolové či kolopásové stroje. Rýhy v terénu se často stanou východiskem pro vodní erozi.

Hloubku koleje vytvořené pojezdem lesní techniky více ovlivňuje četnost jednotlivých pojezdů než hmotnost nákladu či technické parametry pneumatiky stroje. Tabulka 6 poskytuje přehled klasifikace porušení půdního povrchu na vyvážecích linkách. (URLICH A KOL, 2006)

Tabulka 6: Třídy porušení půdního povrchu na vyvážecích linkách (Zdroj: URLICH, 2006)

Třída	Hloubka kolejí cm	Porušení půdy	Vliv dodatečných faktorů, přípustná délka kolejí
A	do 7 cm	téměř žádné	pokryv povrchu drnem, borůvkou, surový humus částečně zatlačen
B	7 – 15 cm	malé až středně velké	proříznutí drnu, zatlačení klestu a humusu, u jílovitých půd možné podmáčení, přípustná délka kolejí do cca 20 %
C	15 – 25 cm	Velké	vznik bláta, možná eroze, podmáčení kolejí se stojící vodou, počet jízd se zatížením omezit na 3-5, vytlačování půdy z kolejí, viditelné stlačení půdy, přípustná délka kolejí do 10 %
D	přes 25 cm	značně velké nepřiměřené	obnažení minerálního podloží, značné erozivní ohrožení, vznik velkých odvalů vytlačení bláta, linka je značně deformována, voda stojí v kolejích a podmáčí půdu. Další jízdy s nákladem se nedoporučují, přípustná délka kolejí do 3 %.

Půdní ekosystémy jsou tedy velice citlivé a jakýkoliv zásah do půdy může způsobit značné narušení ekosystémových funkcí. Těžba nejvíce ovlivňuje půdu z hlediska narušení její struktury a s tím spojeného vzdušného a vodního režimu. Voda i vzduch jsou v půdě základními složkami veškerého dění a života v půdě. Proto je důležitý správný výběr používané mechanizace.

3 Cíl Práce

Předkládaná práce se zabývá posouzením vlivu těžebních technologií používaných v Národním parku Šumava na lesní ekosystémy. Vzhledem k obsáhlosti tématu byl k hlubšímu zkoumání vybrán půdní ekosystém, který patří mezi nejvíce narušované ekosystémy při těžbě, a to v důsledku četných přejezdů vyvážecí mechanizace.

Cílem práce bylo získat a analyzovat údaje o používaných přibližovacích technologiích a vyhodnotit jejich vliv na lesní ekosystémy ve vybraných lokalitách Národního parku Šumava. Na základě získaných výsledků definovat negativní vlivy těchto technologií a navrhnout vhodná opatření pro jejich snížení.

4 Materiál a metody

4.1 Výběr měřených lokali a jejich charakteristika

Pro měření byly vybrány lokality, jejichž podmínky reprezentovaly území převažující v Národním parku Šumava, a to:

- II. zóna ochrany přírody
- Nadmořská výška nad 1000 m n.m.
- Převaha smrkového porostu
- Na daném území těžba probíhala nebo byla právě dokončena

K vlastnímu měření byly Správou Národního parku Šumava vybrány oblasti spadající pod územní pracoviště Borová Lada, kde byla ukončena těžba. Z nich výše uvedené podmínky splňovaly následující lokality:

- Borová Lada
- Borová Lada II
- Přilba
- Kvilda

Měřené lokality jsou zaznamenány v mapě, která se nachází v příloze A.

Použitou přibližovací technikou byla v těchto oblastech mechanizace spadající do kategorií vyvážecí soupravy do 5 tun a „Železný kůň“. Univerzální kolové traktory nebo lanovkové systémy se v daných lokalitách nevyužívaly.

4.2 Popis měřených lokalit

Měřené lokality bylo nejdříve potřeba důkladně zmapovat a blíže charakterizovat nadmořskou výšku, porost, přibližné stáří lesa, půdní pokryv a členitost terénu.

4.2.1 Lokalita Borová Lada

Místo měření se nacházelo v blízkosti rozcestí zvané Staré hutě¹. Nadmořská výška zde činí 1170 m n.m.. Těžba kůrovcem napadených stromů probíhala nedaleko pozemní komunikace sloužící jako turistická stezka na horu Přilba (1217 m n.m.). Proto vzdálenost, po které se muselo dřevo dopravovat od místa těžby k nejbližší komunikaci, byla minimální.

Porost zde byl smíšený s převahou smrku, na okraji lesů převládaly buky. Les lze hodnotit jako mladší, stáří stromu zde bylo přibližně 70 let.

V blízkosti měřené lokality se

nacházela lesní školka mladých smrků (Obrázek 10). Půdní pokryv byl typický pro šumavské lesy, převládala brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*) zobrazená na Obrázku 9 a tráva třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*) viz Obrázek 11. Z mechů se nejčastěji vyskytoval polníček pohárkovitý (*Pogonatum urnigerum*), o kterém je známo, že je invazním druhem převážně osidlujícím obnažené půdy. Z hlediska lišejníku se tato lokalita jevila jako chudší. Na stromech se nejčastěji vyskytovala terčovka bublinatá (*Hypogymnia physodes*) na Obrázku 14 a náhodně se nacházela provazovka (*Usnea subfloridana*) Obrázek 15.



Obrázek 9: Brusnice borůvka
(zdroj: BOTANY, 2007)

¹ Značení v hospodářské mapě Národního parku Šumava je 20 C4.

Terén zde byl spíše rovinatý a nijak zvláště členitý. Jedinou překážkou, na kterou se musel brát při přibližování dřeva zřetel, byl meliorační příkop vedle komunikace.



Obrázek 10: Stanoviště Borová Lada

(Foto: Vokáč)



Obrázek 11: Třtina chloupkatá v lokalitě Borová Lada (Foto: Vokáč)

Doplňující údaje

TEPLOTA	20°C
Meteorologické podmínky	Oblačno
Půdní typ	Rezivá půda
Svahovitost	2 - 3°
Porost	Smíšený, převážně však smrkový
Půdní kryt	Travnatý (třtina chloupkatá, brusnice borůvka) větve, klest, jehličí (Obrázek 12)
Množství vytěženého dřeva	35,7m ³
Používaná technika	VIMEK 608
Počet měřících bodů	5

Stanoviště bylo bez větších překážek dobře sjízdné. Terén nebyl svahovitý, jednalo se spíše o rovinný pozemek, kde byla prováděna těžba kůrovcem napadeného dřeva.



Obrázek 12: Půdní pokryv ve stopách přibližovací cesty (Foto: Vokáč)

4.2.2 Lokalita Borová lada II

Uvedená lokalita se nacházela poblíž první měřené těžby v blízkosti rozcestí Staré hutě. Byla ovšem o poznání menší².

Vlastní místo těžby se nacházelo v blízkosti lesní školky. Opětovně jako v předchozích případech se jednalo o těžbu stromů napadených kůrovcem. Pozemní komunikace byla od místa těžby vzdálena přibližně 100 m.

Porost zde byl smíšený smrko-dubový s převahou smrku (Obrázek 13). Stáří lesa v okolí těžby bylo stanoveno odhadem na 75 let, avšak v blízkosti těžené lokality se nacházela školka mladých vzrostlých stromů (viz Obrázek 13).



Obrázek 13: Stanoviště Borová Lada II

(Foto: Vokáč)

Půdní pokryv byl podobný jako u vedlejší lokality Borová Lada I, převládala tráva třtina chloupkatá (*Calamagrostis villosa*) a brusnice borůvka (*Vaccinium myrtillus*). Z mechů se nejčastěji vyskytoval polníček pohárkovitý (*Pogonatum urnigerum*). Terén měl spíše rovinný charakter, stejně jako u předchozího stanoviště. Velkou nevýhodou pro těžbu na tomto území byl meliorační svod, kterým protékala voda.

² V hospodářské mapě Národního parku Šumava je toto území pod označením 13 B3.



Obrázek 14: Terčovka bublinatá

(Foto: Vokáč)



Obrázek 15: Provazovka usnea subfloridana

(Foto: Vokáč)

Doplňující údaje

TEPLOTA	15°C
Meteorologické podmínky	Oblačno
Půdní typ	Rezivá půda
Svahovitost	4-5°
Porost	Smíšený. Smrko-dubový
Půdní kryt	Mimo cestu byl travnatý (třtina chloupkatá, brusnice borůvka) na cestě byl tvořen větvemi, listím z okolních stromů (Obrázek 28)
Množství vytěženého dřeva	9,15 m ³
Používaná technika	KAPSEN
Počet měřících bodů	2

Na této lokalitě byly podmínky podobné jako u předchozí, jelikož se jednalo o sousední lokalitu. Rozdíl byl pouze v tom, že se zde navýšila svahovitost terénu. Velkou překážku pro vyvážecí mechanizaci tvořil malý vodní tok, který protínal cestu (Obrázek 29). Lokalita byla bez jiných překážek dobře sjízdná a pro manipulaci s vlečenými kmeny zde bylo dosti prostoru, aniž by mohlo dojít k poškození okolních stromů.

4.2.3 Lokalita Příklad

Měřené místo se nachází na vrcholu hory Příklad (1217 m.n.m.) vzdálené od Borové Lade přibližně 8 kilometrů³.

Na rozdíl od předchozího stanoviště byla pozemní komunikace, ze které bylo odváženo vytěžené dřevo k dalšímu zpracování, od vlastního místa těžby poměrně vzdálena (přibližně 300 m).

Příklad byla v roce 2007 vystavena silným větrným poryvům orkánu Kyrill, což se do značné míry projevilo na hustotě lesa. Orkán zapříčinil, že v blízkosti těžené lokality se nacházela holoseč. Porost na vrcholu byl převážně smrkový s občasným dubovým náletem (Obrázek 16). Stáří lesa je odhadováno přibližně na 75 let. V uvedené lokalitě se stejně jako u předešlé jednalo o těžbu kmenů napadených kůrovcem.



Obrázek 16: Lokalita Příklad

(Foto: Vokáč)

Porost je zde více travnatý s převahou třtiny chloupkaté (*Calamagrostis villosa*), metličky křivolaké (*Avenella flexuosa*) nebo biky lesní (*Luzula sylvatica*). V lokalitě byl také

zaznamenán výskyt terčovky bublinaté (*Hypogymnia physodes*) viz Obrázek 14 a terčovky trubčité (*Pseudevernia furfuracea*) viz Obrázek 15.

Jelikož se jednalo o lokalitu těsně pod vrcholem Příklad, byla celá vyvážecí linie v kopci, jen na konci těžného stanoviště začal pozvolna kopcovitý terén přecházet do roviny.

³ Podle hospodářské mapy Národního parku Šumava probíhala těžba na území číslo 13 A.

Doplňující údaje

TEPLOTA	10°C
Meteorologické podmínky	Oblačno, deštivo
Půdní typ	Rezivá půda
Svahovitost	6 - 11°
Porost	Převážně smrkový s občasným výskytem dubu
Půdní kryt	Travnatý (třtina chloupkatá, brusnice borůvka), větve, klest, jehličí (Obrázek 17)
Množství vytěženého dřeva	53,06m ³
Používaná technika	TERRI
Počet měřících bodů	5

Těžba v této lokalitě byla obtížnější, jelikož zde byla vyšší svahovitost a terén byl značně členitý. Těženo bylo opět dřevo napadené kůrovcem.



Obrázek 17: Půdní kryt na lokalitě Přílba

(Foto: Vokáč)

4.2.4 Lokalita Kvilda

Těžba probíhala nedaleko pozemní komunikace spojující Vimperk a Kvildu. Nadmořská výška zde činí 1150 m n.m⁴.

Lokalita Kvilda byla v těsné blízkosti první zóny s rozsáhlými mokřady. Stromy byly převážně smrkové, ojediněle se vyskytovala jedle nebo dub. Těžené dřevo bylo přibližně 80 let staré, místy starší.

Půda byla pokryta jako u předchozích lokalit brusnicí borůvkou a směsí třtiny chloupkaté, biky lesní a metličky křivolaké. Výjimku tvořila pouze louka, po které byla vedena vyvážecí linie a jevila známky kosení.

Z lišejníku zde převažovaly již zmiňované druhy terčovka bublinatá, provazovka a dutohlávka sobí.

Terén byl značně členitý, převážně pak svahovitý. Nevyskytovaly se tu však žádné znatelné překážky, které by měly při vlastní těžbě a přibližování procesy negativně ovlivňovat.

Doplňující údaje

TEPLOTA	25°C
Meteorologické podmínky	Slunečno
Půdní typ	Rezivá půda
Svahovitost	3 - 8°
Porost	Smrkový
Půdní kryt	Travnatý (třtina chloupkatá, psárka luční, psineček tenký, brusnice borůvka), opad z okolních stromů, větve, klest, jehličí, kůra (Obrázek 18)
Množství vytěženého dřeva	58 m ³
Používaná technika	TERRI
Počet měřících bodů	5

⁴ Značení v hospodářské mapě Národního parku Šumava je 11 D8.

Zkoumaná lokalita se nacházela v blízkosti první zóny Národního parku Šumava s četným výskytem rašelinišť a mokřadů. Veškerá těžba kůrovcem napadených kmenů probíhala v kopcovitém terénu s vyšší svahovitostí.



Obrázek 18: Půdní pokryv na lokalitě Kvilda (Foto: Vokáč)

4.3 Specifikace použité vyvážecí techniky na měřených stanovištích

Na vybraných lokalitách byly porovnávány dva typy vyvážecí mechanizace, jež zde byly použity pro svou nízkou hmotnost a vysokou výkonnost. Byly použity jak malé vyvážecí soupravy s hmotností do 5 tun, které jsou zástupci nejpoužívanějších vyvážecích traktorů v Národním parku Šumava, tak zástupce nové technologie přibližování dřeva, a to „Železný kůň“. Do třídy vyvážecích souprav do 5 tun spadají vyvážecí soupravy VIMEK a TERRI. Zástupcem druhé technologie byl železný kůň KAPSEN.

Vyvážecí traktor VIMEK

Technická označení: Vimek 608 (Obrázek 19)

Motor: Kubota D 902-E

18 kW/3.600 o.s⁻¹

Převodová soustava: Mechanická

Pneu přední: 405/70-24

Zadní pneu: 400/60-15,5

Světlost: 40 cm

Rozměry: (šířka x výška 6,5 x 1,8 m

Nosnost: 3.000 kg

Hmotnost: 2.950 kg

Hydraulická ruka: Mowi 2046

Max dosah 4,6 m

Zdvih v 4m 440 kg



Obrázek 19: Vyvážecí traktor VIMEK 608

(Zdroj: FORSTTECHNIK-KOCH, 2010)

Vyvážecí souprava TERRI

Typové označení: Terri 2040 (Obrázek 20)

Motor: Perkins turbo diesel

Výkon: 44,7 kW/60 HP při 2800 ot./min

Točivý moment: 192 Nm při 1800 ot./min

Pojezd: Hydrostatický 3-rychlostní

Nosnost: 4000 kg

Rozměry: (šířka x výška) 190 x 290 cm, šířka pásu 49 cm

Světlost podvozku: 40 cm

Hmotnost: 4340 kg

Max. rychlost: 19 km/h

Hydraulická ruka: Mowi 300, dosah 5,5 m



Obrázek 20: Vyvážecí traktor TERRI

(Zdroj:HANKO, 2009)

Železný kůň KAPSEN

Technické označení: KAPSEN (Obrázek 21)

Výkon motoru: 16 HP

Tažná síla: 1000 kp

Rychlost: 4-6 km/h

Rozměry (v cm): 200 x 120 x 165

Šířka pásu (v cm): 40

Hmotnost: 690 kg

Nosnost: 1000 kg



Obrázek 21: Železný kůň KAPSEN

(Zdroj: STROMBUCH, 2008)

4.4 Přístroje použité při měření

Při měření byly použity tyto přístroje:

1. **Penetrometr:** Typové označení: D – 70 (Obrázek 22)

Kalibrováno: 2008

Měření utužení půdy probíhalo každé 4 cm zahloubení v půdě

Pro lepší pochopení měření je zapotřebí vysvětlit princip měření penetrometrického odporu půdy.

Penetrometrický odpor je definován jako odpor půdy proti vnikání kovového kužele (hrot o definovaných rozměrech) rovnoměrným pohybem do půdy. Tento odpor je definován jako síla působící na plochu 1 m^2 . Jednotkou odporu je Pa ($\text{N} \cdot \text{m}^{-2}$). V praxi je odpor většinou vyjadřován v kPa nebo MPa. Dnešní penetrometry (Obrázek 22) pracují na principu tenzometrů a hodnota převedená na elektrickou veličinu je analogově či digitálně zaznamenávána. (JOBAGY J.,2002)



Obrázek 22: Penetrometr

(Foto: Vokáč)

2. Sběrač půdních vzorků: (Obrázek 23)

Délka: 60 cm

Průměr: 50 cm



Obrázek 23: Sběrač půdních vzorků s vyrážecem (Foto: Vokáč)

3. **Svinovací metr:** 5 m

4. **Dřevěná lat':** 3 m

5. **Sušárna:**

Výrobce: BTM

Typové označení: VENTICELL 111

Max. teplota: 250 °C

Napájení: 250ac/50 Hz

Příkon: 1800W

6. **Předvážky:**

Výrobce: KERN

Typové označení: 440 – 47

Přesnost: 0,1 g

4.5 Popis měření

1. **Zmapování stanoviště a vytyčení měřících bodů.** Před samotným měřením byly zmapovány jednotlivá stanoviště a trasy cest, po kterých se vyváželo vytěžené dřevo. Výstupem byl přesný popis jednotlivých lokalit a charakteristika porostu a terénu.

Na vytěžených stanovištích bylo nejprve provedeno zmapování vyvážecí cesty. Poté byly na středu cesty vytyčeny měřící body ve vzdálenosti přibližně 20 m od sebe. První bod byl vždy umístěn ve vzdálenosti 20 m od skládky dřeva nebo pozemní komunikace, odkud se dřevo odváželo k dalšímu zpracování. Na vybraných měřících bodech se provedlo měření zahloubení stop, utužení půdy a odběru půdních vzorků. Měření zhutnění půdy a vlhkostní obsah půdních vzorků bylo provedeno na stejné úrovni i mimo cestu.

2. **Měření zahloubení (hloubky) stop** bylo prováděno pomocí dřevěné latě o délce 3 m, která se přiložila kolmo na osu cesty takovým způsobem, aby se její konce dotýkaly neporušené půdy z obou stran délkou minimálně 20 cm. Poté byl kolmo na osu latě přiložen metr a změřily se tři vzdálenosti mezi latí a dnem stopy. První měření bylo provedeno ve vytyčeném měřícím bodě, druhá ve vzdálenosti 50 cm od vytyčeného měřícího bodu proti směru vyvážecí linie a třetí 50 cm po směru.

Toto měření se opakovalo jak při zahloubení pravé stopy, tak u stopy levé. Naměřené hodnoty se uvedly do tabulek 7, 12, 20 a 25. Hodnoty se dále zprůměrovaly a výsledkem bylo průměrné zahloubení pravé a levé stopy

3. **Měření utužení půdního profilu** probíhalo pomocí penetrometru. Měření bylo provedeno na úrovni jednotlivých měřících bodů ve čtyřech místech – ve středové ose pravé a levé stopy (Obrázek 24) a ve vzdálenosti 4 metrů od středu vyvážecí linie na pravou i levou stranu od osy (Obrázek 25). Abychom získali lepší představu o utužení půdy, bylo v místech středových os jednotlivých stop provedeno 4 až 6 měření – přibližně dvě ve směru

od skládky dřeva k těžené lokalitě a přibližně dvě ve směru opačném, tj. od těžené lokality ke skládce dřeva. Vzájemná vzdálenost mezi jednotlivými měřícími body byla cca 20 cm. Počty měření jsou uváděny jen přibližně kvůli možnému výskytu kamenů, klestu, křovin a jiných překážek v půdě, které měření znemožňovaly. V místech vzdálených 4 metry od středu vyvážecí linie byly změřeny vždy 2 hodnoty a to v okruhu do 50 cm od zmiňovaného místa.

Měření utužení bylo platné pouze tehdy, dosáhlo-li se hloubky měření více jak 8 cm na stupnici penetrometru, jinak se měření muselo opakovat.

Velikost utužení byla automaticky načítána na displeji každé čtyři centimetry zahloubení penetrometru. Všechny hodnoty se ukládaly do paměti, ze které se daly po ukončení měření načíst.



Obrázek 24: Měření utužení půdy penetrometrem v pravé stopě cesty (Foto: Vokáč)



Obrázek 25: Měření utužení půdy mimo stopu (Foto: Vokáč)

Výsledné naměřené hodnoty jsou zaznamenány do tabulek uvedených v příloze B. Z těchto hodnot byly pro každé stanoviště vypočteny průměrné hodnoty utužení levé stopy (UL), pravé stopy (Up) a utužení mimo cestu (Um). Průměrné hodnoty jsou uvedeny v tabulkách 8, 9, 10, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 21, 22, 23, 26, 27 a 28. Získané hodnoty se pak navzájem porovnávaly a finálně vyhodnocovaly.

- Odběry půdních vzorků** byly opět prováděny na úrovni jednotlivých vytyčených měřících bodů. V jedné úrovni byly vzorky odebírány vždy ve dvou místech – v levé či pravé stopě přibližovací linie a mimo stopu ve vzdálenosti min. 4 m od osy vytyčeného měřícího bodu. V jednom měřícím bodě byly celkem odebírány dva přibližně 5 cm vysoké vzorky půdy z hloubky 15 cm a 40 cm. Zabalené a označené vzorky byly následně zváženy, vysušeny v sušárně při teplotě 105°C a opětovně zváženy. Z rozdílu hmotností se zjistila hmotnostní vlhkost vzorku ve stopě a mimo stopu v daném měřícím bodě.

Vzorky byly odebírány za pomoci sběrače (viz kapitola 3.4). Sběrač měl na svém těle pro jednodušší manipulaci vytvořeny čtyři rysky, první odpovídala hloubce 10cm, druhá 15cm, třetí 35 cm a čtvrtá 40 cm. Sběrač se nejprve přiložil kolmo ke stopě, odkud měl být odebrán vzorek a za pomoci kladiva byl zahloben do hloubky 10 cm, vyčištěn a znovu vrácen do místa odběru.

Následně byl zaražen do hloubky 15 cm. Z vnitřního otvoru byl vyražen půdní vzorek, který byl zabalen do plastového obalu, označen a zaevidován. Následovalo opětovné zatlučení sběrače do hloubky 35 cm, vyčištění sběrače a jeho finální zatlučení do hloubky 40 cm. Získali jsme tak vzorek půdy z hloubky přibližně 40 cm, jež byl opět uložen a zaevidován. Z naměřených a vypočtených hodnot byla veškerá hmotnostní vlhkost převedena na procentuální část a uvedena do tabulek 11, 19, 24 a 29.

Výsledky, které se získávaly měřením mimo stopu se porovnávali s hodnotami naměřenými ve stopě a podle nich se mohlo dále hodnotit vhodnost použité mechanizace, popřípadě volit řešení zamezujícím negativnímu působení na půdu.

- 5. Zjištění četnosti přejezdů v jedné stopě.** Od pracovníků Národního parku Šumava pana Řehoře a pana Hlinky, kteří dohlíželi na těžbu v měřených lokalitách, bylo ústním sdělením zjištěno objemové množství vytěženého dřeva. Zjištěné množství bylo dále vynásobeno objemovou hmotností pokáceného dřeva, která je stanovena dle fyzikálních tabulek na 750 kg.m^{-3} dřeva. Výsledek byl vydělen nosností použitého stroje a tím byl odhadnut počet přejezdů v jedné stopě.

4.6 Použité vzorce při výpočtu výsledků

Vzorec pro výpočet průměrné hloubky stop H_p

$$H_p = \frac{\sum_{i=1}^{P_H} H_i}{P_H}$$

Kde:

H_p ... průměrná hloubka stopy [cm],

H_i ... hloubka stopy měření i [cm],

P_H ... počet provedených měření.

Vzorec pro výpočet průměrného utužení U_p

$$U_p = \frac{\sum_{i=1}^{P_U} U_i}{P_U}$$

Kde:

U_p ... průměrné utužení půdy [MPa],

U_i ... utužení půdy [MPa],

P_U ... počet provedených měření.

Vzorec pro výpočet hmotnosti vody ve vzorku m_v

$$m_v = (m_{ps} - m_{pos}) - m_o.$$

Kde:

m_v ... hmotnost vody ve vzorku [g],

m_{ps} ... hmotnost vzorku před sušením [g],

m_{pos} ... hmotnost vzorku po sušení [g],

m_o ... hmotnost obalu [g].

Vzorec pro výpočet procentuálního vyjádření obsahu vody ve vzorku o_v

$$o_v = \frac{m_v}{m_{ps}} 100.$$

Kde:

o_v ... obsah vody ve vzorku [%],

m_v ... hmotnost vody ve vzorku [g],

m_{ps} ... hmotnost vzorku před sušením [g].

Vzorec pro výpočet četnosti přejezdů ve stopě P_p

$$P_p = \frac{V_{dř} \cdot 750}{m_t}.$$

Kde:

P_p ... počet přejezdů,

$V_{dř}$... objem vytěženého dřeva [Kg],

750 ... hmotnost 1m³ pokáceného dřeva [Kg],

m_t ... nosnost vyvážecí mechanizace [Kg].

5 Naměřené hodnoty

V kapitole jsou shrnuty a hodnoceny výsledky měření. Výsledky jsou diskutovány se stavem půdy před těžbou a po těžbě a to vše v souvislosti s použitými technologiemi v dané lokalitě.

5.1 Stanoviště Borová Lada

Tabulka 7: Průměrné zahloubení stop na stanovišti Borová Lada

MĚŘENÁ STOPA	MĚŘÍCÍ BOD 1	MĚŘÍCÍ BOD 2	MĚŘÍCÍ BOD 3	MĚŘÍCÍ BOD 4	MĚŘÍCÍ BOD 5
Zahloubení levé stopy ZL [cm]	8	8	12	8	10
	4	8	9	8	7
	8	4	7	6	7
Průměrná hloubka [cm]	6,67	6,67	9,33	7,33	8,00
Zahloubení pravé stopy ZP[cm]	7	4	7	13	10
	7	10	7	14	16
	7	5	8	10	9
Průměrná hloubka [cm]	7,00	6,33	7,33	12,33	11,67

Tabulka 8: Průměrné utužen půdy v levé stopě (UL) na stanovišti Borová Lada

		U _L [MPa]												
Hloubka měření (cm)		4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	45	36
Číslo měření														
Měřící bod 1		1,28	1,93	2,33	3,08	3,28	3,88	3,15	3,45	3,60	3,90	4,40	3,90	3,80
Měřící bod 2		1,25	1,73	3,20	2,83	2,80	3,20	4,00	3,80	3,80	3,90	4,60		
Měřící bod 3		1,03	1,70	2,23	2,68	3,00	3,85	3,80						
Měřící bod 4		0,98	1,25	2,25	3,08	2,93	3,60	3,30	4,70	3,80				
Měřící bod 5		0,68	1,00	1,58	2,30	2,63	3,10	4,05	4,13	4,43	4,25	5,10		

Tabulka 9: Průměrné utužen půdy v pravé stopě (Up) na stanovišti Borová Lada

Up [MPa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
Měřící bod 1	1,40	1,73	2,45	2,78	3,00	3,40	3,50	3,40	4,00	3,90	
Měřící bod 2	0,88	1,48	2,45	2,70	3,20	3,38	3,60	4,13	3,90		
Měřící bod 3	0,78	1,30	2,40	3,23	3,38	2,70	3,50	4,70			
Měřící bod 4	0,88	1,33	2,05	3,10	3,03	3,60	3,07	3,63	3,63	3,35	4,50
Měřící bod 5	0,68	1,35	2,08	4,45	3,43	3,55	4,05	4,03	4,73	2,90	4,10

Tabulka 10: Průměrné utužení půdy mimo cestu (Um) na stanovišti Borová Lada

Um [MPa]													
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	45	46
Číslo měření													
Měřící bod 1	0,45	0,95	1,58	1,98	2,08	2,95	3,00	3,55	3,70				
Měřící bod 2	0,28	0,55	0,78	1,63	1,95	2,73	2,60	2,90					
Měřící bod 3	0,30	0,85	1,65	1,75	2,00	2,58	2,87	3,27	3,60	5,20			
Měřící bod 4	0,25	0,58	0,55	0,83	1,13	2,43	2,23	2,27	2,57	2,77	2,30	2,90	2,20
Měřící bod 5	0,35	0,78	1,15	2,33	1,98	2,90	3,20	4,05	3,83	4,37	4,40		

Tabulka 11: Procentuelní množství vody v odebraných půdních vzorcích v lokalitě Borová L.

	ODBĚR VZORKŮ			
	Stopa v 15 cm [%]	Stopa ve 40 cm [%]	Mimo stopu v 15 cm [%]	Mimo stopu ve 40 cm [%]
Měřící bod 1	22,99	33,54	23,81	29,33
Měřící bod 2	28,68	25,69	22,86	25,75
Měřící bod 3	42,22	35,75	38,22	28,89
Měřící bod 4	33,36	26,24	29,23	32,77
Měřící bod 5	28,7	25,45	22,49	28,57

Množství vytěženého dřeva a zahloubení stop:

Na této lokalitě byla použita kolová vyvážecí souprava VIMEK, která zde přepravila celkem 35,66 m³ vytěženého dřeva. Pomocí výpočtu byl stanoven počet přejezdů na 5 jízd ve stopě pod maximálním zatížením. Maximální zatížení činilo u vyvážecí soupravy VIMEK 5950 kg. Z počtu přejezdů pod zatížením tedy vyplývá, že vyvážecí souprava vykonala po lokalitě Borová Lada v měřené stopě celkem 10 přejezdů, z toho 5 pod maximálním zatížením a 5 pod vlastní vahou stroje, která činila 2950 kg.

V tabulce 7 jsou uvedeny hodnoty zahloubení stop vytvořených použitou mechanizací na tomto stanovišti. Ty se pohybovaly průměrně mezi 7 – 8 cm. To znamená, že poškození půd při přibližování dřeva nebylo téměř žádné a jedná se pouze o částečně zatlačený půdní povrch s trávami a borůvkám.

Tento stav převažoval na většině území měřeného stanoviště, avšak objevily se zde plochy (Obrázek 26), kde naměřené hodnoty ukazovaly průměrné zahloubení stop i 12 cm.

Došlo k narušení celistvého půdního drnu, odkrytí svrchní části půdy a zvýšení náchylnosti území k podmáčení.

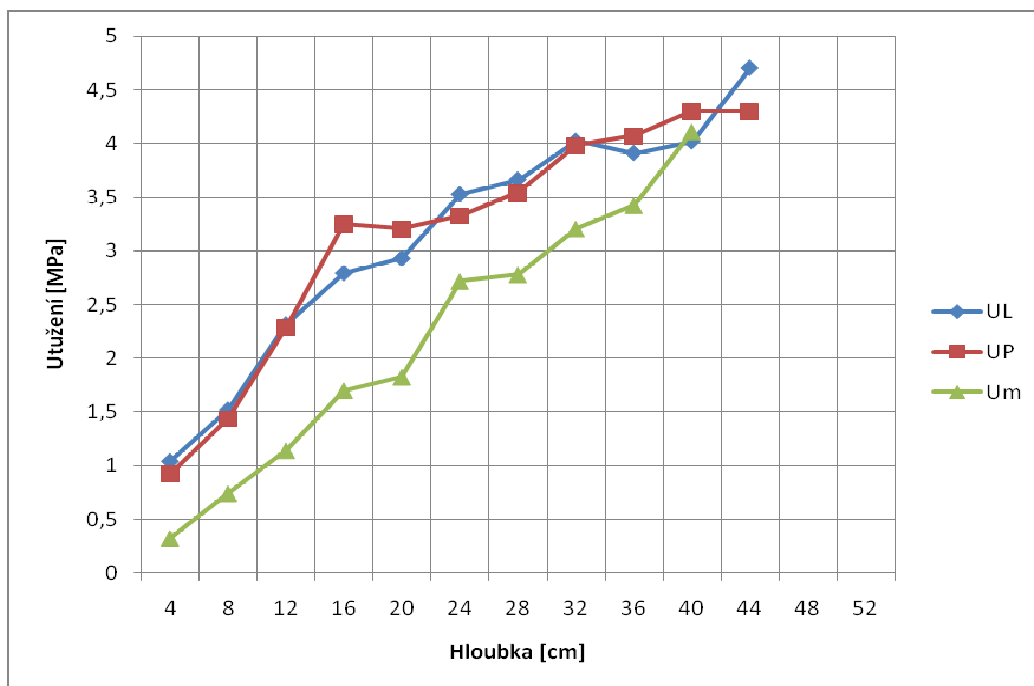
Důvodem vzniku těchto ploch bylo měkčí podloží. Neobsahovalo totiž takové množství kořenů, které by půdu více zpevňovaly.



Obrázek 26: Zahloubení stop přesahujících 12 cm (Foto: Vokáč)

Utužení půd

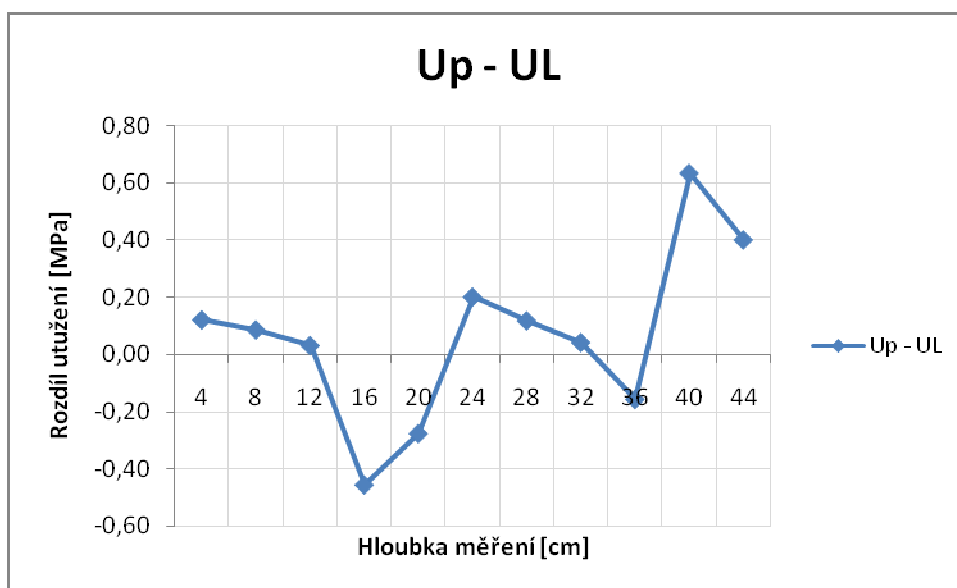
Naměřené hodnoty utužení ve všech měřících bodech jsou uvedeny v příloze B v tabulkách číslo 31-45. Z hodnot byly vypočteny průměry utužení ze všech měřících bodů, a to jak pro stopu levou **UL** a pravou stopu **Up**, tak pro hodnoty naměřené mimo cestu **Um**. Vypočtené průměrné hodnoty utužení půdy jsou uvedeny v tabulkách 8, 9 a 10. Z uvedených hodnot byl vytvořen názorný Graf 1, který popisuje průběh utužení půdy na cestě i mimo ni v celé zkoumané lokalitě Borová Lada.



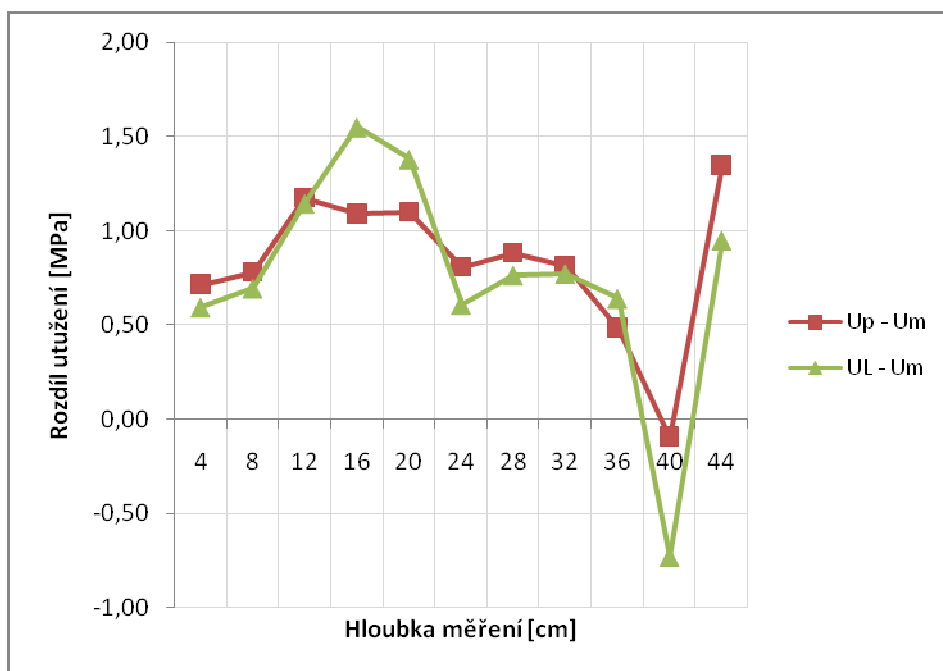
Graf 1: Průměrné utužení půdy na lokalitě Borová Lada

Jak je z výše uvedeného Grafu 1 patrné, všechny křivky mají se zvyšující se hloubkou stoupající tendenci. To dokazuje přímou úměru mezi hloubkou a utužením půdy, kdy čím větší bude hloubka měření, utužení bude vyšší. Tato přímá úměra však platí do určité hloubky. Během dalších provedených měření bylo zjištěno, že penetrometrický odpor začíná mít podobné hodnoty utužení kolem 40 cm zahloubení. Dá se proto předpokládat, že vrstvy na měřeném stanovišti, které jsou hlubší než 40 centimetrů, již nejsou ovlivněny přejezdem přibližovací mechanizace. Je však důležité zjistit o kolik se posouvá tato hranice „ovlivněné půdy“ při použití lehčí nebo naopak těžší mechanizace.

Z Grafu 1 jsou dobře patrné rozdíly mezi utužením půdy mezi levou a pravou stopou. Pro lepší názornost a porovnání hodnot utužení stop na cestě byl vytvořen Graf 2 znázorňující rozdíly mezi pravou stopou U_p a levou stopou U_L .



Graf 2: Rozdíly naměřených hodnot mezi Levou stopou U_L a pravou stopou U_p



Graf 3: Rozdíly utužení půdy mezi levou stopou U_L a utužením mimo stopu a U_p a utužením mimo stopu

Z Grafu 2 je možné vyčíst, že průměrné utužení zjištěné pro levou a pravou stopu se až na některé odchylky příliš neliší. Nejvyšší rozdíl byl naměřen při 40 centimetrech zahloubení penetrometru, kde odchylka dosahovala 630 kPa.

Naopak významný rozdíl v utužení byl naměřen mezi hodnotami mimo cestu (U_m) a hodnotami naměřenými ve stopách (UL a U_p). Tyto rozdíly jsou zaznamenány do Grafu 3.

Odchylky jsou patrné již na samém povrchu půdy (v hloubce 4 cm), kdy u měření na cestě bylo UL = 0,92 MPa, U_p = 1,04 MPa, oproti tomu U_m = 0,33 MPa, což znamená, že utužení mimo cestu bylo ve srovnání s pravou stopou o 0,62 MPa nižší a oproti levé stopě o 0,59 MPa nižší.



Obrázek 27: Stopa s přesahující hloubkou 12 cm v lokalitě borová Lada (Zdroj: Vokáč, 2009)

Od 8 cm se začala tato odchylka navyšovat, až dosáhla svého maxima v hloubce 16 cm. Důvodem tohoto navýšení bylo velké zhutnění půdy, které bylo zapříčiněno vyšší pórovitostí půdy před těžbou, tím pádem půda byla více náchylná ke stlačení. Důkazem nízkého zhutnění půdy před těžbou byly vyšší hodnoty zahloubení stop a nízké hodnoty utužení mimo cestu v hloubce 16, 20 a 24 cm. Utužení mimo cestu (U_m) zde dosahovalo v průměru 1,8 MPa. Oproti tomu je dobře patrný nárůst utužení levé stopy v hloubce 16 cm, které bylo na hodnotě 3,25 MPa. Jak je patrné z Obrázků 26 a 27 jednalo se o měření stop, kde jejich hloubka činila více jak 12 cm.

Na těchto obrázcích lze vidět značné poškození půdního povrchu a díky četným přejezdům vytlačení půdy do stran. Tím pádem došlo k nárůstu utužení půdy a zvýšení náchylnosti k vodní erozi.

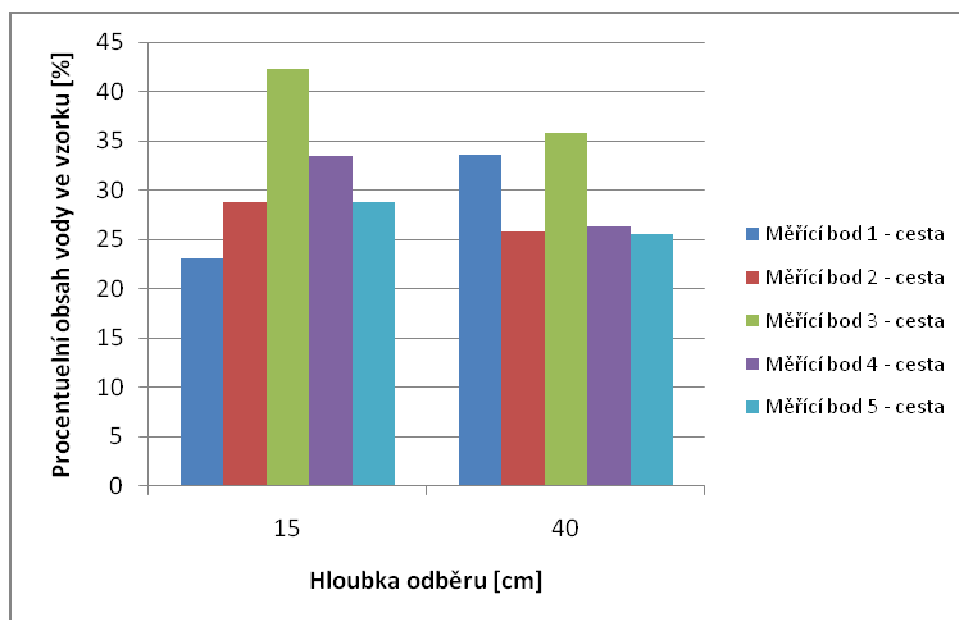
Po dosažení maximálního rozdílu mezi utužením UL a U_m , U_p a U_m odchylka poklesla a zůstávala v průměrné hodnotě 700 kPa.

V hloubce 40 cm však hodnota poklesla z důvodu nárůstu zhutnění půdy mimo stopu. To dosáhlo takových hodnot, že utužení v levé i pravé stopě bylo dokonce nižší nežli U_m .

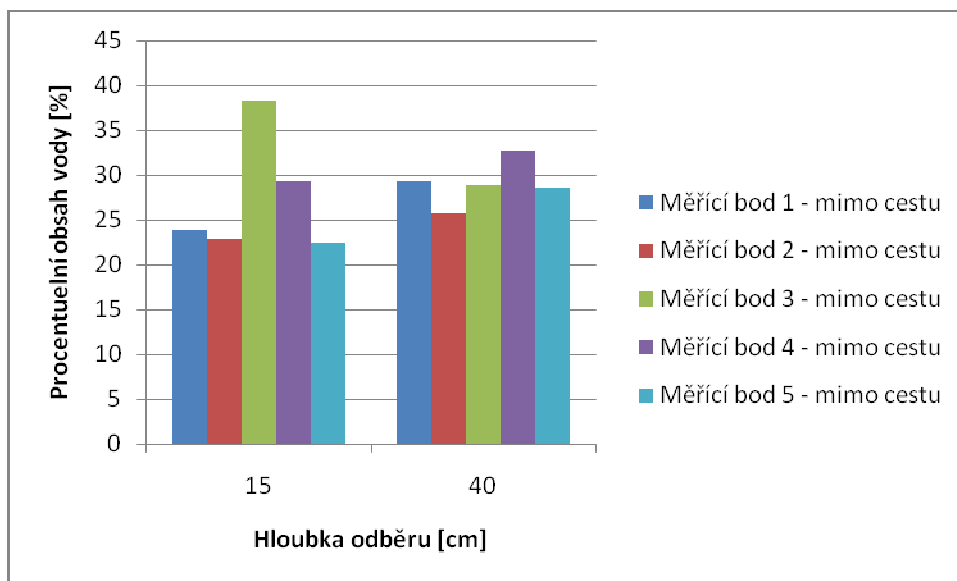
Půdní vzorky

Na celém stanovišti bylo provedeno celkem 20 odběrů půdních vzorků. Naměřené hodnoty se přepočítaly na procentuální hmotnostní obsah vody ve vzorku (vzorec výpočtu je uveden viz kapitola 4.6.) Veškeré naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 11, podle které byly pro lepší názornost a porovnání vyhotoveny dva grafy. Graf 4 udává procentuální obsah vody v půdních vzorcích odebraných na cestě a Graf 5 znázorňuje procentuální obsah vody ve vzorcích odebraných mimo cestu. Je patrné, že hodnoty naměřené na cestě jsou vyšší, nežli hodnoty mimo cestu.

U půdních vzorků odebraných na cestě v hloubce 15 cm se pohyboval procentuální obsah vody přibližně okolo 31 %. Oproti tomu hodnoty naměřené mimo vyvážecí linii ve shodné hloubce se pohybovaly přibližně kolem 25 % obsahu vody ve vzorku. Lze tedy říci, že ze svrchní vrstvy půdy se voda dostává mnohem snadněji do spodních vrstev v místech, kde nedošlo k přejezdům mechanizace. Vodě je v takových místech kladen menší odpor v podobě neutužené svrchní vrstvy půdy. Tento výsledek potvrdilo měření procentního obsahu vody ve 40 centimetrové hloubce, ve které vzorky mimo cestu vykazovaly vyšší hodnoty, než u vzorků odebraných ve stopě.



Graf 4: Procentuelní vlhkost půdních vzorků odebraných na cestě na stanovišti Borová Lada



Graf 5: Procentuelní vlhkost půdních vzorků odebraných mimo cestu na stanovišti Borová Lada

Ve výsledku se tedy nejvíce lišila vlhkost v hloubce 40 cm, kde u vzorků, které byly odebrány mimo cestu, se obsah vody pohyboval v rozmezí od 25,75 % do 32,77 %. Oproti těmto hodnotám dosahoval obsah vody u většiny odebraných vzorků ve stopě od 25,45 % do 26,24 %. Výjimky tvořily pouze první a třetí měřící bod, kde hodnoty u prvního měřícího bodu přesahovaly 33 % a u třetího měřícího bodu 35 %. U třetího měřícího bodu byla tato výchylka zapříčiněna celkově vyšší vlhkostí půdy, která je zřejmá již ze vzorku odebraného v hloubce 15 cm.

Naměřené hodnoty tedy dokazují vliv přejezdu mechanizace, a to i na místech, kde zahloubení stopy nedosahovalo 7 cm, což je podle Tabulky 6 hloubka, při níž dochází k minimálnímu poškození půdy.

5.2 Stanoviště Borová Lada II

Tabulka 12: hloubka stop v prvním měřícím bodě

MĚŘENÁ STOPA	MĚŘÍCÍ BOD 1	MĚŘÍCÍ BOD 2
Zahloubení levé stopy ZL [cm]	8	20
	7	17
	10	18
Průměrná hloubka [cm]	8,33	18,33
Zahloubení pravé stopy ZP[cm]	11	14
	9	22
	7	13
Průměrná hloubka [cm]	9,00	16,33

Tabulka 13: První měřící bod - utužení půdy v levé stopě

Měřící bod 1								
U _L [MPa]								
Hloubka	4	8	12	16	20	24	28	32
Číslo měření								
1	1	2,6	3,9	3,7	4,2	5,3	5,4	
2	1,4	3,4	3,9	3,7	4	4,5	5,3	5,9
3	1,2	2,2	3,8	3,7	4,2	4,6	4,5	5,3
4	1,1	3,2	3,6	4,1	4,5	5,3	6	
5	1,2	2,7	3,2	3,5	4	4,8	4,9	

Tabulka 14: První měřící bod - utužení půdy v pravé stopě

Měřící bod 1							
U _P [MPa]							
Hloubka	4	8	12	16	20	24	28
Číslo měření							
1	1,4	3	4,1	5,3			
2	0,4	2,8	3,4	5,2			
3	2,7	3,3	4	4,2	4,8	4,7	5
4	0,4	1,4	2,8	2,7	4	4,4	
5	1,9	2,8	3,2	4	5,1		
6	0,8	2,3	3,2	3,9	5	7	7,7

Tabulka 15: První měřicí bod: utužení půdy mimo cestu

Měřicí bod 1											
Um [MPa]											
Hloubka	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	0,9	1,9	2,1	2,9	3,4	4,1	4,7				
2	0,3	1,3	2,2	2,5	2,6	3	3,6	3,7	4,3	4,4	3,9
3	0,7	1,1	1,6	2,3	2,5	2,5	2,9	3,3	3,8	4,6	4,8
4	1,1	2	2,4	2,6	3,3	3,7	4,2	4,9	5,3		

Tabulka 16: Druhý měřicí bod: utužení půdy v levé stopě

Měřicí bod 2									
UL [MPa]									
Hloubka	4	8	12	16	20	24	28	32	36
Číslo měření									
1	0,4	1,2	2,3	2,7	2,6	2,4	3,4	3,9	4,7
2	0,5	0,7	1,7	2,4	2,5	2,6	4,7		
3	0,6	1,5	2	2,5	2,7	4,8			
4	0,6	0,8	1,7	2	2,7	3,2	4,7		

Tabulka 17: Druhý měřicí bod: utužení půdy v první stopě

Měřicí bod 2							
UP [MPa]							
Hloubka	4	8	12	16	20	24	28
Číslo měření							
1	1,6	2,4	3,7	3,9	4,6	5	
2	1,3	2,3	2,6	3,6	5,2	5,2	5,4
3	0,8	1,7	1,9	2,7	4,2	5	5,5
4	1,2	2,4	2,5	3,8	5,4	5,4	

Tabulka 18: Druhý měřicí bod: utužení půdy mimo stopu

Měřicí bod 2						
Um [MPa]						
Hloubka	4	8	12	16	20	24
Číslo měření						
1	0,5	2,4	2,6	3,9	4,4	5,7
2	1,4	2,8	3,9	4,4	5,4	
3	0,3	1,4	1,7	1,7	2,8	5,8
4	2	2	2,9	4,3	5	

Tabulka 19: Procentuální množství vody v odebraných vodních vzorcích na lokalitě Borová Lada II

	ODBĚR VZORKŮ			
	Stopa v 15 cm [%]	Stopa ve 40 cm [%]	Mimo stopu v 15 cm [%]	Mimo stopu ve 40 cm [%]
Měřicí bod 1	25,45	21,26	43,98	39,52
Měřicí bod 2	39,34	29,03	78,67	74,91

Množství vytěženého dřeva a zahloubení stop

K přibližování 9,15 m³ dřeva se používal vyvážecí kůň KAPSEN, který patřil mezi měřené stroje s nejmenší hmotností. Tento stroj zde vykonal celkem 12 přejezdů ve stopě, z toho 6 pod plným zatížením, které činilo 1690 kg a 6 jízd při hmotnosti 690 kg.

Vzhledem ke krátké vzdálenosti, kterou musela vyvážecí mechanizace překonávat, byly na vyvážecí cestě vytyčeny pouze dva měřicí body. Jelikož zde v jedné části cesty docházelo ke křížení cesty s malým vodním tokem, byly zde předpokládány velké změny v utužení a v obsahu vody v odebraných vzorcích. Díky pouhým dvěma měřicími body bylo možno provést srovnání skutečných hodnot a nepracovat s průměrnými hodnotami, jak tomu bylo u ostatních lokalit.

Přejezd mechanizace ve stopě vytvořil na cestě stopy s různým zahloubením. Hloubky stop v měřicích bodech jsou uvedeny v Tabulce 12. Podle uvedených hodnot lze usoudit, že na prvním měřicím bodě přesáhla průměrná hodnota zahloubení hranici 7 cm. Tomu odpovídal stav stopy, ve které byl ve stopě proříznut

drn, klest z okolních stromů byl zatlačen do půdy. Podle URBANA a kol. (Tabulka 6) se jedná o malé až středně velké poškození půdy, jež by nemělo přesáhnout 20 % z celkové délky příbližovací cesty. Důvodem poškození byly zřejmě nevhodné meteorologické podmínky, při nichž došlo k promočení svrchní vrstvy půdy. Ta byla tím pádem náchylnější na poškození způsobené vlivem častého přejezdu mechanizace. Pro větší názornost lze na Obrázku 28 vidět stav stopy v prvním měřícím bodě.

Na druhém měřícím bodě, který se nacházel v blízkosti vodního toku, byla u levé i u pravé stopy překročena hranice 15 cm zahloubení stop. Poškození se zde vyznačovalo viditelným vytlačováním půdy z kolejí, vznikem bláta, podmáčením kolejí se stojící vodou (Obrázek 29). Tyto stopy byly do velké míry ohroženy vodní erozí. Podle Tabulky 6 (URBANA a kol.) se jedná o místo s velkým poškozením půdy a mělo by dosahovat maximální délky do 10 % celkové délky cesty. Důvodem hlubokých stop byly četné přejezdy nezpevněným korytem malého vodního toku. Díky přejezdům se opevnění koryta zhroutilo a došlo k rozlívání vody do hlubokých stop.



Obrázek 28: Detailní pohled na půdní kryt ve stopě v lokalitě Borová Lada II

(Foto: Vokáč)

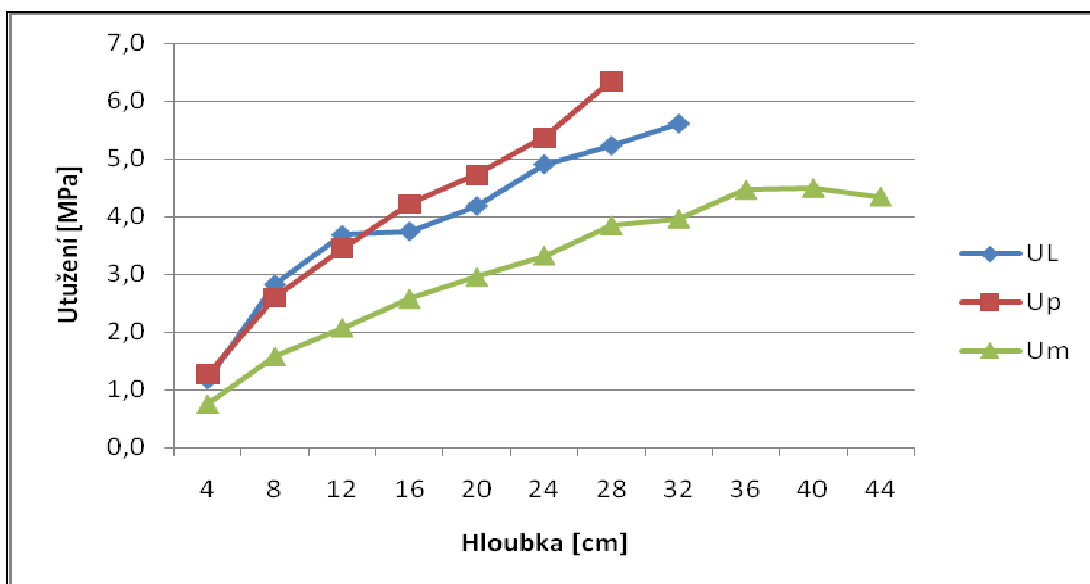


Obrázek 29: Místo, kde se cesta křížila s malým vodním tokem na stanovišti Borová Lada II

(Foto: Vokáč)

Utužení půdy

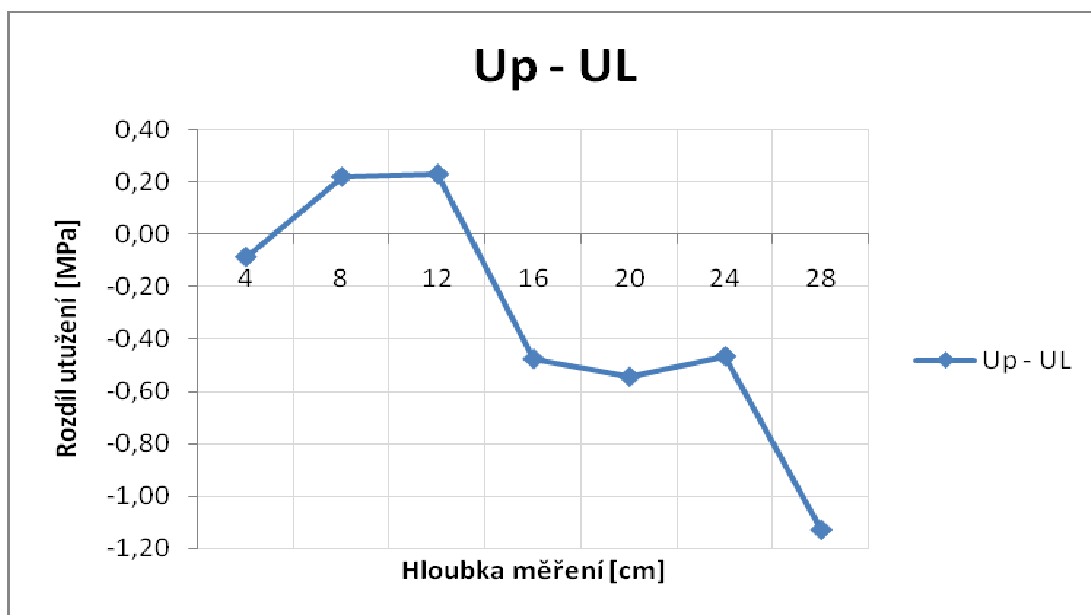
V lokalitě bylo provedeno celkem 15 měření utužení půdy, z toho bylo 5 měření provedeno v pravé stopě, 6 v levé a 5 mimo cestu. Veškeré hodnoty z obou měřících bodů jsou uvedeny v Tabulkách 13, 14, 15, 16, 17 a 18. Tabulky 13, 14, 15 uvádějí



Graf 6: Utužení půdy v prvním měřícím bodě na lokalitě Borová Lada II

hodnoty utužení levé stopy (UL), pravé stopy (Up) a mimo cestu (Um), to vše v prvním měřícím bodě. Tabulky 16, 17 a 18 pak utužení půdy v druhém měřícím bodě.

Z naměřených hodnot byly zhotoveny Grafy 6, 7, 8 a 9. Graf 6 nám popisuje utužení půdy **v prvním měřícím bodě**. Z grafu lze vyčíst, že utužení půdy v levé i v pravé stopě měly vzrůstající charakter. Z Grafu 7 vidíme, že počáteční hodnoty utužení levé stopy a pravé stopy jsou téměř shodné. Utužení v levé stopě je zde pouze o 100 kPa vyšší oproti stopě pravé. V hloubce 8 centimetrů se ovšem utužení v pravé stopě nepatrně navýšilo o 220 kPa a s nepatrným zvýšením se tato odchylka udržela i v hloubce 12 cm.



Graf 7: Rozdíl utužení půdy v pravé stopě a levé stopě na prvním měřícím bodě

Po překročení této hloubky v 16 centimetrech se zvýšila odchylka na 480 kPa a setrvala až do 28 centimetrové hloubky, kdy se zvýšila na 1,13 MPa. Odlišnosti utužení stop byly zapříčiněny mírným svahovitým terénem, který způsobil vyšší namáhání pravé stopy při přibližování dřeva.

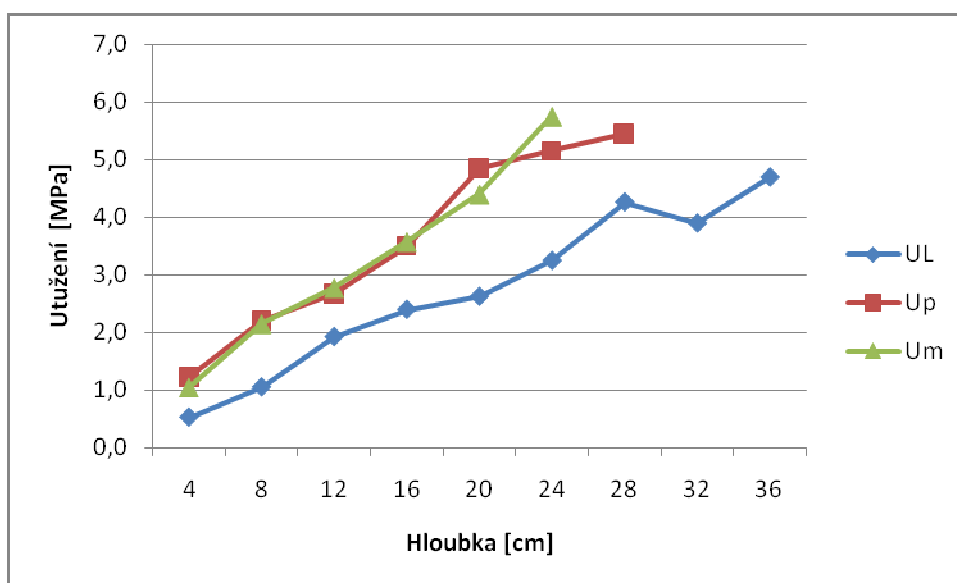
Graf 8 popisuje velikost utužení půdy **v druhém měřícím bodě**. V něm se křížila cesta s malým vodním tokem a hodnoty vypovídají o změnách utužení v trvale zamokřené půdě.

Vlivem vylití vody z deformovaného koryta řeky došlo v měřených stopách k jevu, kdy ztuhnutí v levé stopě vykazovalo nižší hodnoty i ve větších hloubkách, nežli tomu bylo u měření mimo cestu. To dosahovalo podobných hodnot, jako měření

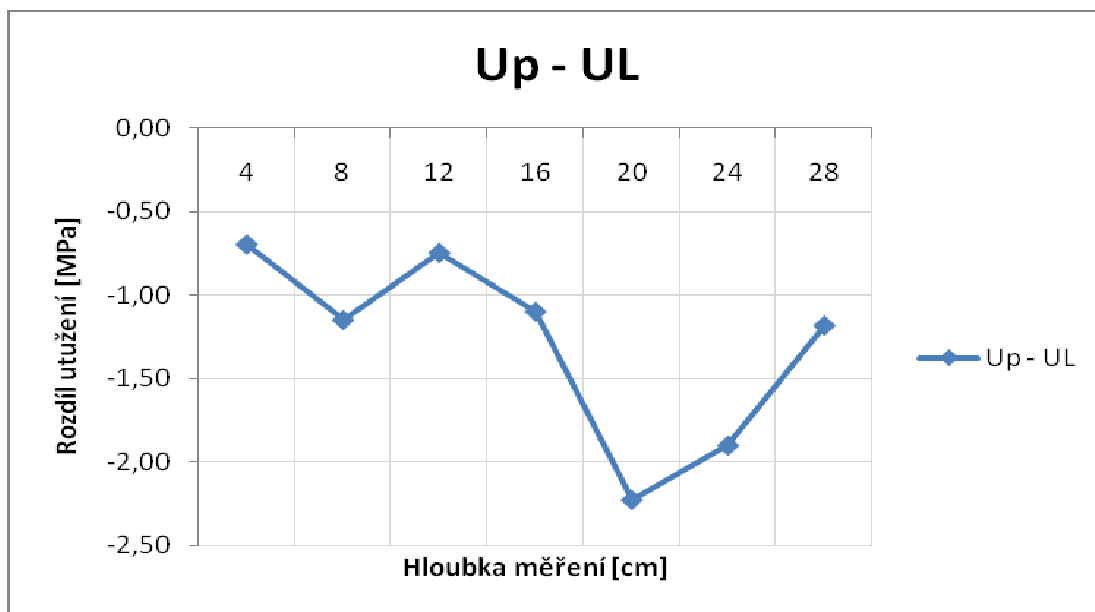
utužení pravé stopy (U_p). Rozdíly byly zanedbatelné až na malé odchylky ve 24 centimetrech zahloubení stopy, kdy U_p bylo o 500 kPa nižší nežli U_m .

Rozdíl utužení pravé a levé stopy na druhém měřícím bodě je patrný z Grafu 9. Ve 4 cm zahloubení zde činilo UL 500 kPa, oproti tomu U_p a U_m měly ve shodné hloubce průměrnou hodnotu utužení 1,15 MPa. To znamená, že odchylka v levé stopě činila v hloubce 4 cm rozdíl o 700 kPa nižší. Od 8 cm zahloubení penetrometru se rozdíl začal prudce zvyšovat až na hodnotu 2,3 MPa. Tohoto rozdílu bylo dosaženo v hloubce 20 cm, poté odchylka začala pozvolna klesat.

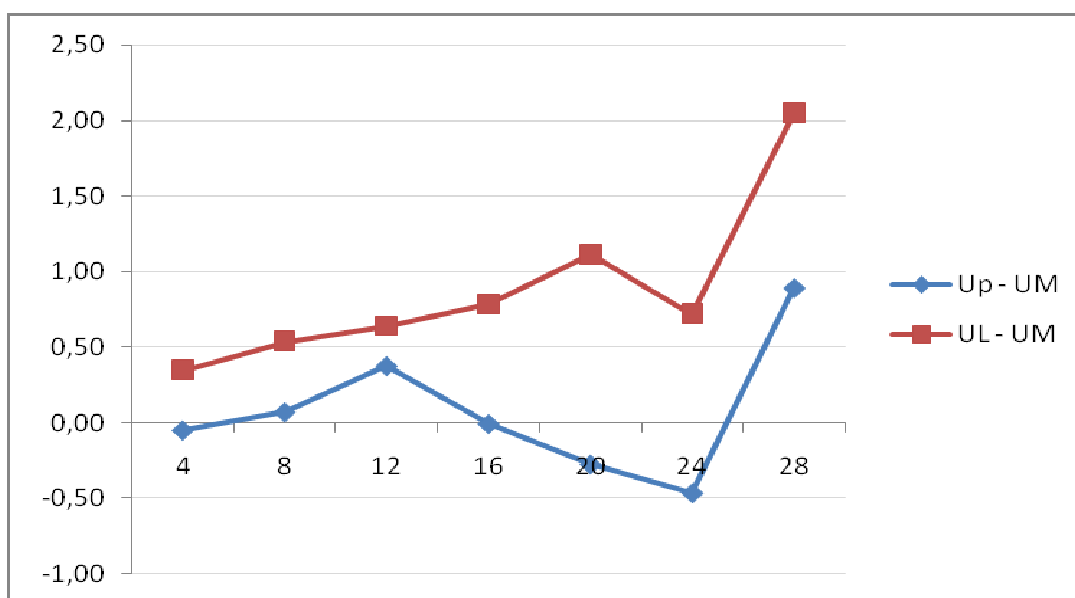
Důvodem odchylky byla vysoká hladina vody ve stopách. Jak lze vidět na Obrázku 29, byla zamokřena převážně levá stopa. Z tohoto důvodu jsou rozdíly hodnot utužení levé stopy (U_L) a pravé stopy (U_p) tak odlišné. Voda v půdě vytěsnila veškeré póry a četnými přejezdy byla protlačována i do spodních vrstev. Tím došlo k destrukci veškerých pórů a ke snížení míry zhutnění půdy.



Graf 8: Utužení půdy v druhém měřícím bodě na lokalitě Borová Lada II



Graf 9: Rozdíl utužení půdy v pravé stopě a levé stopě na druhém měřícím bodě



Graf 10: Rozdíly průměrných hodnot utužení půdy mezi levou stopou UL a utužením mimo stopu a Up a utužením mimo stopu

Graf 10 znázorňuje rozdíl průměrných hodnot utužení ve stopách a mimo cestu na celém stanovišti Borová Lada II. Markantní rozdíl ve zhuštění půdy a půdní degradaci v levé stopě byl oproti předchozímu měření na prvním měřícím bodě zapříčiněn nevhodnou volbou trasy. Jelikož nebyla nijak zpevněna břehová hrana

malého vodního toku, jak je zřejmé z Obrázku 29, muselo dojít po přejezdu jakékoliv mechanizace ke zničení koryta a rozvodněním potoka do stop.

Zamokřené stopy měly mnohem menší odolnost vůči přejezdům. Četným pohybem mechanizace pak byl svrchní drn rozříznut, tím se usnadnil vstup vody do spodních vrstev půdy. To vše vedlo ke snížení půdní únosnosti a vytěsnění pórů vodou. Tím se snížil odpor, který půda kladla penetrometru při měření.

Podle výše naměřených hodnot se měřící bod č. 2 hodnotí jako místo vykazující velké známky půdní degradace způsobené přibližováním dřeva i přesto, že v této lokalitě byl použit stroj s nejnižší hmotností a s pásovým podvozkem.

Možností, jež by se dalo poškození vodního toku předejít, je vybudování provizorního přemostění z odřezků těžných stromů.

Vlhkost půdních vzorků

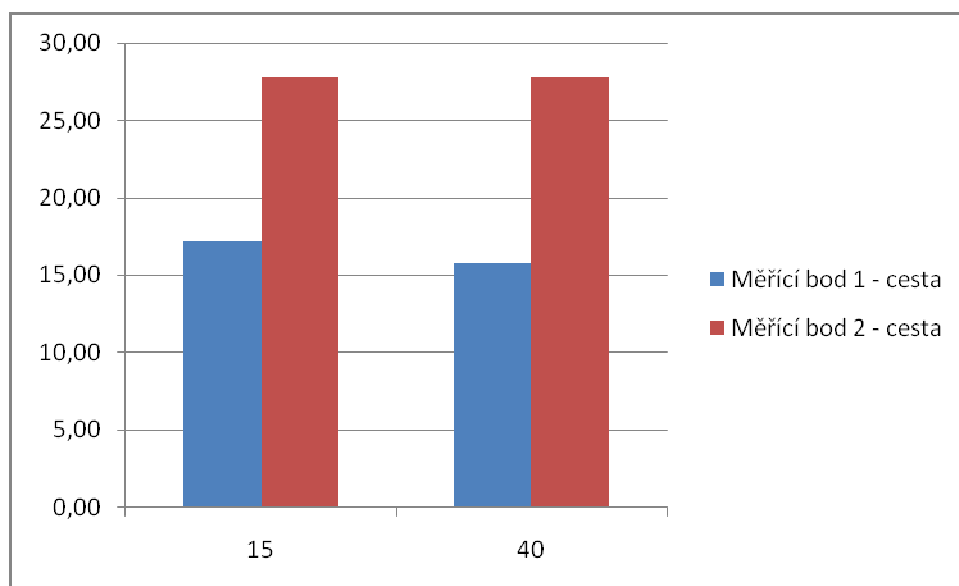
Na stanovišti Borová Lada II bylo odebráno celkem 8 půdních vzorků, 4 ve stopě a 4 mimo cestu. Veškeré naměřené hodnoty obsahu vody v půdním vzorku jsou uvedeny v Tabulce 19. Pro lepší názornost a srovnání byly z naměřených hodnot vytvořeny Grafy 11 a 12.

Z grafů je možné vyčíst, že na **prvním měřícím bodě** hmotnost vzorku odebraného na cestě v hloubce 15 centimetrů byla tvořena ze 17,15 % vodou. Procentuální obsah vody se s narůstající hloubkou snižoval. V hloubce 40 cm byl obsah vody ve vzorku odebraném na cestě 15,75 %. Bylo tak naměřeno nepatrné snížení o 1,4%. Srovnáním hodnot naměřených ve stopě s výsledky měření mimo stopu zjistíme, že se obsah vody v 15 centimetrech, tak ve 40 centimetrech zahloubení sběrače značně liší. Zatímco u vzorků odebraných na cestě se hodnoty pohybovaly mezi 15 a 17 %, mimo vyvážecí linii se tyto hodnoty zvýšily v hloubce 15 cm na 27,24 % vody ve vzorku a v hloubce 40 cm na 20,69 % .

Naměřený rozdíl dokazuje, že v prvním měřícím bodě voda stopou odtékala a bylo zde zachyceno pouze minimum vlhkosti. Oproti tomu místo odběru vzorku mimo cestu bylo pokryto typickým půdním porostem a díky prokořenění a neutuženosti půdy se voda lépe dostávala i do hlubších vrstev.

Z naměřených hodnot na prvním měřícím bodě lze usoudit, že na cestě došlo k utužení svrchní části půdy a tím ve větších hloubkách k vytěsnění pórovité části

vodou a minerálními částicemi. To vedlo ke zhoršení zasakovací schopnosti půdy a k rychlejšímu odtoku srážkových vod.



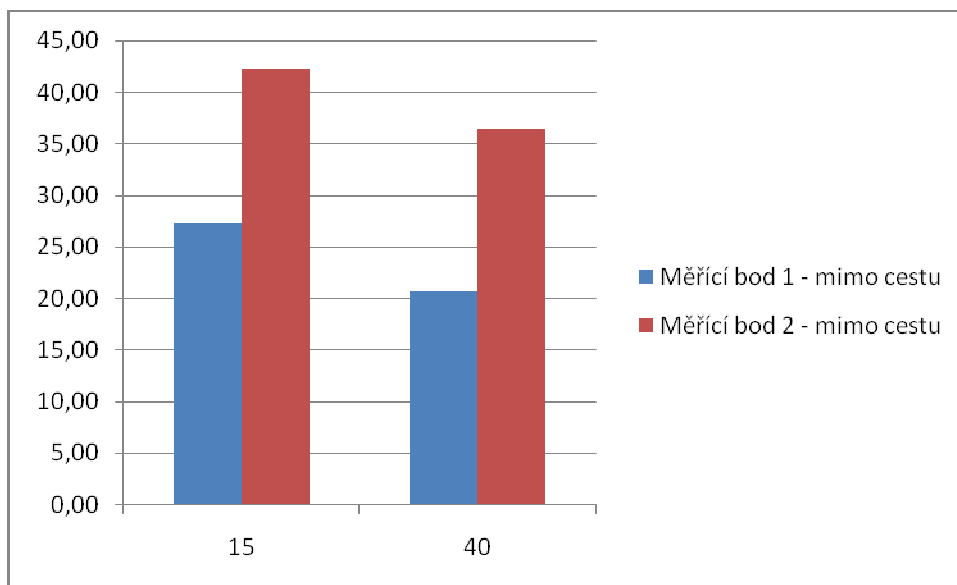
Graf 11: Procentuální vlhkost půdních vzorků ve stopě na stanovišti Borová Lada II

Obsah vody v půdních vzorcích odebraných v **druhém měřícím bodě** vykazoval dle tabulky 19 mnohem vyšší hodnoty. Oproti prvnímu měřicímu bodu je dosti veliký nárůst půdní vlhkosti ve stopě. Ten byl přisuzován blízkosti drobného vodního toku. Jak je zřejmé z Grafů 11 a 12 hodnoty naměřené na cestě a mimo ni se stejně jako u předchozího měřícího bodu od sebe viditelně odlišovaly.

Vzorky odebrané na cestě vykazovaly vysoké hodnoty obsahu vody a to jak v 15 cm, tak ve 40 cm zahloubení sběrače. Téměř shodné hodnoty byly zapříčiněny jednak vysokou hladinou spodních vod v blízkosti vodního toku, tak stojatou vodou ve stopě nedaleko místa odběru vzorků.

Vzorky odebrané mimo cestu měly mnohem vyšší procentuální obsah vody nežli vzorky na cestě. Opět lze říci, že se jednalo o vliv blízkého vodního toku.

Srovnají-li se tyto výsledky s hodnotami naměřenými na cestě, vyjde u odběru vzorků mimo cestu rozdíl hodnot v hloubce 15 cm o 14,53% vyšší, nežli u vzorku ve shodné hloubce na cestě. Ve 40 centimetrech zahloubení sběrače jsou hodnoty vyšší o 8,66% oproti měření ve stopě.



Graf 12: Procentuelní obsah vody v půdních vzorcích mimo cestu na stanovišti Borová Lada II

Druhý měřicí bod popisuje jev, ke kterému může velice často v Národním parku Šumava dojít. Půda je v takovýchto případech degradována a zbavena většiny přirozených funkcí půdního ekosystému. Zamokřená půda za pomoci četných přejezdů pod zatížením je téměř zbavena pórů, jelikož jsou stlačeny nebo vytěsněny vodou.

Způsobem, jakým lze tento problém vyřešit, je zamezení nebo alespoň snížení přejezdů v místě křížení vodního toku s vyvážecí linií. Možný způsob jak zamezit kontaktu s vodním tokem je vybudování provizorního přemostění z odřezků špiček těžného dřeva. Samotné naklazení klestu do místa křížení se nedoporučuje, jelikož by zde byla minimální účinnost. Došlo by sice ke snížení kontaktního tlaku na půdu, ale mohlo by dojít k rozvodnění v důsledku zacpání koryta klestem.

5.3 Lokalita Příklad

Tabulka 20: Hodnoty zahloubení stop na lokalitě Příklad

MĚŘENÁ STOPA	MĚŘÍCÍ BOD 1	MĚŘÍCÍ BOD 2	MĚŘÍCÍ BOD 3	MĚŘÍCÍ BOD 4
Zahloubení levé stopy ZL [cm]	5	6	10	23
	15	11	20	14
	7	8	25	15
Průměrná hloubka [cm]	9,00	8,33	18,33	17,33
Zahloubení pravé stopy ZP [cm]	6	5	22	18
	14	7	19	18
	5	10	22	21
Průměrná hloubka [cm]	8,33	7,33	21	19

Tabulka 21: průměrné hodnoty utužení v levé stopě na stanovišti Příklad

UL [MPa]											
Hloubka [cm]	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Měřicí bod 1	1,08	1,60	2,26	3,24	3,12	2,95	3,23	3,90	6,00		
Měřicí bod 2	0,46	0,88	1,78	2,28	2,82	3,10	3,32	4,50			
Měřicí bod 3	1,14	1,56	2,68	2,74	3,46	4,68	4,43	4,70	5,30	3,40	5,00
Měřicí bod 4	0,88	1,68	2,56	3,22	3,70	4,00	4,15	5,10	4,85	5,70	6,15
Měřicí bod 5	0,72	1,36	2,66	2,68	4,05	4,60	3,80	4,20			

Tabulka 22: průměrné hodnoty utužení v pravé stopě na stanovišti Příklad

Up [MPa]											
Hloubka	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Měřicí bod 1	1,05	1,73	1,97	2,73	3,73	3,80	3,94	3,84	5,73	4,40	4,90
Měřicí bod 2	0,60	1,12	1,50	2,08	3,46	3,70	3,96	3,57	4,05	4,20	4,60
Měřicí bod 3	1,18	1,42	2,28	3,26	4,08	4,50	4,88	4,80	5,65	6,05	
Měřicí bod 4	0,88	1,66	2,02	2,50	2,84	3,84	3,15	4,90			
Měřicí bod 5	0,73	2,05	3,18	3,45	4,65	3,90	4,30	5,00			

Tabulka 23: průměrné hodnoty utužení mimo cestu na stanovišti Přílba

Um [MPa]										
Hloubka	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Měřící bod 1	0,46	0,88	1,78	2,28	2,82	3,10	3,32	4,50		
Měřící bod 2	0,76	1,52	1,78	2,18	2,48	3,06	4,00	4,07	4,50	5,10
Měřící bod 3	0,80	1,26	1,72	2,24	3,00	3,48	4,07	4,27	3,95	
Měřící bod 4	0,58	1,20	1,45	1,98	2,33	3,40	3,98	4,60	4,7	4,80
Měřící bod 5	0,75	1,63	3,13	3,43	3,57	4,20				

Tabulka 24: Procentuelní vyjádření obsahu vody v půdních vzorcích na lokalitě Přílba

	ODBĚR VZORKŮ			
	Stopa v 15 cm [%]	Stopa ve 40 cm [%]	Mimo stopu v 15 cm [%]	Mimo stopu ve 40 cm [%]
Měřící bod 1	33,06	35,74	37,74	28,66
Měřící bod 2	40,62	29,81	49,09	47,64
Měřící bod 3	36,84	27,88	32,19	32,57
Měřící bod 4	52,94	38,76	37,6	29,32
Měřící bod 5	38,01	31,6	42,9	46,77

Množství vytěženého dřeva a zahloubení stop

Na přibližování 53,06 m³ dřeva byla použita pásová vyvážecí souprava TERRI. Tato mechanizace dle výpočtu vykonala v jedné stopě celkem 20 přejezdů, z toho 10 pod plným zatížením, které činilo 8 340 kg, a 10 pod vlastní vahou stroje (4340 kg).

Zahloubení stop bylo měřeno celkem na čtyřech měřících bodech z pěti, protože na prvním měřícím bodě byla položena vrstva klestu (Obrázek 30), ve které nebylo možno zahloubení kolejí určit. Nepatrný otisk stopy v půdě byl zapříčiněn snížením tlaku na půdu. Pomocí klestu byla hmotnost stroje rozložena na větší plochu, tudíž zahloubení stop zde nebylo patrné.

Na druhém, třetím, čtvrtém a pátém měřícím bodě bylo změřeno zahloubení levé i pravé stopy a naměřené hodnoty uvedeny v Tabulce 20. Jak vidíme v tabulce, na druhém a třetím měřícím bodě byla vypočítaná průměrná hodnota zahloubení vyšší než 7 cm. Uvedené hloubce odpovídá stav stopy, kde byl svrchní drn z větší části

proříznut a zatlačen i s větvemi a borůvkám. Podle Tabulky 6 se toto zahloubení stop hodnotí jako malé až středně velké.

U čtvrtého a pátého měřicího bodu lze z Tabulky 20 vyčíst nárůst zahloubení stop na hodnoty vyšší 15 cm. U čtvrtého bodu dosahovaly hodnoty zahloubení levé stopy (ZL) 18,33 cm a pravé stopy (ZP) 21 cm. V pátém měřicím bodě byla průměrná hodnota u pravé stopy 19 cm a u stopy levé 17,33 cm.



Obrázek 30: Klest vložený do stopy vyvážecí soupravy TERRI na lokalitě Přílba

(Foto: Vokáč)

Hodnoty zahloubení stop odpovídaly stavu, v jakém se stopy nacházely. Jak je patrné z Obrázků 31 a 32, došlo zde k viditelnému stlačení půdy a jejímu vytlačení z kolejí. Stopy byly podmáčené a v hlubokých rýhách se začala hromadit srážková voda, tím pádem byla půda devastována vodní erozí. Podle Tabulky 6 by měl být počet přejezdů se zatížením omezen na 3-5. Přípustná



Obrázek 31: Stopa na lokalitě Přílba

(Foto: Vokáč)

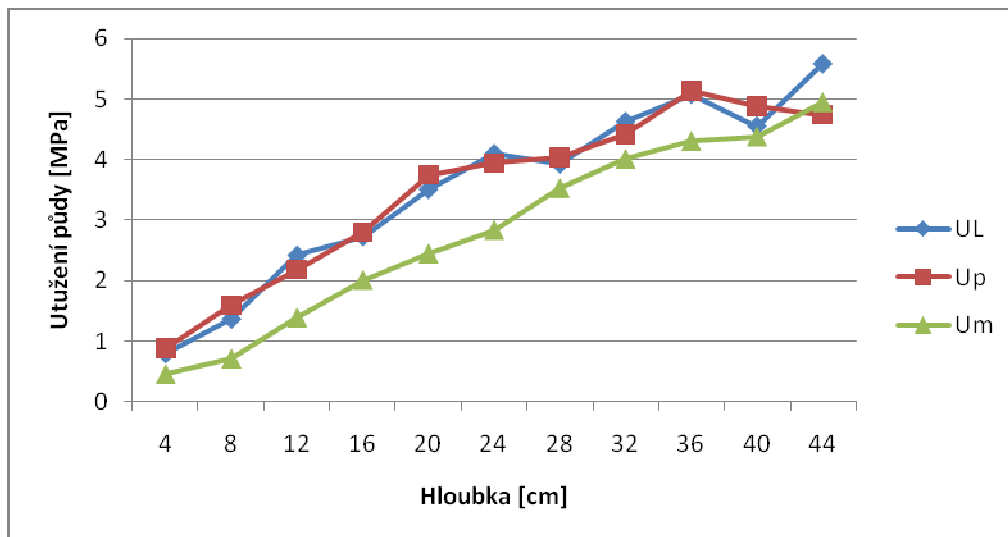
délka kolejí v tomto stavu by měla tvořit do 10 % z celkové délky vyvážecí linie. Skutečná délka však u takto poškozené půdy byla kolem 40 % z celkové délky cesty.



Obrázek 30: Stopa na lokalitě Přílba (Foto: Vokáč)

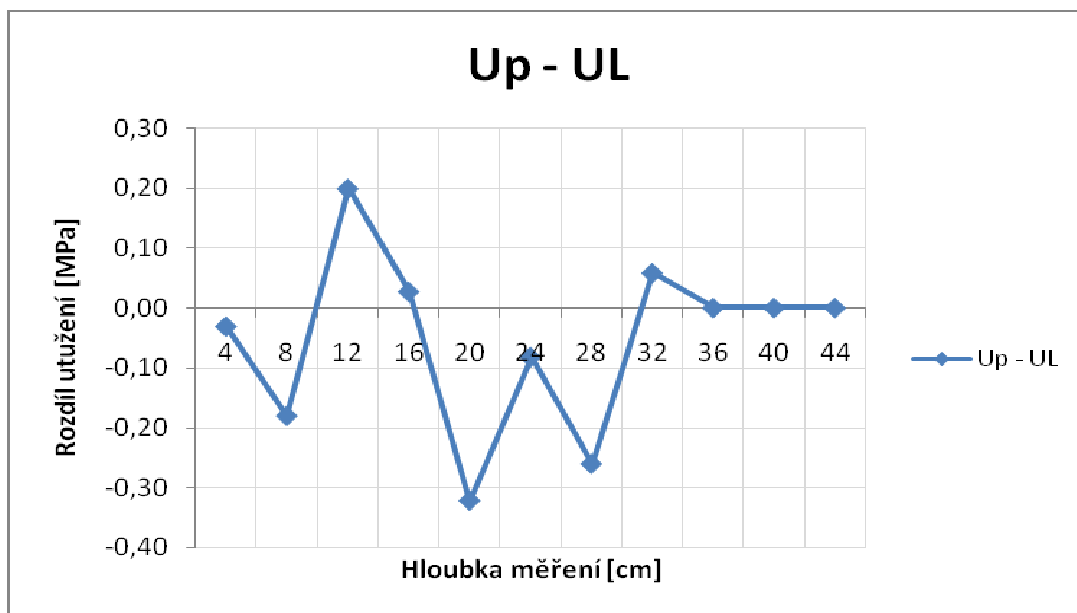
Utuzení půdy

Na stanovišti Přílba bylo provedeno na 5 měřících bodech celkem 69 měření jak mimo stopu, tak ve stopě. Veškeré naměřené hodnoty jsou uvedeny v příloze B. Tabulky 46 až 60. Z naměřených dat byly vypočteny průměrné hodnoty utužení pro levou stopu (UL), pravou stopu (Up) a utužení mimo cestu (Um). Průměrné hodnoty ze stanovišť jsou uvedeny v Tabulkách 21, 22 a 23.



Graf 13: Průměrné utužení půdy na lokalitě Přílba

Pomocí výše zmíněných tabulek byl zhotoven Graf 13, který zachycuje dobře patrné rozdíly mezi utužením půdy na cestě a mimo cestu. Odchytky mezi utužením levé stopy (UL) a pravé stopy (Up) jsou téměř nepatrné. V Grafu 14 jsou znázorněny výsledky těchto odchylek.

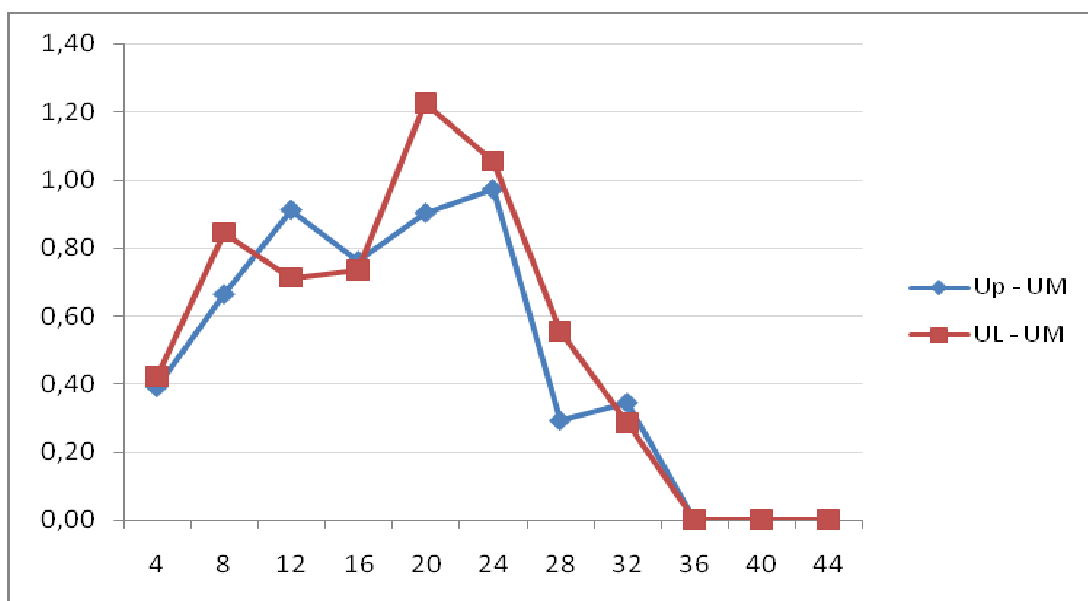


Graf 14: Rozdíly naměřených hodnot mezi Levou stopou UL a pravou stopou Up

Nízké hodnoty zhutnění na povrchu obou stop byly způsobeny rozrušením půdního drnu a zvýšenou vlhkostí zapříčiněnou deštěm. Proto hodnoty utužení ve 4 cm byly v obou stopách nižší (v pravé stopě 860 kPa a ve stopě levé 890 kPa). Rozdíl naměřený ve 4 cm zahloubení penetrometru se pohyboval okolo 30 kPa.

Průměrné hodnoty odchylek utužení mezi levou a pravou stopou po celou dobu měření nepřesáhly více než 320 kPa. Z Grafu 14 lze usoudit, že zhutnění půd ve stopách bylo téměř shodné a tím pádem i zatížení stop bylo rovnoměrné.

Nejvyšší průměrná hodnota utužení (5,5 MPa) byla naměřena v hloubce 44 cm.



Graf 15: Rozdíly utužení půdy mezi levou stopou UL a utužením mimo stopu a Up a utužením mimo stopu

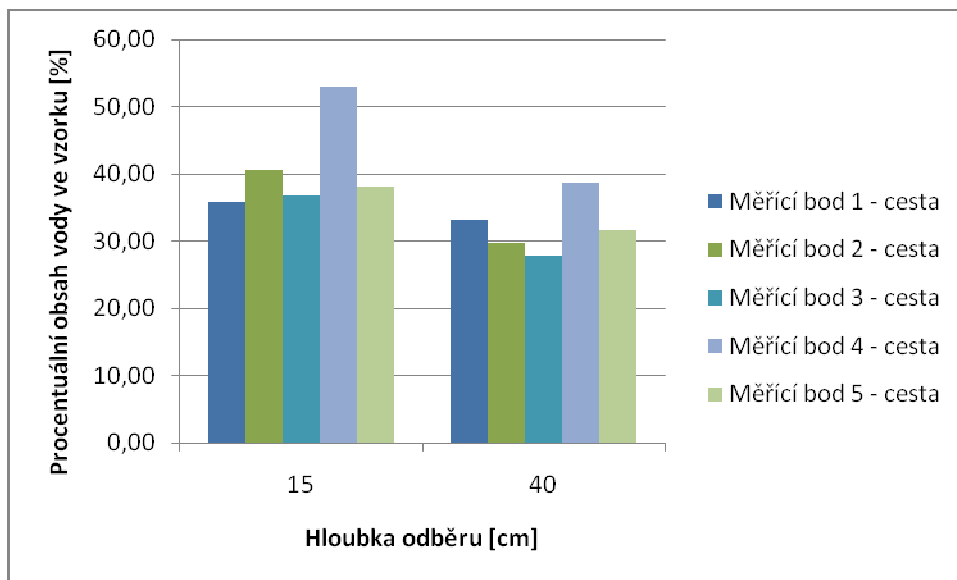
Na základě Grafu 13 můžeme říci, že utužení půdy mimo stopu je jednoznačně nižší než ve stopách. Pro lepší názornost a porovnání rozdílů zhutnění byl vytvořen Graf 15, který znázorňuje odchylky mezi zhutněním půdy v pravé i levé stopě a zhutněním půdy mimo cestu. Rozdíly byly větší od hloubky 8 cm, kdy ve srovnání s levou stopou činilo utužení mimo cestu o 650 kPa méně, v případě pravé stopy se pak hodnota utužení mimo cestu snížila o 840 kPa.

Odchylky v utužení půdy ve stopách a mimo vyvážecí linii s větší hloubkou narůstaly až do dosažení svého maxima. U pravé stopy maximální rozdíl činil 970 kPa v hloubce 24 cm, v levé stopě 1,22 MPa v hloubce 20 cm. Poté se rozdíly jak u levé tak u pravé stopy snižovaly, až do 36 cm zahloubení penetrometru od kdy začaly být nulové.

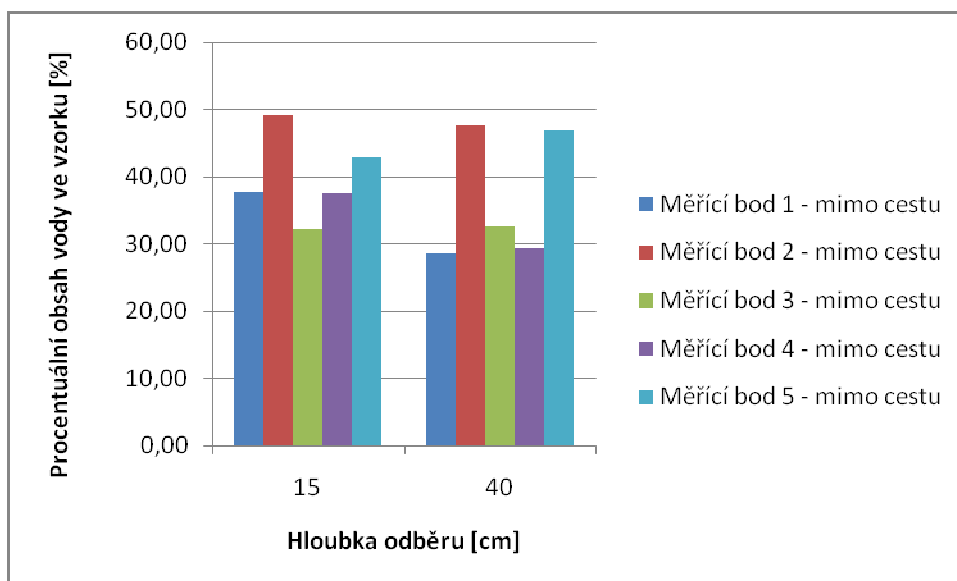
Veškeré naměřené hodnoty vypovídají o negativním vlivu mechanizace na půdní ekosystémy. V horních vrstvách stopy došlo ke značnému utužení půdy. Hodnoty naměřené hlouběji než 28 cm měly odchylku od utužení mimo cestu nižší, což bylo zapříčiněno jílovitým podkladem v hlubších vrstvách půdy.

Vlhkost půdních vzorků

V lokalitě Přílba bylo odebráno celkem 20 vzorků půdy, z toho 10 na cestě a 10 mimo stopu. Z naměřených a vypočtených hodnot byla sestavena Tabulka 24 a vykresleny Grafy 16, 17.



Graf 16: Procentuelní znázornění obsahu vlhkosti v půdních vzorcích na cestě v lokalitě Přílba



Graf 17: Procentuelní znázornění obsahu vlhkosti v půdních vzorcích odebraných mimo cestu na lokalitě Přílba

Z Grafů 16 a 17 jsou dobře vidět rozdíly změn vlhkosti v půdě mimo cestu a ve stopě. U vzorků odebraných ve stopě s narůstající hloubkou obsah vody klesal. Vzhledem k dlouhodobě nepříznivému počasí byly vyšší hodnoty v 15 cm hloubky očekávány. Nižší hodnoty ve spodních vrstvách půdy tak dokazují, že četnými

přejezdy pod zatížením ve stopě se zasakovací schopnost půdy zhoršuje. Nejvíce je tento rozdíl patrný na měřicím bodě 2, kde byla vlhkost půdních vzorků mimo cestu v 15 cm hloubky o 8,48 %, a v hloubce 40 cm o 17,83 % vyšší oproti vzorkům odebraných na cestě.

Výjimkou byl pouze měřicí bod 4, kde naměřené hodnoty ve stopě přesahovaly vlhkost mimo stopu. Rozdíl zde činil v 15 cm 15,34 % a ve 40 cm zahloubení sběrače 9,4 %. Tato odlišnost byla způsobena nejenom nevhodnými meteorologickými podmínkami při měření, ale také jílovitým půdním podkladem, který vykazuje větší vlhkost oproti ostatním půdám.

5.4 Lokalita Kvilda

Tabulka 25: Zahloubení stop na lokalitě Kvilda

MĚŘENÁ STOPA	MĚŘÍCÍ BOD 1	MĚŘÍCÍ BOD 2	MĚŘÍCÍ BOD 3	MĚŘÍCÍ BOD 4	SKLÁDKA DŘEVA
Zahloubení levé stopy (ZL)	8	8	6	7	16
	7	8	8	12	13
	9	11	5	15	17
Průměrná hloubka [cm]	8,00	9,00	6,33	11,33	15,33
Zahloubení pravé stopy (ZP)	7	4	7	13	14
	6,5	3	7	14	18
	7	5	8	10	16
Průměrná hloubka [cm]	6,83	4,00	7,33	12,33	16,00

Tabulka 26: průměrné hodnoty utužení v levé stopě na stanovišti Kvilda

UL [MPa]									
Hloubka	4	8	12	16	20	24	28	32	36
Měřicí bod 1	1,08	1,83	2,80	2,70	3,60	4,05	4,25	4,25	4,75
Měřicí bod 2	1,10	1,18	1,68	2,50	4,40				
Měřicí bod 3	1,36	2,18	2,52	3,18	3,18	3,63	5,75	5,90	6,10
Měřicí bod 4	1,12	2,50	3,20	4,50	3,86	4,50	4,73	5,10	

Tabulka 27: průměrné hodnoty utužení v pravé stopě na stanovišti Kvilda

Up [MPa]											
Hloubka	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Měřicí bod 1	1,03	1,78	2,18	2,68	2,93	3,45	3,30	4,05	4,18	4,48	5,26
Měřicí bod 2	1,48	2,43	2,48	4,00	4,10	4,50					
Měřicí bod 3	1,30	1,98	2,73	3,62	3,62	4,77	4,77	5,17	5,95	5,30	
Měřicí bod 4	1,16	2,30	2,94	3,32	3,80	4,98	5,10	4,50			

Tabulka 28: průměrné hodnoty utužení mimo cestu na stanovišti Kvilda

Um [MPa]										
Hloubka	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Měřící bod 1	v	1,30	1,45	1,55	2,05	3,25	3,80	5,05	4,90	5,00
Měřící bod 2	0,56	1,10	1,80	2,64	3,16	3,52	4,34	5,03	5,53	5,60
Měřící bod 3	0,68	1,13	1,28	1,33	1,95	2,58	3,58	3,45		

Tabulka 29: Procentuelní vyjádření obsahu vody v půdních vzorcích na lokalitě Kvilda

	ODBĚR VZORKŮ			
	Stopa v 15 cm [%]	Stopa ve 40 cm [%]	Mimo stopu v 15 cm [%]	Mimo stopu ve 40 cm [%]
Měřící bod 1	33,39	27,78	21,46	23,48
Měřící bod 2	45,45	25,36	23,87	27,32
Měřící bod 3	17,95	25,72	37,74	28,78

Množství vytěženého dřeva a zahloubení stop

Ve zkoumané lokalitě byly vytyčeny celkem 4 měřící body. Vlastní vyvážecí linie byla sice delší, ale protože byla vybudována na bývalé zpevněné lesní cestě, kde hloubka půdy činila přibližně 15 cm a pod touto vrstvou se nacházela kamenná drť s kameny o velikosti do 10 cm, nebylo možné provést více měření utužení a odběrů půdních vzorků.

Vzhledem k tomu, že na této lokalitě bylo vytěženo celkem 58 m³ dřeva, četnost přejezdů soupravy TERRI po vyvážecí linii byla stanovena na 11 jízd ve stopě pod zatížením. Jednalo se o nejvyšší počet přejezdů ze všech měřených lokalit. Z důvodu tak vysokého počtu přejezdů zde byla předpokládána větší devastace půdy a s ní spojené vyšší hodnoty hloubky stop.

Naměřená zahloubení stop jsou uvedena v Tabulce 25. Nedosahují však výrazně vyšších hodnot v porovnání s ostatními lokalitami. Průměrné hodnoty se pohybují od 5 do 12 cm. Největší poškození horní vrstvy půdy bylo zjištěno na skládce dřeva (Obrázek 33), kde vlastní stopy nepřesahovaly svou hloubkou 15 cm, ale díky četným přejezdům v mírném svahu a větší manipulaci se strojem zapříčinily

vytlačování půdy po svahu dolů. Tento děj vedl k vytvoření nánosu půdy ve spodní části stopy, která svou výškou značně vyčnívala nad okolní terén. Výška nánosu byla brána jako hodnota zahloubení stop a byla rovněž zaznamenána do Tabulky 25.

Vytvořená bariera z vytlačené půdy způsobila zadržování dešťové vody ve svahu a vedla k vytvoření rozbahněné stopy. Po vysušení poškozené stopy se vytvořila na povrchu půdy tvrdá křusta, která zabraňovala prostupu vzduchu a vody do půdy.

Až na tuto výjimku byla půda ve stopách vyhodnocena jako málo až středně poškozená.



Obrázek 31: Skládka dřeva na stanovišti Kvilda

(Foto Vokáč)

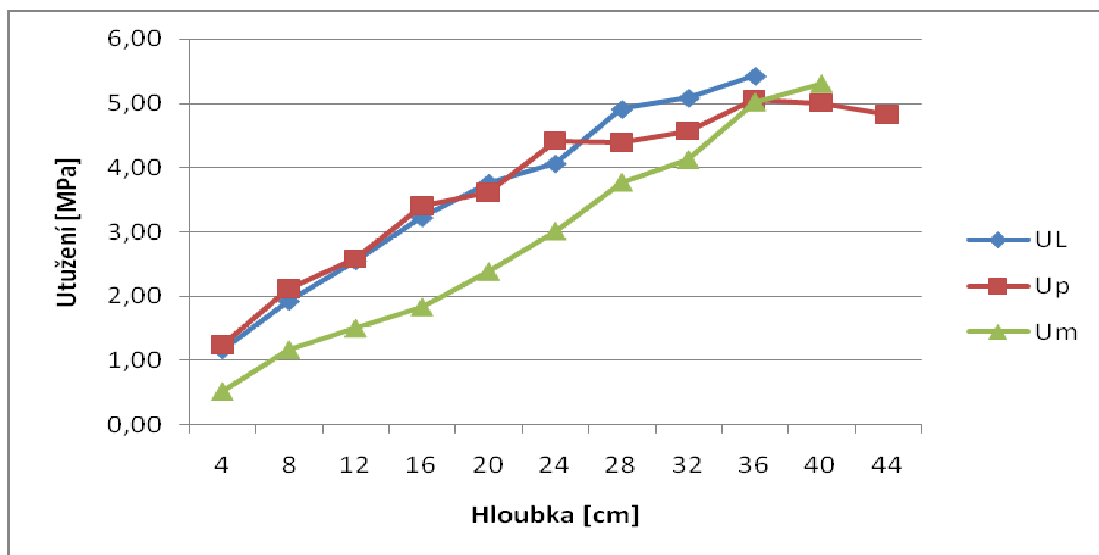
Utuzení půdy

Jak již bylo uvedeno výše, celkem byly v lokalitě vytyčeny 4 měřící body. Jelikož dva měřící body byly umístěny na skládce dřeva ve vzdálenosti kratší než 10 m, byl pro tyto dva měřící body určen jen jeden porovnávací bod sloužící k měření utužení mimo cestu.

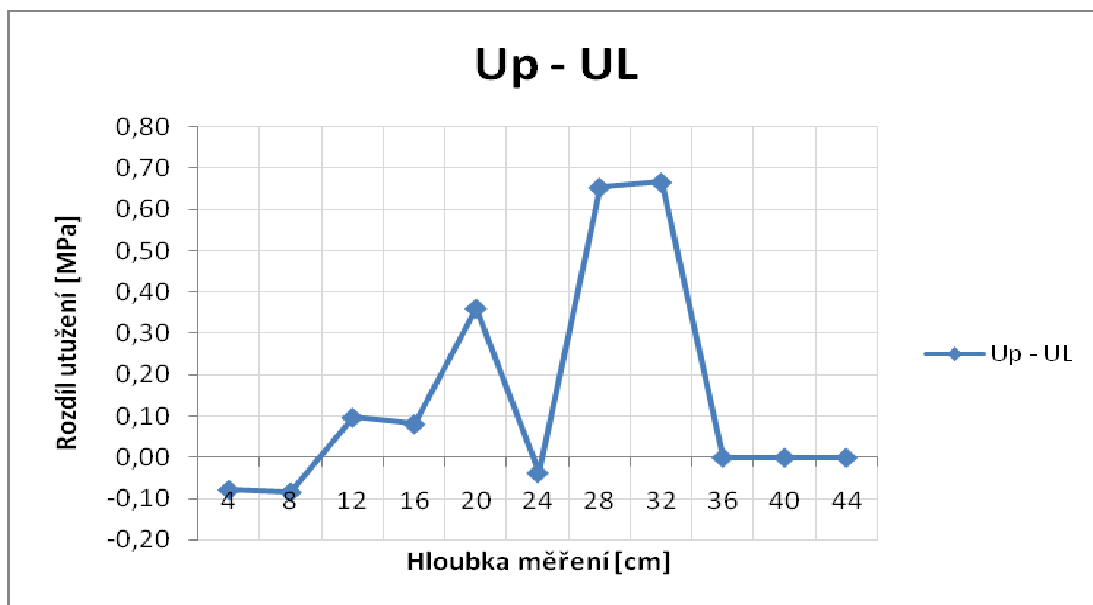
Veškeré naměřené údaje utužení jsou uvedeny v příloze B v tabulkách 61 až 74. Z naměřených dat byly vypočteny průměrné hodnoty utužení na jednotlivých měřících bodech zaznamenané do Tabulek 26, 27, 28. Dle těchto průměrných hodnot byly zhotoveny Grafy 18, 19 a 20, které názorně zobrazují utužení půdy na cestě i mimo ni v závislosti na hloubce měření.

V Grafu 18 vidíme porovnání naměřeného utužení na cestě a zhutnění půdy mimo cestu. Nejvyšší hodnoty utužení se pohybovaly okolo 5,5 MPa v hloubce 36 cm v levé stopě.

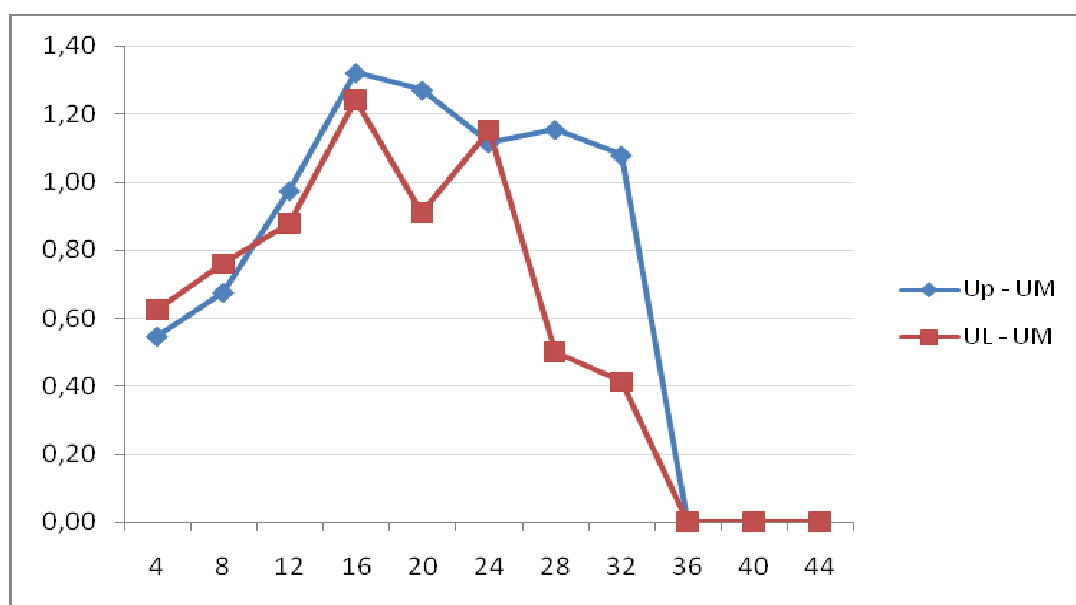
V Grafu 19 je zobrazen rozdíl mezi utužením půdy v levé a pravé stopě. Rozdíl je patrný již v hloubce 4 cm zahloubení penetrometru, kdy průměrné hodnoty utužení levé stopy (UL) činily 1,16 MPa a utužení pravé stopy (Up) bylo o necelých 80 kPa vyšší. Lze tedy říci, že počáteční hodnoty byly téměř shodné. Rozdíly utužení půdy mezi jednotlivými stopami dosáhly svého maxima v hloubce 32 cm, kdy odchylka dosahovala 670 kPa. Dále můžeme říci, že pravá stopa byla oproti levé více namáhána. To bylo způsobeno svahovitým terénem, který více zatěžoval pravou stopu při přejezdu mechanizace pod zatížením. Oproti tomu rozdíl mezi utužením na cestě a mimo ni byl značný. Mimo cestu (Um) bylo ve 4 cm zahloubení penetrometru naměřeno 0,53 MPa, což je hodnota ve srovnání s utužením na cestě nižší o 710 kPa. Graf 20 zobrazuje vývoj rozdílů průměrných hodnot utužení půdy na cestě a mimo ni v závislosti na hloubce měření. Z grafu je vidět, že penetrometrický odpor půdy mimo cestu byl nižší než zhutnění půdy na cestě. Rozdíl utužení půdy ve stopách a mimo vyvázeční linii se začal, stejně jako u předchozích stanovišť, výrazně zvyšovat jak u pravé tak u levé stopy již od 4 centimetrů zahloubení penetrometru. Rozdíl zde činil ve srovnání s pravou stopou 550 kPa a u levé stopy 620 kPa. Maximum bylo naměřeno v hloubce 16 cm. Zde odchylky činily u pravé stopy 1,32 MPa a u levé stopy 1,24 MPa. Poté se začal rozdíl mezi utužením půdy ve stopě a mimo ni snižovat až do hloubky 36 cm..



Graf 18: Průměrné utužení půdy na lokalitě Kvilda



Graf 19: Rozdíly naměřených hodnot mezi Levou stopou UL a pravou stopou Up



Graf 20: Rozdíly utužení půdy mezi levou stopou UL a utužením mimo stopu a Up a utužením mimo stopu

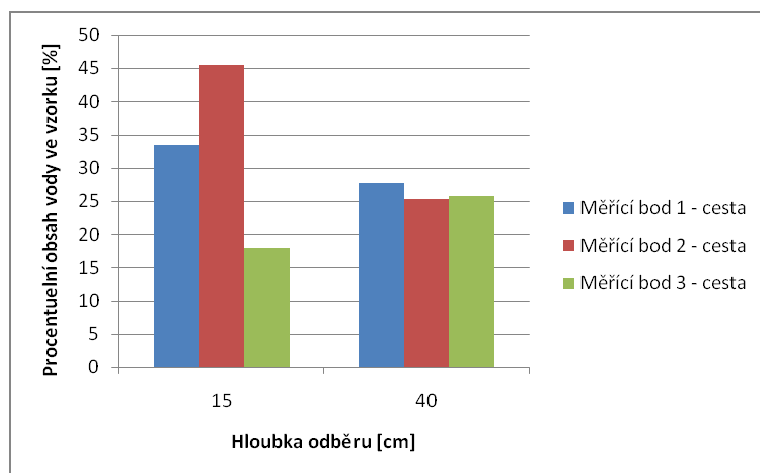
Vlhkost půdních vzorků

Jak již bylo řečeno v úvodu této kapitoly, dva z měřících bodů byly vybrány na skládce dřeva, která vykazovala velké známky půdní degradace. Pro tyto dva body byl pro srovnání odebrán pouze jeden vzorek mimo cestu, jelikož vzdálenost mezi měřícími body nepřesahovala 10 m.

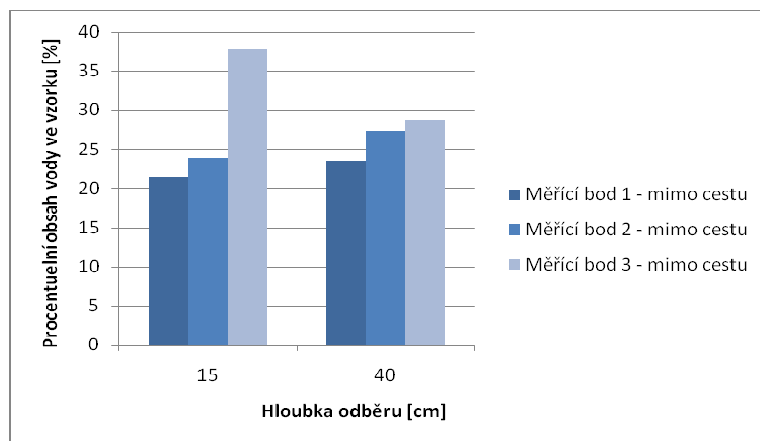
Naměřené hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 29, ze které byly následně vyhotoveny Grafy 21 a 22 znázorňující změnu vlhkosti půdy způsobenou přejezdy.

Z Grafu 21 je na cestě patrný vyšší obsah vlhkosti v půdních vzorcích odebraných z hloubky do 15 cm. Hodnoty obsahu vody ve vzorku zde činily u prvního měřicího bodu 33,4 %, u druhého bodu přesahovaly 45 %. Výjimkou byl pouze vzorek na třetím měřicím bodě, který obsahoval 17,95 % vody. Nižší hodnota byla zapříčiněna umístěním měřicího bodu v hlubší stopě s rozříznutým svrchním drnem a s odkrytou zeminou. Toto místo bylo v době měření vystaveno po celý den intenzivnímu slunečnímu záření, protože se nacházelo v blízkosti louky. Docházelo zde tak ke zvýšení výparu ze svrchní části půdy. Proto jsou hodnoty v 15 centimetrech zahloubení sběrače o poznání nižší, nežli je tomu u předchozích měřicích bodů.

Ve 40 cm hloubky se obsah vody v půdě výrazně snížil. U prvního měřicího bodu činil 27,8 procent hmotnosti vzorku. Oproti tomu velký rozdíl byl naměřen ve druhém měřicím bodě, kde vlhkost klesla z původních 45 % na 25,4 %. Tato výrazná změna byla zřejmě způsobena značným utužením půdy a tím pádem zhoršením vsakovacích vlastností půdy.



Graf 21: Procentuelní obsah vody v půdním vzorku odebraném na cestě na lokalitě Kvilda



Graf 22: Procentuelní vyjádření obsahu vody ve vzorcích odebraných mimo cestu na lokalitě Kvilda

Naměřená vlhkost vzorků odebraných mimo cestu vykazovala dle Grafu 22 spíše opačný jev. Hodnoty v hloubce 15 cm dosahovaly 21,5 % obsahu vody ve vzorku u prvního měřicího bodu a 23,87 % u druhého měřicího bodu. Ve třetím bodě činila momentální hmotnostní vlhkost 37,74 %. Hodnoty ve 40 cm zahloubení sběrače byly vyšší, jelikož utužení půdy bylo mnohem menší a s tím souvisel i menší odpor při prosakování vody do hlubších vrstev. Tento jev zapříčinil, že hodnoty v prvním měřicím bodě byly 23,48 %, ve druhém 27,32% . U třetího měřicího bodu činil obsah vody ve vzorku 28,78 %.

Veškeré půdní vzorky odebrané mimo vyvážecí linii dokazují, že rozdíl obsahu vody před přejezdem a po přejezdu mechanizace je znatelný. Hlubší vrstvy půdy obvykle obsahují vyšší procento vody, jelikož zde mají přirozené podmínky pro vsakování. Přejezdy je půda ve stopě ztuhne a dochází tak k destrukci pórů. Tím je zapříčiněna vyšší vlhkost v horní části půdy a nižší v hlubších částech.

5.5 Porovnání stanovišť a návrhy opatření

Porovnávání zahloubení stop

Pro vyhodnocení stanoviště s největším zahloubením stop muselo být u všech měřených lokalit nejdříve porovnáno množství těžného dřeva, hmotnosti přibližovací mechanizace a četnosti přejezdů (tabulka 30).

Tabulka 30: Porovnání jednotlivých mechanizací a stanovišť

Typ mechanizace	Váha pod maximální zátěží [kg]	Lokalita	Objem těžby [m ³]	Počet přejezdů	Zahloubení (pořadí od nejhlubšího)	Zhutnění (pořadí od nejvyššího)
TERRI	8 340	Kvilda	58	11	3.	3.
TERRI	8 340	Přilba	53,06	10	1.	4.
VIMEK	5 950	Borová Lada	35,7	5	4.	2.
KAPSEN	1 690	Borová Lada II	9,15	6	2.	1.

Lokalitou s nejvyššími průměrnými hodnotami zahloubení stop byla Přilba. Vysoké hodnoty byly ovlivněny kromě váhy stroje také nepříznivými meteorologickými podmínkami při těžbě a nevhodně volenou trasou vyvážecí linie, jež byla vedena místy s jílovitým podkladem. To zapříčinilo velké hloubky stop s vytlačenou půdou do stran a vznik ploch zadržujících srážkovou vodu. Jako druhé stanoviště s nejhlubšími stopami bylo vyhodnoceno stanoviště Borová Lada II, kde byla velká hloubka stop způsobena opětovně nepřízní počasí a křížením vyvážecí cesty s malým vodním tokem.

Nižší hloubky stop byly naměřeny na vyvážecí linii v lokalitě Kvilda. I když se jednalo o lokalitu s největším počtem přejezdů ve stopě a s nejvyšším množstvím vytěženého dřeva, bylo zde zahloubení stop na většině území minimální. Jedinou výjimku tvořila skládka dřeva, kde půda byla četnými přejezdy vytlačována směrem po svahu dolů.

Jako stanoviště s nejméně zahloubenými stopami byla z naměřených hodnot vyhodnocena Borová Lada. Až na drobná místa s hlubšími stopami způsobenými měkčím podložím, bylo zahloubení stop ve srovnání s ostatními lokalitami nejnižší. Jak vidíme ze zjištěných hodnot, kromě váhy mechanizace a počtu přejezdů má na velikost zahloubení stop vliv volba vyvážecí trasy, zpevněnost terénu, meteorologické podmínky.

Zhutnění půdy (penetrometrický odpor):

Pro vyhodnocení lokalit s nejmenším penetrometrickým odporem, a tím pádem s nejmenším zhutněním půdy, byly užity pro srovnání průměrné hodnoty utužení stop a jejich odchylky od zhutnění půdy mimo cestu.

Na základě zjištěných hodnot bylo nejvyšší zhutnění půdy a tudíž i destrukce půdních pórů prokázána na stanovišti Borová Lada II. Penetrometrický odpor vykazoval nejvyšší rozdíly utužení půdy v prvním měřicím bodě. U druhého měřicího bodu byly hodnoty utužení nižší, jelikož zde došlo k proniknutí vody do stop vyvážecí linie.

Druhá lokalita s vysokými hodnotami utužení půdy byla Borová Lada. Rozdíly hodnot utužení půdy ve stopě a mimo ni byly značně odlišné. Důvodem těchto velkých rozdílů byla zřejmě půda s nižší únosností, která po přejezdu těžké mechanizace měla větší náchylnost na stlačování pórů, čímž došlo k nárůstu penetrometrického odporu v půdě.

Lokalitou s nižším utužením půdy byla Kvilda. Jak již bylo uvedeno v hodnocení zahloubení stop, jednalo se o lokalitu s největším zatížením půdy z hlediska množství vyvezeného dřeva, hmotnosti stroje a četnosti přejezdů. Avšak vhodné umístění části přibližovací cesty a příznivé meteorologické podmínky při přibližování dřeva vedly k nízkým rozdílům mezi zhutněním půdy ve stopě a mimo ni.

Nejmenší rozdíly mezi utužením půdy ve stopě a mimo ni vykazovalo stanoviště Přílba a to i přes nejvyšší zahloubení stop. Jednalo se totiž o půdu s vysokou únosností. Dále se na nízkých hodnotách projevil místy kladený klest do stopy, který zhutnění půdy při přejezdu snižoval.

Z těchto výsledků vyplývá, že hloubka stop nemusí být vždy úměrná zhutnění půdy (Penetrometrickému odporu). Mechanizace použitá na lokalitách s nejmenším utužením půdy byla vyvážecí souprava TERRI. Lepší konstrukce pásového

podvozku a tím pádem kvalitnější rozložení váhy stroje na větší plochu zapříčinila nižší hodnoty utužení půdy. Dalším činitelem ovlivňujícím zhutnění půdy je hustota kořenové soustavy, díky které je možno váhu stroje působící na půdu rozložit na větší plochu.

Obsah vody v půdních vzorcích:

Jelikož každé stanoviště bylo vystaveno jiným vlhkostním podmínkám, nelze porovnávat hodnoty vlhkosti půdy v 15 cm a ve 40 cm zahloubení sběrače u jednotlivých stanovišť mezi sebou. Z tohoto důvodu byla u jednotlivých lokalit porovnávána změna vlhkosti v 15 a 40 centimetrové hloubce. U většiny měření vlhkosti půdních vzorků ve stopě byla zjištěna vyšší vlhkost v 15 centimetrové hloubce nežli ve 40 cm zahloubení sběrače. Tento jev byl zapříčiněn zhutněním horní vrstvy půdy a tím pádem zhoršením pronikání vody do spodních vrstev. Díky tomuto ději je tak sníženo i vztlínání vody vzhůru ke kořenům rostlin.

6 Návrhy opatření

Pro navržení vhodných opatření, která by měla omezit či úplně eliminovat negativní vliv vyvážecí mechanizace na půdní ekosystémy, je vhodné nejprve shrnout problematiska místa v měřených lokalitách.

- 1) U lokality **Borová Lada** byla z naměřených hodnot zjištěna v určitých místech měkká půda s nižší únosností. Přejezdy pak došlo k navýšení penetrometrického odporu půdy, omezení přístupu vody a vzduchu do spodních vrstev, což vedlo k omezení půdních reakcí a veškerého života v půdě. Na těchto místech s nižší únosností byly tvořeny hlubší stopy okolo 12 cm a četnými přejezdy docházelo k rozrývání půdního drnu.

Opatření: Způsob, jakým by bylo možné tento vliv mechanizace v problematiských místech eliminovat, je snížením kontaktního tlaku stroje s půdou, a to pomocí kladení klestu z těžných stromů do stopy, využitím kolopásů nebo použitím pásové vyvážecí soupravy TERRI. Druhou možností eliminace vlivu mechanizace je při plánování vyvážecí cesty změřit penetrometrem utužení půdy na plánované trase. V případě, že by se vyskytla

místa s nižšími hodnotami oproti ostatním, bylo by možné se těmito místům vyhnout a celou trasu vést místy s únosnějším podložím.

- 2) V lokalitě **Borová Lada II** byly na prvním měřícím bodě zjištěny vyšší hodnoty zahloubení stop, které byly způsobeny četnými přejezdy mechanizace ve stopě při nepříznivém počasí. Došlo tak k narušení svrchního drnu a nárůstu zhutnění půdy. Druhý měřící bod byl mnohem více problematický, jelikož se v něm křížila přibližovací cesta s malým vodním tokem. V tomto místě došlo k rozsáhlému zamokření půdy v horních i spodních vrstvách, což vedlo k vytěsnění všech pórů vodou.

Opatření: Doporučením pro snížení veškerých negativních vlivů mechanizace na půdní ekosystémy v této lokalitě je **neprovádění přibližovacích prací při dešti a nepřízni počasí**, jelikož svrchní půdní drn je v tuto chvíli mnohem náchylnější k proříznutí, nežli je tomu za suchého počasí. Možností jak by se dalo narušení půdního povrchu snížit i přes nepřízeň počasí, by bylo opět položením klestu do stopy, čímž by se váha stroje rozložila na mnohem větší plochu a kontaktní tlak s půdou by se snížil. Druhou možností je využití pásové vyvážecí soupravy TERRI, která by snížila počet přejezdů ve stopě na 2 jízdy pod zatížením.

Místo, ve kterém se vyvážecí linie kříží s vodním tokem a způsobuje tak značnou devastaci půdy, je názorná ukázka neuvážených následků těžby. V tomto případě lze při přibližování dřeva doporučit vybudování provizorního přemostění z odřezků těženého dřeva. Vzhledem k šířce koryta toku by bylo zapotřebí 2 m dlouhé silnější větve nebo špičky stromů, které by byly kladeny v ose vyvážecí cesty. Tím by se tlak působící na stěny koryta vodního toku snížil a nedošlo by k jeho destrukci. Naklazení klestu do místa křížení se nedoporučuje, jelikož by zde byla minimální účinnost a hrozilo by zanesení toku a jeho následné vylití.

- 3) V lokalitě **Přilba** bylo značné narušení půdního povrchu opět způsobeno velkým množstvím přejezdů v nepříznivém počasí a dešti. Navíc v části vyvážecí cesty byl pod svrchní vrstvou půdy jíl. Tato devastace půdy

způsobila velké ztráty humusu a půdních částic vodní erozí. Veškeré organismy, které byly závislé na úživné vrstvě půdy, byly do značné míry ovlivněny tím, že na větší části vyvážecí cesty docházelo k vytlačování půdy do stran.

Opatření: Způsobem, jakým lze eliminovat tak vysoké zahloubení stop je **neprovádět manipulaci s těžkou vyvážecí mechanizací při dešti** a větší vlhkosti půdy. Dalšími možnostmi jakými je možné tento negativní dopad na půdu zmírnit, jsou:

a) kladení klestu z těžných stromů do stop a v případě vytvoření větších nerovností položit kolmo na osu cesty špičky těžných stromů nebo silnější větve s průměrem do 10 cm. Funkčnost tohoto opatření byla prokázána na prvním měřícím bodě stanoviště, kde byl klest kladen do stopy ve vzdálenosti cca 15 – 20 cm od sebe. Utužení půdy zde mělo minimální odchylky od zhutnění půdy mimo cestu. Zahloubení stop bylo těžko patrné.

b) snížení počtu přejezdů ve stopě pod zatížením. Způsob jakým lze toto realizovat je následovný. Dojde-li při probíhající přibližování dřeva lokálně na přibližovací cestě k většímu narušení půdního drnu a stopy jsou již dobře patrné, je nutné dle množství vytěženého dřeva a použité mechanizace vypočítat přibližné množství přejezdů, které vyvážecí souprava ještě musí provést, aby zbylou dřevní hmotu vyvezla. Přesáhne-li počet přejezdů ve stopě pod zatížením více než 5 jízd, je zapotřebí změnit trasu vyvážecí linie, jinak by hrozilo velké poškození půdy stejně jako v lokalitě Přílba.

- 4) Lokalita **Kvilda** vykazovala velké narušení svrchní vrstvy půdy i s vysokým zhutněním v místě skládky dřeva. Důvodem této devastace byly četné přejezdy a manipulace při skládání dřeva do hrání. Způsob, jakým lze devastaci předejít či ji zmírnit, je zpevnění vyvážecí cesty v oblasti, kde je plánována skládka dřeva. Opatřením by ale došlo k úplnému zničení půdních ekosystémů. Druhou možností je po ukončení těžby daná problematická místa zpracovat lesní frézou, která prokypří a urovná narušenou půdu. Zhutnění se ale tímto způsobem zlepšuje pouze ve svrchních vrstvách půdy, tudíž nelze tuto technologii použít v případě lokalit s vysokým zhutněním půdy.

7 Závěr

V úvodní části práce byla zpracována rešerše zabývající se problematikou Národního parku Šumava, těžbou dřeva a jejím vlivem na půdní ekosystémy. Na základě provedené analýzy bylo zjištěno, že nejčastěji využívanou mechanizací při přibližování dřeva na území NP Šumava jsou vyvážecí soupravy s hmotností do 5 tun. I když se jedná o jednu z nejlhčích vyvážecích mechanizací, přesto do značné míry ovlivňují půdní ekosystémy.

V měřených lokalitách na vyvážecí cestě byl zjištěn značný nárůst zhutnění půdy, který má negativní vliv na vodní i vzdušný režim půdy. Tyto režimy jsou pro veškeré živé organismy v půdě nezbytné. Dalšími negativními vlivy, jimiž přibližovací mechanizace působí na půdní ekosystémy, jsou rozrývání půdního drnu a velké zahloubení stop. Tímto dochází k obnažení svrchní vrstvy půdy, jejímu vytlačení do stran a vyplavení živin. Vzniklá cesta se stává náchylnější k zadržování srážkové vody ve vytvořených prohlubních, kde hrozí značná degradace půdy vodní erozí. Jak bylo měřením zjištěno, kříží-li se cesta s vodním tokem nebo melioračním svodem, je riziko vodní eroze mnohem vyšší a půda se v takovém případě stává anaerobním prostředím, jelikož jsou zaplněny vodou i póry v hlubších vrstvách.

Další rizikovou oblastí je skládka dřeva, kde bylo zjištěno jak vysoké zhutnění půdy, tak i rozrušení půdního povrchu. Důvodem této degradace půdy byly četné přejezdy manipulační techniky v jedné stopě a to v důsledku skládání dřeva do hrání.

Výsledky měření ukazují, že největší vliv na půdní ekosystémy mají:

- Objem těžného dřeva
- Druh podvozku a hmotnost přibližovací mechanizace
- Meteorologické podmínky při přibližování
- Četnost přejezdů
- Půdní podloží

Následující navrhovaná opatření přispívají ke snížení dopadu manipulační techniky na poškození půdních ekosystémů.

- Za pomoci penetrometru lokalizovat místa s nižší únosností půdy a následně důkladně naplánovat trasy vyvážecích cest.

- Dále je zapotřebí vypočítat přibližné množství přejezdů mechanizace ve stopě pod zatížením. Objeví-li se na cestě po několika přejezdech hluboké stopy, pak je nutné dle výpočtu zvážit naplánování nové vyvážecí cesty.

- Před vlastním zahájením vyvážecích prací je důležité vybrat typ mechanizace s vhodným podvozkem pro dané území. Při volbě je nezbytné zvažovat i členitost a svahovitost terénu.

Z provedených měření bylo zjištěno, že železný kůň KAPSEN s pásovým podvozkem a kolová vyvážecí souprava VIMEK 608 vykazovaly mnohem vyšší zhutnění půdy nežli pásová vyvážecí souprava TERRI.

- Při již probíhající těžbě lze zmírnění negativních vlivů přibližovací mechanizace na půdní ekosystémy realizovat kladením klestu do stop, čímž dojde ke snížení utužení půdy a narušení půdního povrchu.

- V problematických bodech (prohlubně, meliorační svody, vodní toky) je nutné vybudovat provizorní přemostění z odřezků špiček těžných stromů, aby bylo možné zamezit degradaci půdy vodní erozí.

Půdní ekosystémy v Národním parku Šumava se vyznačují velkou biodiverzitou.

Vlivem napadení značné části lesů kůrovcem se zvýšila i těžba a nebudou-li kladeny vyšší nároky na vhodnost těžby, pak budou půdní ekosystémy Šumavy připraveny o svou bohatou rozmanitost, pestrost a výjimečnost.

8 Použitá literatura

- (1) BUFKA, Luděk RNDr, et al. *Plán péče Národního parku Šumava*. Vimperk : [s.n.], 2001. Členění území národního parku, s. 140.
- (2) BRADY, Nyle C.; WEIL, Ray R. *The Nature and properties of soils*. New Jersey : Pearson Education, 2002. 960 s.
- (3) ING. CELJAK, Ivo. *Stroje pro zemní a lesní práce II.* České Budějovice : [s.n.], 2000. 195 s.
- (4) ING. FIALA, Referenti PENP, et al. *ZÁVĚREČNÁ INFORMACE ZA ROK 2009*. Správa národního parku Šumava : [s.n.], 2009. 4 s.
- (5) JOBBAGY, J. et al. *Vliv vlhkosti na penetrometrický odpor*. Zvolen: [s.n.] 2002. 48
- (6) PROF. ING. LEDVINA, Rostislav CSc.; DOC. ING. HORÁČEK, Jan CSc. *Agrotechnické požadavky na zemědělské stroje*. České Budějovice : [s.n.], 2000. 145 s.
- (7) NERUDA, Jindřich , et al. *Využití těžebně dopravních strojů v lesním hospodářství ČR*. Brno : [s.n.], 2008. 78 s.
- (8) NERUDA, Jindřich; ČERNÝ, Zdeněk. *Motorová řetězová pila a křovinoře*. Praha : ÚZPI, 2006. 90 s.
- (9) PROF. ING. NERUDA, Jindřich CSc.; PROF. ING. SIMANOV, Vladimír CSc.; PROF. ING. URLICH, Radomír CSc. *Technika a technologie v lesnictví*. Brno : [s.n.], 2006. 324 s.
- (10) PROF. DR. ING. PAVEL, Lubomír DrSc., et al. *Geologi a půdoznalství*. Praha : [s.n.], 1984. 280 s.
- (11) PELÍŠEK, Josef. *Lesnické půdoznalství*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1964. 568 s.
- (12) PROF. ING. DR. PELÍŠEK, Josef. *Lesní půdoznalství*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1957. 486 s.
- (13) RAJCHARD, Josef, et al. *Ekologie III*. České Budějovice : Kopp, 2002. 197 s. ISBN 80-7232-191-9.
- (14) URLICH, Radomír , et al. *Harvestorové technologie v podmínkách lesního hospodářství ČR*. Brno : [s.n.], 2009. 45 s.

- (15) URLICH, Radomír, et al. *Harvestorové technologie a její optimální užití v praxi*. Brno : [s.n.], 2006. 80+7 s. ISBN 80-7375-012-0.
- (16) *ÚZ č. 730 Životní prostředí*. Ostrava : Sagit, 2009. 560 s.
- (17) *ÚZ č.673 Zemědělství, vinařství, lesnictví, myslivost, rybářství, ochrana zvířat*. Ostrava : Sagit, 2008. 480 s.
- (18) VALNTA, Michal, et al. *Národní park Šumava*. Český Těšín : Těšínská tiskárna, a. s., 1996. 60 s.
- (19) VOKÁČ, Otakar. *Analýza technologií těžebních prací v lesním hospodářství*. Bakalářská práce, Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta, České Budějovice : [s.n.], 2008. 65 s.

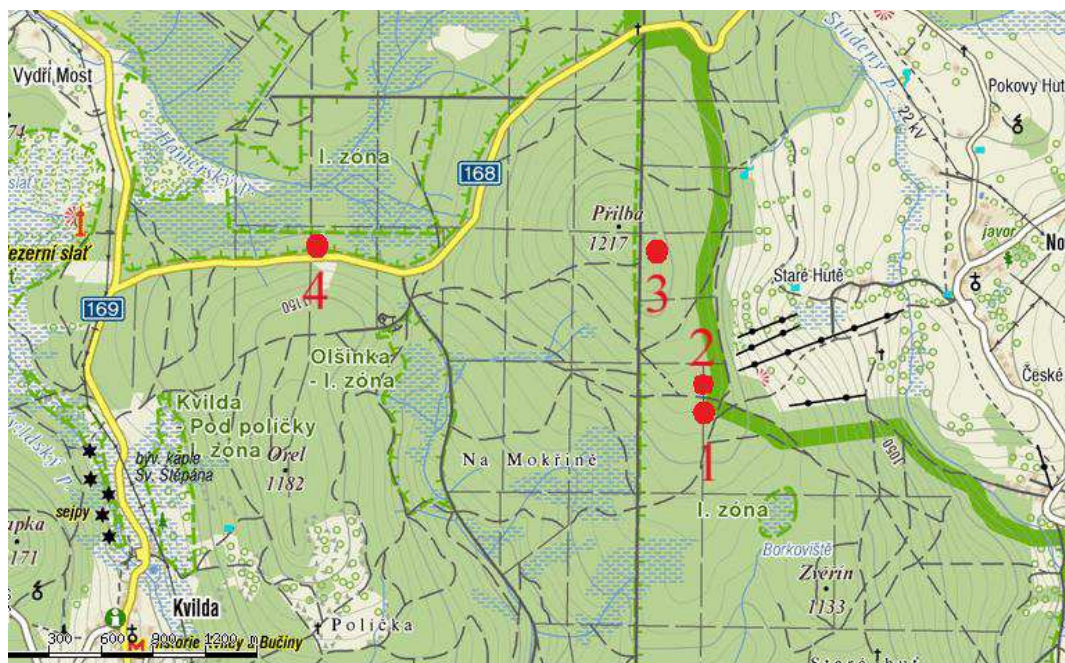
Internetové odkazy:

- (20) *Biso.sk* [online]. 2009 [cit. 2010-02-21]. Lesní úprava. Dostupné z WWW: <<http://www.biso.sk/data/images/20091123191525LES%201b.jpg>>.
- (21) *Botany.cz* [online]. 2007 [cit. 2010-02-21]. VACCINIUM MYRTILLUS L. Dostupné z WWW: <www.botany.cz/foto/boruvkaherb2.jpg>.
- (22) *Ckrumlov.cz* [online]. 10.9.1998 [cit. 2010-02-09]. Národní park a chráněná krajinná oblast Šumava. Dostupné z WWW: <http://www.ckrumlov.cz/cz1250/region/soucas/i_napasu.htm>.
- (23) *Cittadella.cz* [online]. 2009 [cit. 2010-02-09]. Národní park Šumava - historie ochrany přírody. Dostupné z WWW: <http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=historie_ochrany&site=NP_sumava_cz>.
- (24) *Deere.com* [online]. 2010 [cit. 2010-02-21]. Wheeled Harvesters 1470E Features. Dostupné z WWW: <http://www.deere.com/en_US/cfd/forestry/deere_forestry/harvesters/wheel/1470e_features.html#>.
- (25) *Forsttechnik-koch.de* [online]. 2010 [cit. 2010-02-21]. VIMEK 608. Dostupné z WWW: <www.forsttechnik-koch.de/.../vimek608_1.jpg>.
- (26) *Geografický server* [online]. 2002 [cit. 2010-02-09]. Klasifikace půd. Dostupné z WWW: <<http://www.zemepis.com/klaspud.php>>.
- (27) *Encyclopædia Britannica* [online]. 2010 [cit. 2010-02-22]. Gleysol. Dostupné z WWW: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/707618/Gleysol>>.

- (28) *Lesy ČR* [online]. 2009 [cit. 2010-02-09]. Lesní těžba. Dostupné z WWW: <<http://www.lesy-cr.cz/cs/odborna-verejnost/lesni-tezba/lesni-tezba.ep/>>.
- (29) MALÍK, Václav; DVOŘÁK, Jiří. Zhutnění půdy harvesterovými technologiemi. *Lesnická práce* [online]. 2007, 4, [cit. 2010-02-10]. Dostupný z WWW: <<http://lesprace.silvarium.cz/content/view/1044/107/>>.
- (30) *Národní park Šumava* [online]. 2008 [cit. 2010-02-09]. Zonace CHKOŠ. Dostupné z WWW: <<http://www.npsumava.cz/1014/2072/clanek/zonace-chkos/>>.
- (31) *Národní park Šumava* [online]. 2008 [cit. 2010-02-09]. Pedologie. Dostupné z WWW: <<http://www.npsumava.cz/1267/sekce/pedologie/>>.
- (32) *Pavel Hanko* [online]. 2009 [cit. 2010-02-21]. TERRI. Dostupné z WWW: <www.hanko.cz/galerie/terri.jpg>.
- (33) *Reparoservis* [online]. 9.11.2009 [cit. 2010-02-09]. Železný kůň KAPSEN. Dostupné z WWW: <http://www.lesni-technika.cz/Products/zelezni_kone.html>.
- (34) STANĚK, Jiří Csc. VÝKLAD POJMU “TĚŽBA”. *Lesnická práce* [online]. 2002, 1, [cit. 2010-02-09]. Dostupný z WWW: <<http://lesprace.silvarium.cz/content/view/876/69/>>.
- (35) *Strombuch s.r.o.* [online]. 2008 [cit. 2010-02-21]. Zelezný kůň. Dostupné z WWW: <www.strombuch.cz/images/produkty/kun_big.jpg>.
- (36) *Wikipedia* [online]. 2009 [cit. 2010-04-09]. Národní park Šumava - historie ochrany přírody. Dostupné z WWW: <http://cs.wikipedia.org/wiki/N%C3%A1rodn%C3%AD_park_%C5%A0umava>.
- (37) *Zeměpis* [online]. 2002 [cit. 2010-02-22]. Klasifikace půd. Dostupné z WWW: <<http://www.zemepis.com/klaspud.php>>.

9 Přílohy

Příloha A



1-Lokalita Borová Lada

2-Lokalita Borová Lada II

3-Lokalita Přilba

4-Lokalita Kvílda

Příloha B

Hodnoty penetrometrického odporu půdy v lokalitě Borová Lada

Měřicí bod č.1.

Tabulka 31: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Borová Lada

UL [Mpa]													
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
Číslo měření													
1	1,3	1,6	2,4	2	3,7	3	3,1	3,6	3,8	4,2	5		
2	0,6	1,3	2,1	4,1	2,8	3,7							
3	2,2	2,5	2,6	3,6	4	5,5							
4	1	2,3	2,2	2,6	2,6	3,3	3,2	3,3	3,4	3,6	3,8	3,9	3,8

Tabulka 32: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Borová Lada

UP [Mpa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	
Číslo měření											
1	1,3	1,9	2,2	2,6	2,9	3,2	3,3	3,4	4	3,9	
2	1,2	1,6	2,1	3,1							
3	1,3	1,5	2,3	2,6	2,9	3,7	3,5				
4	1,8	1,9	3,2	2,8	3,2	3,3	3,7				

Tabulka 33: Utužení půdy mimo cestu (Um) na lokalitě Borová Lada

UM [Mpa]									
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36
Číslo měření									
1	0,4	0,6	1,8	1,5	1,5	1,9	2,8	3,8	
2	0,4	1,5	1,6	2,7	2,5	2,9	3,2		
3	0,6	1,3	1,6	2,1	2,4	2,8	3,1		
4	0,4	0,4	1,3	1,6	1,9	4,2	2,9	3,3	3,7

Měřící bod č.2

Tabulka 34: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Borová Lada

UL [Mpa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	1,7	2,2	5,4								
2	1,4	1,8	3,2	3,4							
3	1,1	1,6	2,1	2,5	2,9	3,1	4	3,8	3,8	3,9	4,6
4	0,8	1,3	2,1	2,6	2,7	3,3					

Tabulka 35: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Borová Lada

Up [Mpa]									
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36
Číslo měření									
1	1	1,4	3,2	3	4	3,5	3,6	4	3,9
2	0,6	1,4	2	2,6	2,9	4,1	3,8		
3	1,3	1,5	2,3	2,6	3,2	3,1	3,6	4,4	
4	0,6	1,6	2,3	2,6	2,7	2,8	3,4	4	

Tabulka 36: Utužení půdy mimo cestu (Um) na lokalitě Borová Lada

UM [Mpa]								
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32
Číslo měření								
1	0,3	0,4	0,6	1,5	1,7	2,3	2,4	2,8
2	0,2	0,5	1	2,2	2,9	3,2		
3	0,4	0,8	0,3	0,8	0,9			
4	0,2	0,5	1,2	2	2,3	2,7	2,8	3

Měřicí bod 3

Tabulka 37: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Borová Lada

UL [Mpa]							
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28
Číslo měření							
1	1	1,5	1,9	2,2	2,6	4,2	
2	1,2	1,6	2,2	2,6	2,7	3,1	3,8
3	1,3	1,9	2,7	2,8	3,1	4,1	
4	0,6	1,8	2,1	3,1	3,6	4	

Tabulka 38: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Borová Lada

Up [Mpa]								
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32
Číslo měření								
1	0,6	0,8	2	2,4	2,4	2,7	3,5	4,7
2	0,9	1,6	2,4	2,8	4			
3	1,1	1,5	2,2	2,7	3			
4	0,5	1,3	3	5	4,1			

Tabulka 39: Utužení půdy mimo cestu (Um) na lokalitě Borová Lada

Um [Mpa]										
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Číslo měření										
1	0	0,8	2,8	1,3	2	2,4	4	4,3	3,5	
2	0,7	1,5	2,1	2,3	2,6	3,1				
3	0	0,3	0,4	1,1	1,2	1,4	1,2	2,2	2,8	
4	0,5	0,8	1,3	2,3	2,2	3,4	3,4	3,3	4,5	5,2

Měřící bod 4

Tabulka 40: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Borová Lada

UL [Mpa]									
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36
Číslo měření									
1	0,9	1,5	2	2,4	2,8	2,9	3,2	3,7	
2	0,8	1,3	2	5,2					
3	0,8	1	1,5	2	2,3	2,5	2,6	3,1	3,8
4	1,4	1,2	3,5	2,7	3,7	5,4	4,1		

Tabulka 41: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Borová Lada

Up [Mpa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	0,7	0,9	1,9	2,4	2,5	3,3	3,3	4	3,5	3,5	4,5
2	1	1,8	2,3	2,7	2,7	2,8	3,3	4	4,2		
3	1,2	1,4	2,6	5,6	4,7	6,2					
4	0,6	1,2	1,4	1,7	2,2	2,1	2,6	2,9	3,2	3,2	

Tabulka 42: Utužení půdy mimo cestu (Um) na lokalitě Borová Lada

UM [Mpa]													
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44	48	52
Číslo měření													
1	0,3	0,8	0,7	0,7	1,2	2,7	1,7	2,7	3,8	3,3			
2	0,3	0,9	0,7	0,6	0,7	1,1	2,1	2,4	2,3	2,1	2,6	3,6	
3	0,1	0,2	0,4	1	1,3	4,6	3,1	1,7	1,6	2,9	2	2,2	2,2
4	0,3	0,4	0,4	1	1,3	1,3	2						

Měřící bod 5

Tabulka 43: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Borová Lada

UL [Mpa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	0,7	1	1,6	3,2	3,1	3,1	3,8	4,9	6,1		
2	0,4	0,6	1,6	2	2,5	3,3	6,3				
3	0,8	1,3	1,9	2,2	2,6	2,9	3,3	4,9	4,1	4	5,3
4	0,8	1,1	1,2	1,8	2,3	3,1	2,8	2,6	3,1	4,5	4,9

Tabulka 44: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Borová Lada

Up [Mpa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	0,5	0,8	1,9	2,3	3	3,4	4,5				
2	0,4	0,7	1,3	5,7	3,3	2,9	2,8	2,9	4,5	3,6	3,6
3	0,7	1	2	3,7	2,9	3,2	4	4	4,4	3,7	4,6
4	1,1	2,9	3,1	6,1	4,5	4,7	4,9	5,2	5,3	1,4	

Tabulka 45: Utužení půdy mimo cestu (Um) na lokalitě Borová Lada

U [Mpa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	0,1	0,4	1,2	4	2,5	3,7	3,6	5			
2	0,4	1,4	1,3	1,5	1,5	1,9	3,1	3	4,7	4,6	
3	0,3	0,4	0,9	1,7	2,2	4,4	3,3	4,7	3,7	4,7	
4	0,6	0,9	1,2	2,1	1,7	1,6	2,8	3,5	3,1	3,8	4,4

Hodnoty penetrometrického odporu půdy v lokalitě Přílba

Měřicí bod 1:

Tabulka 46: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Přílba

UL [Mpa]									
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36
Číslo měření									
1	0,7	0,9	0,9	1,4	2,2	2,8	3,1		
2	1,1	2,1	3,3	3,1	2,6	2,8	3,2	3,8	4,5
3	0,5	1,4	1,8	2,8	3,2	3,3	3,2	4	7,5
4	1,9	2,3	3,2	5,9	4,5				
5	1,2	1,3	2,1	3	3,1	2,9	3,4		

Tabulka 47: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Přílba

UP [Mpa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	0,9	1,6	2,2	3,1	3,6	4	4,1	4,8	4,7	4,9	
2	0,8	1,5	1,9	5,4	5,8	6,2					
3	1,6	2,9	2,5	2,9	6,6	5,1	7,5	4	7,5		
4	0,5	0,7	1	1,3	1,7	2,3	2,6	3,5	7,2		
5	1	1,2	1,6	1,5	2,2	2,6	2,9	3,5			
6	1,5	2,5	2,6	2,2	2,5	2,6	2,6	3,4	3,5	3,9	4,5

Tabulka 48: Utužení půdy mimo cestu (Um) na lokalitě Přílba

UM [Mpa]								
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32
Číslo měření								
1	0,6	0,9	2,3	2,4	2,8	3,6	3,6	
2	0,3	0,8	1,5	1,9	2,1	2,2	2,9	
3	0,5	0,9	2,1	2,5	1,7	2,1	2,7	
4	0,5	0,8	1,2	2,3	4,1	3,8	3,8	
5	0,4	1	1,8	2,3	3,4	3,8	3,6	4,5

Měřící bod 2:

Tabulka 49: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Přílba

UL [Mpa]								
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32
Číslo měření								
1	0,6	0,9	2,3	2,4	2,8	3,6	3,6	
2	0,3	0,8	1,5	1,9	2,1	2,2	2,9	
3	0,5	0,9	2,1	2,5	1,7	2,1	2,7	
4	0,5	0,8	1,2	2,3	4,1	3,8	3,8	
5	0,4	1	1,8	2,3	3,4	3,8	3,6	4,5

Tabulka 50: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Přílba

UP [Mpa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	0,4	1	1,4	1,8	2,5	2,9	3	4,1			
2	0,5	1,2	1,4	2,1	4,4	3,9	4,7	5,2			
3	0,9	1,5	1,5	1,9	2,4	3	3,2	3,5	4,5	4,2	
4	0,5	0,8	1,5	2,6	5,5	6	6,1				
5	0,7	1,1	1,7	2	2,5	2,7	2,8	3,1	3,6	4,2	4,6

Tabulka 51: Utužení půdy mimo cestu (Um) na lokalitě Přílba

Um [Mpa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	0,4	0,6	1,1	1,3	1,4	1,8	2	3	2,9	3,4	4,7
2	0,4	1	2	2,8	2,5	3	3,3	5,9	5,3	5,6	5,5
3	0,2	0,5	1,2	1,4	2	2,8	4,8				
4	0,6	1	1,6	1,7	2,9	2,3	2,6	3,1	4		
5	0,2	0,7	1,7	1,7	2,1	2,5	2,6				

Měřicí bod 3

Tabulka 52: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Přílba

UL [Mpa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	1	1,8	2,2	2,4	4	7,6					
2	1,3	1,7	2,1	2,4	2,9	2,8	2,9	3,2	3,4	3,4	5
3	1,1	1	4,7	3,5	3,2	4,3	4,3				
4	1	1,4	2	2,6	3,1	3,7	5				
5	1,3	1,9	2,4	2,8	4,1	5	5,5	6,2	7,2		

Tabulka 53: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Přílba

UP [Mpa]										
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Číslo měření										
1	0,6	1,4	2	2,6	2,9	5,8	5,5			
2	2,6	2,2	4,1	4,4	3,9	3,9	5,5	6,3	6,8	6,9
3	0,6	1	2	5	6,2					
4	1,4	1,3	1,6	2,5	3,2	3,6	3,4	3,3	4,5	5,2
5	0,7	1,2	1,7	1,8	4,2	4,7	5,1			

Tabulka 54: Utužení půdy mimo cestu (Um) na lokalitě Přílba

UM [Mpa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	0,5	0,7	1,2	1,6	2,7	3,6	3,7	4,5	4,7	4,5	4,6
2	0,4	0,5	0,9	1,2	2,2	3,7	3,5				
3	1	1,2	1,3	1,9	1,9	2,7	3,2	4,7	4,4		
4	0,7	0,8	1,2	2,2	2,6	2,9	3,4	3	3,7	3,4	
5	0,2	0,8	1,7	1,7	1,8	2,1	3,6				

Třetí bod 4:**Tabulka 55: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Přílba**

UL [Mpa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	0,5	1,1	1,8	2,4	3	4	4	3,5	5,3	5	5,9
2	1,1	2,3	3,8	3,5	4,8	4,8					
3	0,6	1,7	2,1	2,8	4,2	3,9	4	4,4	4,4	6,4	6,4
4	1,5	2	2,7	3,7	3,6	4	4,5	6,3			
5	0,7	1,3	2,4	3,7	2,9	3,3	4,1	6,2			

Tabulka 56: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Přílba

Up [Mpa]									
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	
Číslo měření									
1	0,8	2,1	3	2,8	2,9	4,7	3,4	6,9	
2	1,3	1,4	2	2,1	2,5	3,4			
3	0,9	2,4	2,8	2,9	3,5	4,8			
4	0,9	1,4	1,6	3	3,8	4,3			
5	0,5	1	0,7	1,7	1,5	2	2,9	2,9	
6	1,3	1,6	2,6	4	5,2	6,4	6,5		

Tabulka 57: Utužení půdy mimo cestu (Um) na lokalitě Přílba

Um [Mpa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	0,5	0,4	1,2	1,5	2,5	2,3	3,6	3,4			
2	0,5	0,5	1,1	1,2	1,6	2,1	2,6	3,9			
3	0,5	0,5	1,6	1,7	2	2,3	2	4,4			
4	0,7	0,9	0,9	1,4	1,8	2,6	5,4	4,2	4,6	5,8	5,9

Měřící bod 5:**Tabulka 58: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Přílba**

UL [Mpa]								
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32
Číslo měření								
1	0,8	2	4,3	2,8	3,8			
2	0,7	0,8	2	3,4	3,5	3,7	3,8	4,2
3	1	1,5	1,9	2,7	6,6			
4	0,6	0,2	2,6	0,8	2,3	5,5		
5	0,5	2,3	2,5	3,7				

Tabulka 59: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Přílba

Up [Mpa]								
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32
Číslo měření								
1	0,3	1	3,7	3,1	4,9	3,3	4,3	5
2	0,3	3,4	2,8	3,4	4,4	4,5		
3	1,3	2,2	3,7	4,3				
4	1	1,6	2,5	3				

Tabulka 60: Utužení půdy mimo cestu (Um) na lokalitě Přílba

Um[Mpa]							
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28
Číslo měření							
1	0,2	0,2	0,7	1,2	2,8	3,9	
2	0,5	0,9	2,1	2,5	2,7	3,2	4,2
3	0,3	1	2	5	2,8	3,6	
4	0,6	0,9	1,7	3,8	5,4		

Hodnoty penetrometrického odporu půdy v lokalitě Kvilda

Měřící bod č.1.

Tabulka 61: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Kvilda

UL [Mpa]									
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36
Číslo měření									
1	1,1	2,1	4,7	3,4	4,5	4,9	5,2	5,3	5,4
2	1	1,5	2	3	4,3				
3	1,2	1,9	2,4	2,7	3,5				
4	1	1,8	2,1	1,7	2,1	3,2	3,3	3,2	4,1

Tabulka 62: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Kvilda

Up [Mpa]											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	0,9	1,4	2	2,9	2,5	4	4,2	4,3	5,2	5,6	
2	1,4	1,7	2,5	2,4	2,4	2,6	3,2	3,5	4,7	5,1	5,3
3	0,9	2	2,1	2,7	3,4	3,6	2,9	4,2	3,4	4,1	4,6
4	0,9	2	2,1	2,7	3,4	3,6	2,9	4,2	3,4	4,1	4,6

Tabulka 63: Utužení půdy mimo cestu (Um) na lokalitě Kvilda

UL [Mpa]										
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Číslo měření										
1	0,2	1,4	1,9	2	2,5	3,4	3,6	4,3	4,8	4,9
2	0,5	1,2	1	1,1	1,6	2,5	3,2	3,5	4,2	4,5

Měřicí bod 2

Tabulka 64: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Kvilda

Up [Mpa]					
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20
Číslo měření					
1	0,9	1,4	1,4	2,5	
2	1,6	1,6	1,4	1,8	4,4
3	1,4	0,9	1,9	2,4	
4	0,5	0,8	2	3,3	

Tabulka 65: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Kvilda

Up [Mpa]						
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24
Číslo měření						
1	0,8	1,4	1	4,1	3,4	
2	2,8	3,1	3,4	4,1		
3	0,6	1	2,1	3,1	4,8	4,5

Měřicí bod 3

Tabulka 66: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Kvilda

UL (MPa)									
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36
Číslo měření									
1	1,9	2,7	3,2	5,2	3,8	3,3	5,9		
2	1,2	1,8	1,8	2,1	3,3				
3	1	1,5	2,6	3,1	2,6				
4	1,2	1,9	2,2	2,4	2,6	3,2			

Tabulka 67: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Kvilda

Up (MPa)										
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Číslo měření										
1	1	1,6	2,5	3	3,8	5,5	4,7	4,6	7	
2	1,3	1,7	3,3	4,7						
3	1,1	2,2	2,2	3	3,4					
4	1,8	1,6	2,2	2,9	2,5					
5	1,4	2,8	3	3	4,5	4,7	5,4	6,4		
6	1,2	2	3,2	5,1	3,9	4,1	4,2	4,5	4,9	5,3

Tabulka 68: Utužení půdy mimo cestu (Um) na lokalitě Kvilda

Um (MPa)										
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40
Číslo měření										
1	0,5	1	2,3	2,7	3,3	4	4,2	5,1	5,7	
2	0,6	1,4	1,6	2,4	2,6	3,8	5,9			
3	0,5	0,5	1,3	2,3	2,6	3,1	3,9	4,1	5,1	5,9
4	0,8	1,7	2,6	3,3	3,5	3,7	4,2	5,9	5,8	
5	0,4	0,9	1,2	2,5	3,8	3	3,5	5		

Měřicí bod 4:**Tabulka 69: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Kvilda**

UL (MPa)								
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32
Číslo měření								
1	1,3	3,2	4,2	6,7	4,6	5,1	5,5	
2	1,1	2,6	3,8	4,3	4,5	4,7	5	5,1
3	0,8	2,3	3,2	4,3	3,6	4,7	5,7	
4	1,6	3	3,2	4,9	3,6	4,3		
5	0,8	1,4	1,6	2,3	3	3,7	2,7	

Tabulka 70: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Kvilda

Up (MPa)								
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32
Číslo měření								
1	0,6	2,2	2,7	3,6	5,7			
2	1,1	2	3,4	5,2	2,8	6,4	6,4	
3	1,9	2	2,2	2,4	2,3	6,5		
4	1,3	1,6	3,9	2,4	4,8	3,9	3,8	4,5
5	0,9	3,7	2,5	3	3,4	3,1		

Tabulka 71: Utužení půdy mimo cestu (Um) na lokalitě Kvilda

Um (MPa)								
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32
Číslo měření								
1	0,3	0,8	1,1	1,2	2,3	2,6	3,2	
2	1,1	1,5	2,2	2,3	2,8	3,1	3,8	
3	0,3	0,9	0,6	0,9	1,1	2,3	2,4	2,5
4	1	1,3	1,2	0,9	1,6	2,3	4,9	4,4

Měřící bod 5:

Tabulka 72: Utužení půdy v levé stopě (UL) na lokalitě Kvilda

UL (MPa)								
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32
Číslo měření								
1	0,6	1,2	1,6	1,8	4,6	5,1	5,5	
2	1,1	2,6	3,8	4,3	4,5	4,7	5	5,1
3	0,8	2,3	3,2	4,3	3,6	4,7	5,7	
4	1,6	3	3,2	4,9	3,6	4,3		
5	0,8	1,4	1,6	2,3	3	3,7	2,7	

Tabulka 73: Utužení půdy v pravé stopě (Up) na lokalitě Kvilda

Up (MPa)									
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36
Číslo měření									
1	0,9	1,2	1,6	1,9	2	2,8	3,4	3,2	3,9
2	1	1,8	1,6	2,1	2,7	2,6	3	3,9	4,1
3	1,8	2,3	2,9	3,2	3,3	4,5	4,6	4,8	
4	0,9	1,2	2	2,1	2,8	4			
5	1,4	2,3	2,2	2,1	2,2	2,6			
6	0,4	1,5	2,1	2,9	2,9	3,6			

Tabulka 74: Utužení půdy mimo cestu (Um) na lokalitě Kvilda

Um (MPa)											
Hloubka měření (cm)	4	8	12	16	20	24	28	32	36	40	44
Číslo měření											
1	1,5	2,3	2,6	3,3	3,6	3,8	3,9	4	4	4	
2	0,7	1,3	1,6	2,1	2,5	2,7	3	3,5	3,8	4,6	4,4
3	0,1	1,8	1,7	1,8	2,8	2,9	3,5	3,4			
4	0,2	1	1,4	2,1	2,6	3,4	3,6	3,8	4,1	4,2	4,2
5	1,2	1,6	2,1	2,3	2,9	3,1	3,6	3,6	5		