

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta lesnická a dřevařská
Katedra pěstování lesů



Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na pedofyzikální vlastnosti lesních půd

Bakalářská práce

Autor: Jessica Šamková
Vedoucí práce: prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

2019

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Fakulta lesnická a dřevařská

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Jessica Šamková

Lesnictví

Název práce

Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na pedofyzikální vlastnosti lesních půd

Název anglicky

Effect of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) on the soil physical characteristics of forest soils

Cíle práce

- Obnovit výzkumné plochy a připravit je na rozsáhlejší hodnocení
- Zhodnotit rozdíly ve stavu základních pedofyzikálních charakteristik mezi porosty douglasky a porosty domácích dřevin rostoucími ve srovnatelných stanovištních podmínkách a srovnatelného věku
- Využít výsledky pro posouzení retenční schopnosti lesních půd pod porosty sledovaných dřevin

Metodika

- 1) Obnova trvalých výzkumných ploch dlouhodobě sledovaných na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy v jeho historických hranicích
- 2) Popis porostů na těchto TVP a zhodnocení dosavadního hospodaření a zásahů
- 3) Odběr půdních vzorků pomocí pedofyzikálních válečků, 5 v jednom porostu z nejsvrchnějšího minerálního horizontu
- 4) Stanovení základních pedofyzikálních vlastností: objemové hmotnosti, měrné hmotnosti, pórovitosti. MaxVK, MinVK
- 5) Zhodnocení vlivu druhové skladby na retenční potenciál lesních porostů

Doporučený rozsah práce

min. 40 s. textu

Klíčová slova

druhá skladba, douglasky, lesní půdy, pedofyzikální vlastnosti, retenční schopnosti

Doporučené zdroje informací

- DUŠEK, D., SLODIČÁK, M. 2009: Struktura a statická stabilita porostů pod různým režimem výchovy na zemědělské půdě, Zprávy lesnického výzkumu, 54 (1): 12-16.
- KUPKA, I., PODRÁZSKÝ, V., KUBEČEK, J. 2013: Soil-forming effect of Douglas fir at lower altitudes. Journal of Forest Research, 59 (9): 345 – 351.
- PODRÁZSKÝ, V. – KUPKA, I. 2011: Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na základní pedofyzikální charakteristiky lesních půd. Zprávy lesnického výzkumu. 56 (Speciál): 1 – 5.
- PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. 2008a: Rychlost obnovy charakteru lesních půd na zalesněných lokalitách Orlických hor. Zprávy lesnického výzkumu, 53 (2): 89 – 93.
- PODRÁZSKÝ, V. – REMEŠ, J. 2008b: Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. Zprávy lesnického výzkumu, 53 (1): 27 – 33.
- VACEK S., SIMON J. ET AL. 2009. Zakládání a stabilizace lesních porostů na bývalých zemědělských a degradovaných půdách. Lesnická práce, s.r.o., vydavatelství a nakladatelství Kostelec nad Černými lesy: 784 s.

Předběžný termín obhajoby

2017/18 LS – FLD

Vedoucí práce

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Garantující pracoviště

Katedra pěstování lesů

Elektronicky schváleno dne 28. 4. 2017

prof. Ing. Vilém Podrázský, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 2. 2018

prof. Ing. Marek Turčáni, PhD.

Děkan

V Praze dne 08. 01. 2019

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na pedofyzikální vlastnosti lesních půd vypracovala samostatně pod vedením prof. Ing. Viléma Podrázského, CSs, a použila jsem jen prameny, které uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že zveřejněním bakalářské práce, souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách v platném znění, a to bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Táboře dne 20.12.2018

Jessica Šamková

PODĚKOVÁNÍ

Na tomto místě bych si dovolila poděkovat všem, díky kterým tato bakalářská práce vznikla. Největší poděkování patří panu prof. Ing. Vilému Podrázskému, CSc, za jeho cenné odborné rady, vedení a pomoc při zpracování, za čas strávený při kontrole všech jejích částí a za vlídné jednání po celou dobu naší spolupráce. Moc si toho vážím. Také bych chtěla poděkovat partnerovi, Ing. Radku Matějkovi, za trpělivost a dobré tipy k úpravě a postupům v bakalářské práci. Paní Smolové za ohromující všestrannou pomoc a nejedno povzbuzení, mamince Věrce za neutuchající láskyplnou podporu a dceři Elince za úsměv a motivaci. Vám všem, ještě jednou, veliké díky.

ABSTRAKT

V bakalářské práci se porovnává stav pedofyzikálních vlastností půd pod vlivem různých lesních dřevin na území Školního lesního podniku ČZU v Kostelci nad Černými lesy. Byl srovnáván stav půdy v několika porostech, jednalo se o porosty douglasky tisolisté, smrku ztepilého a smíšený listnatý porost. Půdní vzorky se odebíraly z horizontů Ah za pomoci Kopeckého válečku. Zkoumány byly půdní fyzikální charakteristiky, jako jsou momentní vlhkost, objemová hmotnost, specifická hmotnost, pórovitost, maximální vodní a vzdušná kapacita.

Na základě naměřených hodnot těchto fyzikálních znaků byly zhodnoceny rozdíly ve stavu základních pedofyzikálních charakteristik mezi porosty douglasky a porosty domácích dřevin rostoucích ve srovnatelných stanovištních podmínkách a srovnatelném věku. Díky těmto poznatkům je dále možné zhodnotit retenční schopnost půd nacházejících se pod srovnávanými lesními porosty, které posloužily i jako náhled pro možnou ideální druhovou skladbu k pěstování v lesích mírného pásma. Práce tak představuje příspěvek ke kvantifikaci vlivu druhové skladby lesních porostů na retenční schopnosti lesních půd.

Klíčová slova: druhová skladba, douglaska, lesní půdy, pedofyzikální vlastnosti, retenční schopnosti.

ABSTRACT

The bachelor thesis compares the state of pedophysical properties of the soil with the influence of different forest tree species on forest soil on the territory of the University Forest of CULF Prague in Kostelec nad Černými lesy. The soil status was detected in several series of forest stands, including stands of Douglas-fir, Norway spruce and stand of mixed broadleaved species. The soil sampling was performed using Kopecký's column from the horizons Ah. It has been studied the physical characteristics of soil like actual soil moisture, bulk density, particle density, porosity, maximum water capacity and minimum air capacity.

Based on the measured values of these physical features of the soil, the differences in the state of basic pedophysical characteristics between Douglas-fir and the stands of native trees growing in comparable local conditions and comparable age were evaluated. And thanks to these findings it was also possible to evaluate the retention capacity of soils found under the compared forest stands, which also served as a preview for a possible ideal species composition for growing in temperate forests. The bachelor thesis so represents the contribution to the knowledge concerning the effects of particular tree species on the forest soil retention capacity.

Key words: species composition, Douglas- fir, forest land, pedophysical properties, retention capacity.

OBSAH

1. ÚVOD.....	10
2. CÍLE PRÁCE.....	12
3. PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	13
3.1. Voda a hydrologický cyklus	13
3.1.1 Půda a její role v koloběhu vody	15
3.1.2 Les a jeho význam v koloběhu vody	19
3.2 Pedofyzikální vlastnosti půdy.....	27
3.2.2 Ostatní fyzikální veličiny	29
3.3 Vliv dřevin na půdní strukturu	32
3.4 Douglaska tisolistá a její význam	37
3.4.1 Douglaska v lesním hospodářství	38
3.4.2 Ohrožení douglasky a její vliv na lesní ekosystém	40
3.4.3 Rizika spojená s pěstováním douglasky	44
3.5 Školní lesní podnik Kostelec nad Černými lesy.....	45
3.5.1 Obecné údaje o ŠLP	45
4. METODIKA	47
4.1 Popis vybraných ploch.....	48
4.2 Odběr vzorků z půdy	49
4.3 Identifikace vzorků.....	50
4.4 Získané údaje a jejich statistické zpracování	51
5. VÝSLEDKY	53
6. DISKUZE.....	57
7. ZÁVĚR.....	64
8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	65
9. PŘÍLOHY	70

SEZNAM TABULEK, GRAFŮ, OBRÁZKŮ A ZKRATEK

- Tab. č. 1 – Rekonstruovaná přirozená a současná skladba lesů (v %)
Tab. č. 2 – Rozdělení půdy podle procenta obsahu částic menších než 0,01 mm
Tab. č. 3 – Popis porostů vybraných k odběru půdních vzorků
Tab. č. 4 – Naměřené hodnoty odebraných vzorků Amerika Točna – listnáče
Tab. č. 5 – Naměřené hodnoty odebraných vzorků Amerika Točna – douglaska
Tab. č. 6 – Naměřené hodnoty odebraných vzorků Amerika Točna – smrk
Tab. č. 7 – Výsledky odebraných vzorků Amerika Točna – listnáče, DG, SM

- Graf č. 1 – Momentní vlhkost půdy
Graf č. 2 – Objemová hmotnost půdy
Graf č. 3 – Specifická hmotnost půdy
Graf č. 4 – Pórovitost
Graf č. 5 – Vodní kapacita
Graf č. 6 – Vzdušná kapacita
Graf č. 7 – Statistické souhrnné porovnání výsledků naměřených hodnot

- Obr. č. 1 – Koloběh vody a role půdy v něm
Obr. č. 2 – Příklad půdního horizontu
Obr. č. 3 – Fotografie douglasky tisolisté z Jindřichova Hradce
Obr. č. 4 – Fotografie douglasky tisolisté z Jindřichova Hradce
Obr. č. 5 – Mapa Kostelce nad Černými lesy
Obr. č. 6 – Obrysová mapa výzkumných ploch.
Obr. č. 7 – Porostní mapa výzkumných ploch.

- ČZU – Česká zemědělská univerzita v Praze
LHP – Lesní hospodářský plán
ŠLP – Školní lesní podnik
DG – Douglaska tisolistá
SM – Smrk ztepilý

1. ÚVOD

Lesní ekosystémy představují velmi složité systémy biotických a abiotických prvků a faktorů, vytvářející složité prostorové a funkční struktury. Lesní porosty, jako klíčová složka těchto ekosystémů, pak reprezentují jeden ze základních půdotvorných faktorů. Kromě klimatických podmínek a geologického podloží, substrátu, je to právě vegetace, determinující zásadním způsobem pedogenezi. Jako další faktory je pak uváděno působení člověka a faktor času, určující dobu trvání půdotvorných procesů a tedy stupeň vývoje příslušných půdních typů. Ty jsou spojeny se základními vlastnostmi lesních půd, biologickými, chemickými a fyzikálními. Poslední uvedené se pak podstatným způsobem odrážejí ve vodním režimu lesních půd a celých ekosystémů. Srážky jsou hlavním vstupem do lesních ekosystémů a různým způsobem na sebe s nadzemní složkou působí (Podrázský 2014). A právě v obdobích dešťových dnů či sucha je hospodaření lesních ekosystému s vodou nenahraditelné, zejména pro svou vyrovnanost odtokových poměrů, kdy je lesní půda schopná zadržet 30 až 50 mm srážek (Křovák a kol. 2004).

Vodní režim lesních ekosystémů se pak odráží v režimu celé krajiny, lesy ovlivňují výrazným způsobem jednotlivé prvky vodní bilance, tedy transformaci srážek, odtokové poměry i výpar, do jisté míry i kvantitu srážek. Stav lesních porostů je tedy určující pro ovlivnění dvou zásadních faktorů, které jsou po lesních porostech v krajině vyžadovány:

- Lesní porosty mají transformovat srážky, především intenzivního charakteru, do méně destruktivní podoby a bránit tak škodám plynoucím z přívalových srážkových událostí,
- Lesní porosty se mají podílet na zpomalení odtoku z krajiny, převodu odtoku na podzemní, podpovrchovou formu a zvyšovat tak retenční schopnost, potenciál krajiny.

Tato schopnost lesních ekosystémů je široce diskutována, pro její konkrétní hodnocení však většinou chybějí konkrétní podklady. Velmi často je dávána do souvislosti druhová skladba lesních porostů a jejich vliv na hydrický režim krajiny, úvahy se však pohybují spíše v úrovni spekulací než jednoznačně potvrzených faktů. Navíc je značně diskutován možný přínos, nebo ohrožení, funkčního působení lesních porostů v souvislosti se zaváděním introdukovaných dřevin. Také v tomto případě chybějí

konkrétní údaje o vlivu těchto dřevin na stav lesních půd, respektive není jich dostatek, třebaže se v této oblasti situace alespoň v malé míře mění.

Douglaska tisolistá (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) pak představuje exotickou, introdukovanou dřevinu s velkým potenciálem v globálním měřítku. Svou proměnlivostí by mohla být odolná vůči klimatickým změnám. Zejména oteplování klimatu je v celosvětovém měřítku hodně řešené téma, neboť se týká všech kontinentů. Navyšování průměrné roční teploty vzduchu zrychluje vysoušení půdy, a tím i přeměnu krajiny v poušť tzv. desertifikaci (Šarapatka a kol. 2002). Nicméně i v českých podmínkách již byla douglasce věnována značná pozornost, především z hlediska produkce, ale i z hlediska vlivu na pedochemické vlastnosti. Na druhé straně vliv této dřeviny na vlastnosti pedofyzikální není rozhodně rozsáhlý a vyžaduje určitou pozornost rovněž. Tato potřeba pak stála u zrodu předkládané bakalářské práce.

2. CÍLE PRÁCE

Cíle bakalářské práce „Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* /Mirb./ Franco) na pedofyzikální vlastnosti lesních půd“ byly formulovány následujícím způsobem:

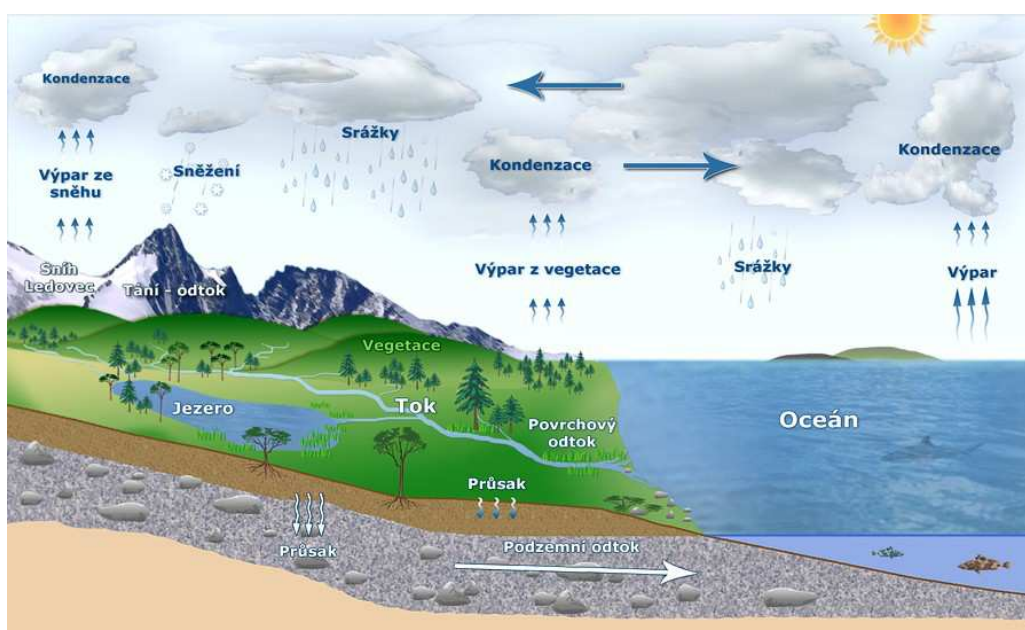
- Obnovit výzkumné plochy a připravit je na rozsáhlejší hodnocení,
- Zhodnotit rozdíly ve stavu základních pedofyzikálních charakteristik mezi porosty douglasky a porosty domácích dřevin rostoucími ve srovnatelných stanovištních podmínkách a srovnatelného věku,
- využít výsledky pro posouzení retenční schopnosti lesních půd pod porosty sledovaných dřevin.

3. PŘEHLED ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

3.1. Voda a hydrologický cyklus

Voda je nedílnou součástí veškerého života na Zemi. Voda zaujímá na naší planetě 71 % povrchu. Pouhá 3 % celkového množství jsou přitom vodou sladkou. Čistá voda je složena ze tří atomů. Jsou to dva atomy vodíku a jeden atom kyslíku. Přírodní voda je pak roztokem velkého množství různých látek (např. vápník či křemík), a voda v něm hraje úlohu rozpouštědla. Tento přírodní roztok se dá rozdělit na pravý roztok (na první pohled jednotvárná kapalina) a suspenzi (s viditelnými pevnými částicemi). Voda se vyskytuje na Zemi v atmosféře, v její nejnižší části – troposféře, dále v oceánech a na kontinentech jako povrchová voda, a v neposlední řadě v podzemí. Další zásoby vody jsou v plynném skupenství a hluboko pod povrchem. Celkové množství vody na Zemi je vyrovnané. Voda je v neustálém pohybu. Sluneční záření, gravitace, zemská tepelná a geochemická energie pohání oběh vody, díky kterému jsou rozpuštěné a unášené látky transportovány v planetárním měřítku i v biosféře.

Koloběh vody, jeho malá a velká forma, zajišťuje rovnováhu přírody. Velký koloběh vody se uskutečňuje z pevniny do oceánu a obráceně, kdežto malý koloběh vody na konkrétně vymezené menší části pevniny či pouze na oceánu. Hydrologický cyklus se skládá ze 4 částí – atmosférické srážky, odtok, infiltrace a výpar (Obr. 1).



Obr. č. 1 - Koloběh vody a role půdy v něm. Zdroj: GENIA

- Srážky vznikají v atmosféře při poklesu tlaku a teploty, kdy se toky vlhkého vzduchu přepřehují vodní parou. Ta poté kondenzuje a usazuje se na pevných částech vyskytujících se v oblacích (např. prachové částice). Kapičky čerstvé vody nejsou větší než 0,04 mm, plují proudem vzduchu a vytvářejí mraky. Narušením stability mraků se začnou kapky uvolňovat, spojovat a dopadat na povrch, v případě lesů na povrch vegetace a na hrabanku.
- Evapotranspirace je návrat padlé vody zpět do atmosféry. Děje se tak při výparu z vodních ploch (řeky, rybníky a jiné zemské povrchy), neboli evaporaci a transpiraci (výparu z rostlin), v malé míře respirací živočichů a sublimací ledu/sněhu. Ovlivňuje jí typ vegetace, druh půdy, sluneční záření, teplo, humus a vítr. Poměr mezi výdejem a příjmem vody z lesního povodí lze vypočítat rovnicí vodní bilance. Vyšší a nepřetržitá transpirace probíhá u hluboko kořenících rostlin (voda vydaná listům pochází od kořenů). Ve srovnání s listnatými stromy mají vyšší hodnotu evapotranspirace stromy jehličnaté.
- Odtok je na našem území největší na jaře, kdy tají sněhy a ledy, a nejnižší v zimě právě díky poutání vody nízkými teplotami či po suchém létu na podzim. Vysrážená voda odtéká z povrchu. V malém množství voda odtéká pod povrchem a ve větším po povrchu půdy (může nastat přirozená eroze půd). Podzemní voda prosakující puklinami a póry v hornině a v půdě představuje podpovrchový odtok. Moment, kdy je podpovrchový odtok významnější než povrchový, je pouze v oblasti vytvořené velmi propustným pískovcem a v krasovém území. Intenzita srážek, teplota a délka jejich trvání určuje velikost odtoku, dále na něm mají podíl propustnost hornin a půdy, typ vegetace, sklon svahů, zastavěnost terénu apod.
- Infiltrace je svižné pohlcování vody zvětralými a porézními horninami či půdou. Pokud je překročena absorpční kapacita zvětralinového pláště, začne se voda na povrchu hromadit. V téhle fázi koloběhu je důležité, na jaký druh půdy srážky dopadají. Infiltrovaná voda zadržovaná v puklinách je vodou půdní (Pačes 1982).

Čas, za který se tento cyklus započne a ukončí je vždy rozdílný, závisí na teplotě vzduchu, množství srážek, momentální podobě vody (plynné, kapalné a pevné), a kde se voda nachází (ledovcové kry, stojaté vody na pevninách, podpovrchové vody, rosa na jehličí, v půdě atd.). Mohou zabrat zlomek sekundy i milióny let (Pačes 1982).

3.1.1 Půda a její role v koloběhu vody

Půda vzniká v místech, kde se navzájem střetává litosféra s atmosférou, hydrosférou a biosférou, vzniká pedogenezí, kterou ovlivňuje čas a vnější faktory. Půda je nejdůležitější částí prostředí rostlin a má významnou roli v hydrologickém cyklu v přírodě. Retence a akumulace vody v půdě je dána její strukturou. Půdní struktura je trojrozměrný celek poskládaný z různých organických a anorganických částic nacházejících se v půdě. Zejména je tvořena z regolitu, vzduchu, vody a organismů. Znázorňuje fyzikální a biologické vlastnosti půdy a její nejcennější částí je jemnozem (mikroagregáty o velikosti pod 2 mm). Pokud je struktura stabilní, lépe odolává ničivým účinkům vody (srážky, vodní eroze). Rozhodující jsou přitom typ, druh, obsah humusu, způsob zpracování a biologická aktivita půdy. Obdělávání půdy a druh pěstovaných rostlin významně ovlivňuje strukturální změny půdy. Degradace půdy představuje poškození její struktury, dochází ke snížení obsahu živin, propustnosti, pórovitosti a jiným důsledkům při nevhodném zacházení s půdou. Je doloženo, že půdy strukturální vykazují lepší infiltraci, tudíž jsou úrodnější, mají malý povrchový odtok, lépe vodu zadržují a přijímají do půdního profilu a mají vliv na ochranu proti povodním. Půda je neodmyslitelnou součástí života rostlin a živočichů, nedoceněným štedrým dárcem skvostů a plodů, a neoddělitelnou součástí hydrologického cyklu:

- Kvalitní půda znamená v krajině obrovský vsakovací prostor a retenční uložisko pro vodu, jež zdatně převyšuje kapacity vodních nádrží. Retence je dočasné zadržetí vody v krajině. Dočasně se může zadržet v půdě, nadložním humusu, v korunách stromů, ve vodních nádržích atd. Retence je důležitá pro zachycení srážek. Retenční schopnost půdy je závislá na mnoha faktorech, která jsou neovlivnitelná (půdní textura) a ovlivnitelná způsobem hospodaření (obsah půdní organické hmoty, struktura půdy). Akumulací vody se rozumí dlouhodobé hromadění vody, kdy přirozeně k akumulaci dochází vsakem srážkové vody do půdy, to má za následek vznik podzemní vody. Uměla akumulace je hromadění vody v nádržích, v uměle vystavěných rybnících. Retence a akumulace vody v lesních povodích zmenšuje, zpomaluje a prodlužuje odtok (Šach a kol. 2003).
- Voda ve vertikálním řezu se člení do dvou základních zón – nasycených a nenasycených. Pod nenasycenou zónou svrchní půdní vrstvy se nachází nasycená zóna, kde veškeré pukliny, póry a mezery mezi částčkami hornin jsou plné vody. Podzemní vody, která tvoří 20 % veškerých zásob sladké vody

ve světě, jsou zdrojem vody pitné a užitkové. Její obrovské zásoby tvoří tzv. zvodně, a na nich závisí každodenní život lidí, jelikož z ní čerpají až 35 % pitné vody, v období sucha mnohem více. A právě v půdě uskutečňované procesy fungují jako příprava pitné vody (její obohacení o minerální látky, zachycení kontaminantů, úprava pH). Nemalou část připisovanou k dobru na filtraci vody má složení a užití technologie pěstování rostlin (www.web2.mendelu.cz).

- V ekosystémech a v jejich půdní složce probíhá infiltrace, retence, akumulace, také transformace (syntéza či rozklad látek), neutralizace znečištění, pufrace (do jisté míry udržování stabilního pH ústojným roztokem), acidifikace (okyselování půdy či kapaliny).

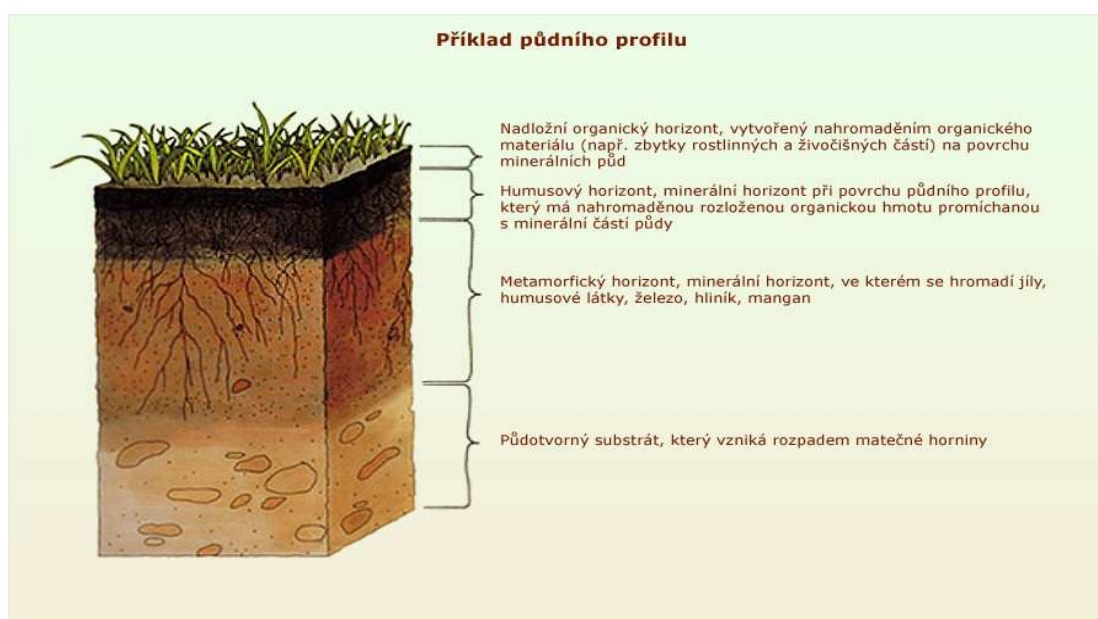
Důležitým poznatkem ze světově lesnické hydrologie je, že v lesním ekosystému má na srážkoodtokové procesy největší vliv lesní půda. Ostatní složky, jako jsou druhová skladba porostů, struktura, věk a tak dále, nejsou v hydrických účincích lesa tak důležité. Zdravá půda v lesích je schopná v ideálních podmínkách dosáhnout retenční kapacity o objemu 80 až 120 mm srážek, u reálně se vyskytujících půd se počítá se 40 až 60 mm. Tedy 5 až 9krát víc než u zemědělských půd, a to díky objemu nekapilárních pórů a struktuře vyvinuté a nepoškozené lesní půdy, a také infiltraci (zejména na povrchu půdy může mnohonásobně překročit možnou intenzitu srážek). Předpokládá se, že až na $\frac{1}{4}$ může lesní půda snížit objem velkých vod na malých tocích i při nepříznivých půdních poměrech (Krečmer a kol. 2003).

Význam půdy pro společnost je veliký, nejenže má produkční potenciál a je zdrojem surovin, ale slouží i jako učebnice, ze které lidstvo čerpá informace o historii a předchozích tvorech žijících na této planetě, je i podkladem pro výstavbu infrastruktury, staveb, obydlí a růst rostlin nejen v zahrádkách, polích a lesích.

Vznik prvních půd nastal asi před 400 až 350 miliony lety v sedimentech, které se nacházely v ústích řek směřujících do moře. Vzniklé sedimentární horniny umožnily život prvních rostlin a půdních živočichů, kteří se též na zem dostali z mělkého prostředí moře. Výchozím materiálem vzniku půdy a předmětem přeměn v půdě je matečná hornina. Do té se postupně zapojily odumřelé části rostlin a mikroorganismy. Při zvětrávání působí na horninu klimatické podmínky. Matečná hornina zvětrává a rozpadá se. Vlivem vody mění chemické složení. Rychlost tvorby půd je dána podnebím a momentálním stavem horniny. Je to složitý proces s vlastní dynamikou

(Kutílek 2012). Působením všech těchto činitelů v půdotvorném procesu se z dřívě mrtvé horniny vytvoří půda. Elementárními půdotvornými procesy jsou zejména zvětrávání, eluviace a iluviace, humifikace, oglejení a glejení, a zasolování (Tomášek 2007).

1 cm tloušťky půdy se u nás vytvoří zhruba za 100 let, vytvořit celý půdní profil trvá kolem 1000 let. Erozí se půda ztrácí, odnáší ji především voda a vítr, to vede k přetvoření vzhledu krajiny. U nás je běžně erozí odnesena vrstva o síle 0,5 mm (neboli za 20 let 1 cm půdy). Rychlost eroze je dána mnoha faktory, způsobem obdělávání půdy, klimatem, vegetací, sklonem a délkou svahů, i vlivem člověka (www.vitejtenazemi.cz). K utvoření půdního profilu dochází při zvětrávání a následném půdotvorném procesu. Půdotvorné pochody v našich podmínkách zasahují do hloubky 120 až 150 cm. Vykopáním půdní sondy svislým průřezem odkryjeme profil. Půdní profil se člení na půdní horizonty (Obr. 2), jednotlivé horizonty se vyznačují svými specifickými znaky (morfologické se nejlépe rozeznávají) a vlastnostmi (fyzikální a chemické), svou rozdílností ovlivňují nejen výskyt fauny a flory. Názvy horizontů jsou odvozené od jejich hlavního půdotvorného pochodu, díky kterému vznikly. Půdní horizonty rozeznáváme: horizont nadložního humusu, humusový, rašeliny, eluviální, iluviální, vnitropůdního zvětrávání, oglejený a glejový (Tomášek 2007). V zjednodušeném měřítku se rozlišují čtyři hlavní horizonty – nadložní organický, humusový, metamorfický, půdotvorný substrát.



Obr. č. 2 - Příklad půdního profilu. Zdroj: www.wikipedia.org

Pro lesní půdu je charakteristický humusový nadložní horizont (organický horizont), například u zemědělských orných půd se nadložní humus nevyskytuje. Jeho mocnost vrstvy nepřevyšuje 15 cm. Profil humusové formy je dán jeho horizonty nadložního humusu, které se označují písmenem O, a minerálním horizontem A. Nadložní humus je tvořený organickými látkami (nad 70 %), které jdou spálit neboli z lesního opadu na propustných a nezamokřených půdách. Dělí se (Vráblíková, Vráblík 2008):

- Horizont opadu (OL), také litter či fôrna, ve kterém nalézáme listí, jehličí, větvičky, kůry, semena a čerstvé zbytky rostlin, vše je od sebe dobře rozeznatelné. Amorfní část představuje méně než 10 %.
- Horizont drtě (OF), také fermentační horizont, tvořený měli, u které se nedá určit původ (10 až 50 % amorfní složky), a převažujícími částečně rozloženými, ale identifikovatelnými organickými zbytky (drtí).
- Horizont měli (OH), či humifikační horizont, tmavě zbarvený, humifikační procesy v takovém stádiu, že již nelze rozeznat původní strukturu organických zbytků (nad 50 % amorfní složky, popel pod 30 %), dělitelná na další subhorizonty.

Hlavní formy nadložního humusu se určují podle přítomných či chybějících horizontů nadložního humusu (Vráblíková, Vráblík 2008):

- Mor (surový humus) se tvoří za nepříznivých podmínek, jejichž vlivem se organické zbytky těžce rozkládají, jsou to převážně kyselé, minerálně chudé půdy, chladné a vlhké klima, opad z jehličnanů a kyselomilná vegetace. Na rozkladu se ve velké míře podílejí houby a plísňe. Spolupráce zooedafonu je značně zminimalizovaná vesměs na zástupce roztočů a chvostoskoků. Povrchový humus (mor) je viditelně oddělený, a tudíž rozeznatelný od podložního minerálního horizontu. Poměr C/N je okolo 20, pH 3,0 až 4,2. Je tedy chudý na dusík.
- Moder – přechod mezi morem a mullem. Vzniká v příznivějších podmínkách, pod smíšenými, ale i pod bukovými lesy. Přítomnost všech horizontů L, F i H. Do minerálního podloží se mísí postupně, přechod je méně ostrý. Zastoupení půdní fauny je vyšší, s mnoha exkrementy členovců, dešťovky se vesměs neobjevují. Poměr C/N je 15 až 20, pH kolem 5.

- Mull – tvoří se za velmi příznivých podmínek, charakteristické je vesměs mírné až teplé klima, půdy dobře zásobené živinami, příznivě vlhké, pod listnatými či smíšenými lesy. Přítomnost horizontu L, chybí horizont H a F se objevuje jen v nesouvislé vrstvě/v náznaku. Poměr C/N je pod 15, pH nad 5,5. Celková síla mullu na jaře nepřesahuje 2 cm. Dešťovky jsou přítomné. Edafon je silně citelný, typický je rychlý rozklad organických zbytků, v létě se mohou i vytrátit, poté bývá horizont A holý.

Organická část půdy má značný význam. Z biologického pohledu má vliv na aktivitu enzymů, organismy a růst rostlin, je zásobárnou energie a zdrojem živin, ovlivňuje odolnost ekosystému. Z pohledu vlastností fyzikálních a chemických má vliv na retenci vody, stabilitu struktury půdy, pufrční schopnost a kationtovou výměnnou kapacitu. I poměrně malé změny v jejím obsahu můžou vést ke změně některých vlastností půdy. Primární producenti jsou hlavním zdrojem organické hmoty (Šarapatka a kol. 2002).

Do lesního půdního fondu patří půdy, na kterých se vyskytují porosty, které slouží k hospodaření, produkci dřeva a k mimoprodukčním funkcím; dále to jsou půdy nad horní hranicí stromové vegetace; půdy určené k zalesnění a ostatní půdní plochy pro lesní hospodaření jako jsou stavby, cesty a podobně (Vráblíková, Vráblík 2008).

3.1.2 Les a jeho význam v koloběhu vody

Ve světě je lesy pokryta $\frac{1}{3}$ zemské pevniny (více než 41 000 000 km² neboli 31 % pevniny). Člověk, pták, zvěř, rostlina, každý vnímá les jinak, definice o tom, co je les, je ve světě mnoho. Lesem se dle zákona č. 289/1995 Sb., Zákon o lesích a o změně některých zákonů (Zákony 2015) rozumí stromové porosty (stromy a keře) a pozemky na kterých rostou. Je to systém vytvořený ze vztahů mezi biotickými a abiotickými složkami prostředí, který má své klima a půdu. Pro lesníky je les dán také lesnickou definicí, která les zobecňuje minimální výškou stromů, zápojem korun a rozlohou lesa. Lesy jsou listnaté, jehličnaté a smíšené. Dle Lesního zákona se lesy dělí do tří kategorií podle jejich převažujících funkcí, a to na lesy ochranné, lesy zvláštního určení a lesy hospodářské. Nezahrnutá, ale důležitá funkce lesa je funkce ekologická, která se podílí na vzhledu krajiny, na zachování původních rostlin a živočichů.

Plocha lesů České republiky se zvětšuje, nyní je zalesněno kolem 34 % území, což k roku 2016 činilo 2 669 850 ha. Z toho 1 937 435 ha jsou lesy hospodářské. Výměra jehličnatých stromů se každým rokem zmenšuje, za čímž stojí úsilí lesníků, kteří se snaží, aby struktura lesů byla druhově přírodě bližší. V tomto směru mají i podporu státu v rámci dotací cílených na vyšší smíšení lesů. I díky tomu se podíl listnatých stromů navyšuje, zejména plocha buku. Náhled na přirozenou a současnou skladbu lesů uvádí tabulka číslo 1 (Zpráva o stavu lesa 2016).

Tab. č. 1 - Rekonstruovaná přirozená a současná skladba lesů (v %)

Skladba lesů	Smrk	Jedle	Borovice	Modřín	Ostatní jehličnaté	Celkem jehličnaté	Dub	Buk	Habr
Přirozená	11,2	19,8	3,4	0,0	0,3	34,7	19,4	40,2	1,6
Současná	50,5	1,1	16,4	3,8	0,3	72,1	7,2	8,3	1,3
Doporučená	36,5	4,4	16,8	4,5	2,2	64,4	9,0	18,0	0,9
Skladba lesů	Jasan	Javor	Jilm	Bříza	Lipa	Olše	Ostatní listnaté	Celkem listnaté	Holína
Přirozená	0,6	0,7	0,3	0,8	0,8	0,6	0,3	65,3	0,0
Současná	1,4	1,4	0,0	2,8	1,1	1,6	1,6	26,7	1,2
Doporučená	0,7	1,5	0,3	0,8	3,2	0,6	0,6	35,6	0,0

Zdroj: Hodnoty získané ze Zprávy o stavu lesa 2016. Tabulka vlastní.

Významný je les zejména jako zdroj dříví, kyslíku, poutač oxidu uhličitého, pohlcovač prachových částic a ničitel některých škodlivých látek ve vzduchu. Lesní vegetace je jednoznačně hlavním zdrojem dodávajícím půdě organický materiál. Slouží k rekreaci lidí a k jejich oblíbené sběratelské činnosti (zejména houby a borůvky). Lesy jsou přeborníky v zadržování vody, jsou tudíž významnými účastníky hydrologického cyklu, a tvorbě zdravé půdy, kde plní ještě jednu významnou roli a to, že prospívají půdě svými kořeny, čímž jí zpevňují a chrání před erozí.

Důležitou součástí lesů jsou právě jejich půdy. Lesní půdy se v České republice tvoří těžce vlivem malého území, rozdílného způsobu hospodaření i vlivem člověka. Jejich vývoj a vlastnosti jsou závislé na geologickém substrátu, chemismu a klimatických podmínkách. Hlavním aktérem při tvorbě lesních půd jsou dřeviny a byliny, nelze opomenout ani ostatní živé organismy. A jak půdotvorný proces stárne, nabírají na síle vlivy bylinného pokryvu a zejména lesního prorostu. Například zvětrávání hornin probíhá pod porostem rychleji, hlavně díky kořenům, vlivům chemických látek z opadu a z něj utvořeného humusu. Zvětrávací procesy probíhají pod každým stromovým porostem rozdílně díky jejich odlišným humusovým formám (podle druhu dřeviny), za

to účinně, a tím ovlivňují ráz půdního profilu a každého půdního typu. Půdy v lesích České republiky jsou zásobeny minerály většinou dostatečně, substrátů chudých na minerály je asi 45 %, bohatých na živiny 10 % a středně obohacených 45 %. Půda v lesích je základem pro plnění jejich funkcí a tělesem, na kterém také probíhají fyzikální, chemické, biochemické a mikrobiální procesy. Vše je navzájem propojené a změny probíhají v dlouhodobých a několik let trvajících cyklech. Dělí se (Vráblíková, Vráblík 2008):

- ✓ Půdy lesní absolutní – tato půda se nemůže stát půdou zemědělskou a nelze jí zpracovávat jiným způsobem.
- ✓ Půdy lesní relativní – zbylá veškerá půda, kterou lze změnit na půdu zemědělskou.

Často diskutována je v posledních letech přeměna zemědělské půdy na půdu lesní. Jelikož v různých dřívějších dobách byly velké plochy zemědělské půdy ponechány přirozenému vývoji, není intenzita obnovy lesní půdy na těchto stanovištích známá. Rychlostí obnovy lesních ekosystémů a jejich srovnání s přírodě blízkými či přirozenými lesními porosty se zabýval výzkum na zalesněných lokalitách Orlických hor. Výsledky ze zalesněných bývalých zemědělských půd potvrdily vcelku rychlé hromadění nadložního humusu (dosahovala až 70 % sušiny holorganických horizontů trvale zalesněné plochy), čemuž slouží jako důkaz doba založení zkusných ploch, která proběhla před 50lety. Postup obnovy lesních půd měl ve sledovaných porostech (buk, smrk, přirozená druhová skladba - směs s dominancí smrku) značný potenciál (Podrázský, Remeš 2008a). Výběr vhodných dřevin je v tomto případě na místě, jelikož jsou rozhodujícími činiteli při vzniku humusových forem, důležité je také jejich vhodné umístění (Podrázský, Remeš 2008).

Zejména pro zdraví půd a některých druhů dřevin je důležité, aby se nacházely v co nejlepších možných podmínkách. Významnou roli hrají i výšková pásma, která jsou v Čechách velice dobře uskupená, od dubového až po smrkový lesní vegetační stupeň, a jak z názvu napovídá, je zřejmé, kde je pro jaký porost ideální místo, přesto většina lesů nemá přírodě blízké složení a tak si i půdy mnohokrát nezachovávají svou původní úrodnost (Vráblíková, Vráblík 2008). Je potřeba se zaměřit na jejich uzdravení, na to, aby se půda zachovala v co nejlepším stavu, byla úrodná, a aby se dřeviny

nenacházely v nevhodných podmínkách, ve kterých se stávají oslabenými a náchylnými k různému typu poškození.

Příčemž plynulá regenerace, obnova lesního ekosystému, reprodukce a produkce lesů je to, co by měla zajišťovat struktura lesa. Funkce ekosystému lesa je obnova jeho jednotlivých složek, vytváření organické hmoty a cyklus látek i s jeho toky energie (Podrázský 2014).

Struktura je u ekosystému lesa dána jeho skladbou a složením, kterou lze popsat ve vertikálním směru (jednotlivé dílčí ekosystémy, lze u nich hovořit o vnitřní struktuře či vnitřním a vnějším uspořádání lesa) nebo v horizontálním směru (popis a vylíčení lesa, uspořádání, vzhled, vlastnosti, vnější struktura a textura lesa, s hlavním významem v pěstování či ochraně přírody). Vylíší se znaky dočasné (mění se vývojem lesního ekosystému) nebo trvalé (ovlivňují je přírodní podmínky či lidský zásah):

- ✓ Druhová struktura – zde se rozlišují v rámci biodiverzity i s přihlédnutím ke genetice (složení populace, klony) autochtonní, tedy původní, a alochtonní čili nepůvodní druhy, které se později dělí na stanovišti, z různých pohledů a odvětví, za vhodné a nevhodné.
- ✓ Funkční struktura – je dána zejména zastoupením složek geografické sféry (např. složky abiotické a biotické, pedosféra, hydrosféra) a jejich vzájemnými vztahy (toky energie, výměny látek, reprodukce). Zde se též vylíší organismy podílející se na celkovém zpracování energetických procesů ekosystému, což jsou producenti, reducenti, paraziti, destruenti a konzumenti, kteří určují svými potravními řetězci a sítěmi toky energie, látek a jejich proměny v čase.
- ✓ Prostorová struktura – plocha, kterou les zaujímá, se označuje jako produkční. Rozlišuje se prostor kořenový, kmenový a korunový, kde probíhají střety členů společenstva navzájem a s jejich prostředím. Systémů členění nadzemního prostoru je řada, pojednávají o podrobnějších termínech popisujících prostor lesa např. vrstva, zápoj, etáž, výška a tloušťka (Podrázský 2014).

Nejdůležitější vlastností lesa v koloběhu vody je jeho hospodaření s vodou. Za vodním režimem lesních ekosystémů stojí nabídka atmosférických srážek, množství vody užitá lesem a změna zásoby vody v půdě. Tato skutečnost se znázorňuje vodní bilancí a její základní rovnicí: O (odtok) = S (srážky volné plochy) - ITE (sumární výpar = intercepce, transpirace a evaporace z půdy) $\pm \Delta Vp$ (změna zásoby vody v půdě). Zkráceně lze říci,

že z lesa odchází voda, která není spotřebována na fyzikální výpar (intercepci, evaporaci z půdy), fyziologickou potřebu (transpiraci) a na doplnění zásob půdní vody. Jaké množství vody lesní porosty použijí je závislé na biomase lesních ekosystému, zejména na asimilačních orgánech, která je výrazně vyšší u smrku (15 až 20 tuny sušiny jehličí na hektar), než u buku (2 až 4 tuny sušiny listů na hektar), u kterého se navíc musí brát v potaz jeho vegetační období, které trvá 5 až 7 měsíců (Kantor, Šach 2003).

Les je důležitým aktérem při retenci vody v krajině. Zachytí většinu dešťové/sněhové vody (spadne na něj až 50 % všech srážek), a to díky výhodnému umístění ve středohorských a horských oblastech, kde roční úhrn srážek činí 800 až 1500 mm (Kantor, Šach 2003). Ve srovnání s jednotlivými druhy ekosystémů, má největší schopnost zadržování vody přirozený lesní biotop. Dochází u něj k nejnižším ztrátám vody výparem z půdy (asi 10 % ročních průměrných srážek) a k minimálnímu odtoku srážek po povrchu. Výpar z půdy (evaporace) na jiných plochách je o mnohem větší, na stále travnatých stanovištích dosahují 25 %, na obhospodařovaných polích 40 % a na odkryté půdě (bez rostlinstva či dřevin) až 100 %, což je hodnota pouštní. Odtok je i na některých loukách a většině polí výrazně větší než v lesním porostu (Cílek a kol. 2017). Zvýšený povrchový odtok se naskytuje při tání sněhu v jarním období v čistém bukovém porostu, jelikož uležená vrstva listů neumí vsáknout tak velké množství vody jako hrabanka ze smrkového jehličí. Důležitá je zde též rychlost tání sněhu, kdy v bezlistém porostu buku je za teplého počasí až o 30 % vyšší než v zapojeném smrkovém porostu. K intercepci (dalšímu výparu) v lesích dochází také v korunách stromů, kde se skrývá část srážkové vody. Jehličnaté stromy zadrží v korunách podstatně více srážek než ty listnaté. Ve srovnání smrkového a bukového porostu nacházejícího se v Orlických horách se výpar v ročním průměru vyšplhal na 210 mm (16 % srážek) u smrku a jen 85 mm (7 % srážek) u buku. Zbytek srážkové vody propadá korunami na zem nebo stéká po kmeni. Po kmeni dospělého buku steče až 1500 l vody při srážkách o síle 50 mm a po smrkovém kmeni jen 30 až 50 l (Kantor, Šach 2003).

Také staré či přestárlé lesy mají obecně větší schopnost retence vody, a navíc měnit srážky na zásoby vody podzemní. Tři hlavní složky zadržování vody lesem:

- ✓ Akumulace povrchové vody v nadložním humusu a mechu.

- ✓ Intercepce a záchyt srážek na listech/jehličích stromů. Tato složka se na bilanci může projevit negativně, pozitivně v případě vyšších horizontálních srážek.
- ✓ Převod vsakem povrchového odtoku do půdy na podzemní odtok (infiltrace).

Obzvláště v polohách vyšších (cca od 750 m n. m.) k schopnosti zadržení vody lesy přispívají i horizontální srážky, kdy se v létě usazují jako mlha či rosa, a v zimě jako námraza, jinovatka a ledovka (Cílek a kol. 2017). Další možné navýšení porostních srážek je v polohách od 600 m n. m., a to na návětrných svazích hor při horizontálních dlouhotrvajících deštích, toto navýšení se může vyšplhat až k 10 % srážek na volné ploše (Krečmer a kol. 2003).

Jestliže srážky nestečou po kmeni, dopadnou na půdu, do které se v určité míře vsáknou. Infiltrovaná voda naplní půdní póry a systémem vodních kanálků vytvořených kořeny či živočichy se nahrne k horninovému podloží a tam se v prohlubních ukládá. V nepropustném podloží infiltrovaná voda přechází do podpovrchového odtoku půdou, pokud je podloží puklinové, stává se součástí odtoku podzemních vod. Zde stojí za zmínku, že vsakovací schopnost zemědělské půdy je mnohem nižší než u lesů (Kantor, Šach 2003).

Pokud bychom vybírali z jednotlivých částí stromu, tak nejdůležitějším faktorem při zadržování vody v lesích by byl kořenový systém. Zde záleží na tvaru kořene, hloubce a míře prokořenění. Osika a smrk mají aktivní kořeny do hloubky 30 cm. Bříza, habr, javor mleč, javor babyka, jeřáb, olše, topol, vrba a stěmcha do hloubky 100 cm. Buk, jasan, dub, jírovec, jilm, javor klen, lípa, borovice, modřín a jedle do hloubky přes 100 cm. Na hlubokých půdách některé dřeviny byly schopné zakořenit významně hlouběji, například borovice do 4,5 m, dub až do úžasných 10 m (www.mezistromy.cz). Obvyklou činností kořenů je odsávání vody z půdy, která slouží k běžnému biologickému fungování stromů jako je např. transpirace. Intenzita výdeje vody z povrchu stromu, z listů či jehličí, je 2 až 5krát vyšší u listnatých dřevin než u těch jehličnatých. Avšak s ohledem na vyšší množství biomasy jehličí oproti listům se velké rozdíly při transpiraci listnáčů a jehličnanů nenacházejí. Také ve výzkumu v Orlických horách porosty buku a smrku spotřebovaly na transpiraci víceméně stejné množství srážkové vody (průměrně 180 až 200 mm za rok). Také výpar z půdy se v obou porostech pohyboval kolem stejného čísla, a to 80 mm za rok (Kantor, Šach 2003).

Veškeré tyto činnosti vytváří specifické klima lesa, kdy se pomocí transpirace část vláhy vrátí zpět do krajiny a umocní koloběh malého vodního cyklu.

Les je tak mnohem lépe vybaven na déle trvající a silné deště než bezlesí, i při naplnění vodní kapacity lesních ekosystémů je ve srážkoodtokovém procesu účinnější, zejména pro lesní půdy charakteristickým a převažujícím podpovrchovým, neboli hypodermickým odtokem srážek půdou, kdy odvede vodu se zdržením (retardací) do toků a přitom stále vykonává další infiltraci srážkové vody do půdy. Nápomocné jsou tak právě i stromy odčerpávající vodu z půdy a uvolňující tak vodní kapacitu půdy pro další příjem srážek. U lesních porostů se počítá s odsáním vody do 5 mm za 24 hodin, a do 40 mm za týden při bezesrážkovém počasí. Na mýtinách nebo v proředěných porostech s přízemní vegetací (bušení) může být z půdy odsáno do 26 mm vody za týden. Nejvýrazněji se desukční (odčerpávací) schopnost lesa ve srovnání s bušením projevuje na hlubších půdách s prostorem pro velké kořenové systémy stromů. U půd náchylných k zamokření desukce lesa jejich volnou vodní kapacitu udržuje v rhizosféře, čímž les i u nich přispívá k retenci a zpomalení odtoku srážek. Ojedinelým jevem v lesích je povrchový odtok srážek, jelikož lesní půda je výborně chráněná před vodní erozí nadložním humusem a četnými povrchovými nerovnostmi. Také je dobře zpevněná obrovským množstvím živých a mrtvých kořenů (Krečmer a kol. 2003).

A tak výběr dřevin v porostu se zápojem korun, hustotou zakmenění, věkem a výškou stromů, druhem a vlhkostí půdy nebo činnostmi její mikrobiální složky, rychlostí proudění větru, sklonem svahů a jinými faktory jsou spoluautorem vlastností různých typů lesa. Jsou i vlastnosti, které se mění nejen za průběhu roku, některé vykazují i denní periodicitu – rostlinné dýchání a fotosyntéza. Rozdíly ve schopnosti zadržovat vodu nalezneme tedy spíše v různých typech vegetace, než ve druhu lesa, ať les listnatý či jehličnatý, celková zádržnost vody se zásadně neliší. Zatímco smrkové porosty vykazují dost velký podíl intercepce (nejvhodnější umístění je pro ně tedy v horách, kde je více horizontálních srážek), bukové porosty oproti tomu mají větší podíl infiltrace. Nejvýhodnějším hydrologickým modelem porostu je proto u nás nejspíše smíšený les. Jestliže se zaměříme spíše na požadavek zadržování vody, tím nejvýhodnějším modelem by měl být porost složený s mírným upřednostněním jehličnatých stromů. Retenční kapacitu mají lesní porosty vysokou, a to i bez přihlídnutí na druhovou skladbu, avšak je třeba se zabývat zdravotním stavem lesů, porosty citlivé k imisím, na nevhodných místech či poškozené kůrovcem a zvěří nedokážou tak precizně sloužit

jako ty zdravotně zdatné. Důležitý je také vznik kvalitního mechového patra, hrabanky s vhodným složením a tak dále. Za místními povodněmi může stát nešetrnost hospodaření v lesích, u kterého klesá retenční schopnost porostu. Za čímž nestojí jen holoseče, ty mohou být schopné zachovat si po nějakou dobu lesní půdu a ve většině případů být opět osídleny náletem. Mnohem větším problémem se zdá být odkrytá půda po stinném lese, hůře přežívá a těžko osidluje půdy na obrovských vymýcených parcelách zatížených letním horkem. Jízdy těžké techniky představují další zátěž. Během těžby dřeva se obzvláště narušuje nadložní humus, také se ve velké míře udusává půda, ale dokonce se vytváří nové lesní cesty, které jsou ve většině případů ve zhoršeném technickém stavu, a vydatnější dešti se stávají erozními koryty. Odtok vody do nich míří a nese sebou hlínu. Odtoková voda má za normálních podmínek obvykle možnost se vsáknout do půdy, v této situaci je urychlen její povrchový tok z daného území do nejbližší vodoteče. Odrážky jsou jen rychlým řešením v kritické situaci. Omezují erozi nezpevněných cest, ale převádějí odtok podzemní na nežádoucí odtok po povrchu, tím pádem jsou nutné další úpravy. Pokud projdeme lesy starých obor či jiná místa, kde se o les velmi dobře staralo, často narazíme na staré rýhy zaplněné půdou, které dříve odnášely vodu až stovky metrů hlouběji do lesa, kde poté docházelo k jejich vsaku. Z těchto nově vytvořených cest také mohou vzniknout erozní rokliny, které mohou snížit hladinu podzemní vody, a tak oslabit stromy s mělkými kořeny (smrky). Erozní zahloubení u nich může být až několik metrů, tím se lehce vytvoří představa o množství půdy, která se jim odplaví. Při dešti se nezpevněné cesty při těžbě dřeva rozbahňují, většinou si řidiči vytvoří nové cesty, paralelní, tím problém znásobí. Nepotřebné cesty a transportní dráhy nejsou po těžbě odstraněné, les tedy dále nadbytečně přichází o vodu a půdu. Pro zlepšení vodního režimu lesa je vhodné se zaměřit na uzdravování jeho porostu, vhodné druhové skladbě, a hlavně na jemnější lesní hospodářství, tedy omezovat vjezd těžkých strojů, omezit transport dříví po půdním povrchu, obnovovat a oživovat lesní nepotřebné cesty a erozní rýhy a dobře pečovat o cesty potřebné. Tato doporučení existují více než 100 let. Například hrazením lze upravit rokle a erodované cesty. Podél stávajících cest a na jejich vhodných místech je třeba udělat prostor pro zadržování bahna a vody zasakovacími a kalovými jámami a jinými vodními nádržkami. Stavem lesů lze ovlivnit malé povodně (např. o rozsahu 20leté vody), vliv vegetace je však u větších povodní menší (Cílek a kol. 2017).

3.2 Pedofyzikální vlastnosti půdy

Půda je tvořena z tuhé fáze (minerální a organické částice), neboli tzv. disperzního podílu, kapalně fáze a plynné fáze, spolu tvoří disperzní prostředí. Půda je polydisperzní systém (různé tvary a velikosti částic). Stupeň disperzity roste, pokud klesá velikost částic. Částice se mohou vyskytovat samostatně, avšak nejčastěji tvoří shluky (agregáty), a ty vytvářejí půdní strukturu (Jandák a kol. 2014). Dělení disperzních systémů podle velikosti částic:

- ✓ Hrubé disperze – průměr částic větší než 0,1 μ
- ✓ Koloidní disperze – průměr 0,1 μ až 1 μ
- ✓ Analytická disperze – menší než 1 μ

Koloidní vlastnosti mají částice, které jsou menší než 2 μ . Poutají ionty, plyny, vodu, mohou způsobit kohezi i bobtnavost půdy. Půdní vlastnosti se dělí na fyzikální, chemické a biologické. Fyzikální vlastnosti si lze představit jako celý soubor různě kombinovaných půdních vlastností, podmiňujících disperznost základních částic a vzájemné vztahy mezi pevnou, kapalnou a plynnou fází. Dělí se na základní (půdní znaky) a ostatní (zjistitelné až v laboratoři) fyzikální vlastnosti (Vráblíková, Vráblík 2006).

3.2.1 Půdní znaky

Znaky půdy jsou dány zejména hloubkou půdy a humusového horizontu, zrnitostí, půdní strukturou, skeletem, barvou půdy, vlhkostními poměry a konzistencí, jsou makroskopické, tedy viditelné pouhým okem či znatelné na pohmat. Podle těchto základních vlastností půdy se rozlišují půdní druhy a typy půd (Tomášek 2017, Ziegler 2006, www.vitejtenazemi.cz):

- Skeletovitost udává míru úlomků hornin v půdě (v objemových %) a jejich velikost (v mm). Rozdělují se na hrubý písek (grus x kies), štěrk, kamení a bloky. 70 % lesních půd obsahuje skelet.
- Vlhkostní poměry půdy jsou dány jejím množstvím vody v půdě. Půdy se dělí na půdy vyprahlé (vlhkost necitelná), suché (nestudí), vlahé (pocit chladu, ale ruku neovlhčí), vlhké (ruce ovlhčí) a mokré (voda z ní kape).
- Novotvary jsou znaky vzniklé různými vlivy na půdu, například cicváry, chodby po dešťovkách, ortšejny, koloidní povlaky.

- Konzistence je kyprá (nedrží a sype se), drobivá (rozpadá se pod mírným tlakem), soudržná (rozpadá se pod větším tlakem), tuhá/ulehlá (v ruce se nerozpadá, proniká až nástroj) a velmi tuhá (nepronikne ani nástroj).
- Půdní barva je velmi důležitý půdní znak, podle kterého se může hodnotit třeba charakter matečného substrátu. Barvu ovlivňuje přítomnost barvitých složek jako je sloučenina železa (zbarvuje půdu červeně, hnědě, žlutě), sloučenina manganu (zbarvuje půdu hnědočerveně či nafialověle), kaolinit a uhličitán vápenatý (zbarvují půdu žlutavě, šedavě, bělavě), jíl a křemen (dávají půdě neurčité světlé zbarvení) a humus (zbarven hnědavě či černě).
- Půdní struktura se vyznačuje velikostí a tvarem půdních částic (drobné kamínky, hrudky, prach, sloučeniny železa a tak dále), vlastnostmi agregátů a vývojovým stupněm. Důležitý je i zooedafon, který se podílí na tvorbě struktury, hlavně svými exkrementy. Míra stmelení agregátů je ukazatelem stability struktury. Podle stupně vývoje se půda dělí na strukturní, jemně strukturní a nestrukturní. Podle tvaru a velikosti na hrudovitou, hrudkovitou, drobtovitou, jemně drobovitou, práškovitou, hrubě polyedrickou, polyedrickou, drobně polyedrickou, kostkovou, kostěčkovou, lístkovitou, sloupcovitou, deskovitou, destičkovitou, prizmatickou, hrubě prizmatickou a drobně prizmatickou.
- Půdní zrnitost (textura) je nejvýznamnější pedofyzikální znak a je ovlivněná zastoupením jednotlivých velikostně rozdílných minerálních částic. Jemnozern (minerální částice v průměru pod 2 mm) má pro půdu největší význam a provádí se na ní skoro všechny půdní rozборы (Tab. 2). Zastoupení frakcí umožňuje zařadit půdu do půdního druhu.

Tab. č. 2 - Rozdělení půdy podle procenta obsahu částic menších než 0,01 mm

Písčité	0–10 % částic menších než 0,01 mm (půdy lehké)
Hlinitopísčité	10–20 % částic menších než 0,01 mm (půdy lehké)
Písčitohlinité	20–30 % částic menších než 0,01 mm (půdy střední)
Hlinité	30–45 % částic menších než 0,01 mm (půdy střední)
Jílovitohlinité	45–60 % částic menších než 0,01 mm (půdy těžké)
Jílovité	60–75 % částic menších než 0,01 mm (půdy těžké)
Jíl	> 75 % částic menších než 0,01 mm (půdy těžké)

Zdroj: www.vitejtenazemi.cz. Tabulka vlastní.

Průsak vody do půdy závisí na textuře půdy. Hlinité půdy umožňují její lehký průnik, vsak a její uchování v půdě pro výživu rostlin, jsou to půdy vhodné pro zemědělskou činnost, mají nejlepší fyzikální a chemické vlastnosti. Hrubě písčité půdy vsakují vodu velkou rychlostí, avšak zadržují jí ztěžka, při vyšších teplotách se rychle zahřívají, snadno se vylouhují a nemají dostatek živin. Jílovité půdy mají špatné odvodnění, při dostatku srážek jsou silně nalité vodou, v suchém období tvrdnou a vysušením se otevírají. Příliš zpevněná půda má špatnou infiltrační rychlost a voda spíše mizí povrchovým odtokem. S živinami jsou na tom dobře, při správném zacházení ji lze kultivovat. Kamenité půdy neudrží živiny, těžce se jimi manipuluje a vysychají.

Propustnost pro vodu ovlivňuje půdní struktura (ta mimo jiné ovlivňuje i pronikání kořenů do půdy), kdy drobtovitá struktura, která je plně vyvinutá a její chodbičky volných prostor na sebe navazují, propouští vodu všemi směry. Také kostková struktura dovoluje vodě pohyb všemi směry, díky svým tvarům. U prizmatické struktury volné prostory mezi agregáty mají ve většině případů vertikální směr, tudíž i jejich pohyb vody je především vertikální. Taktéž se děje i u sloupcovité struktury. Neuspořádané prostory mezi agregáty má deskovitá struktura, zde převažuje laterální (boční) pohyb vody. Co se týče horizontů, převahu drobtovité struktury nalézáme v A horizontech, prizmatické struktury v B horizontech a kostkové struktury v C horizontech.

3.2.2 Ostatní fyzikální veličiny

Na rozdíl od půdních znaků se ostatní fyzikální vlastnosti zjišťují v laboratořích. Patří mezi ně například obsah a složení humusu, půdní vlhkost, minimální vzdušná kapacita, půdní reakce, objemová hmotnost, typ a stupeň zasolení, škodliviny v půdě, půdní pórovitost a mnoho dalších (Ziegler 2006). V této práci se zaměříme na níže uvedené veličiny, které nám poslouží pro hodnocení vlivu dané dřeviny na pedofyzikální vlastnosti půdy:

- Momentní půdní vlhkost je vlhkost půdy ve chvíli, kdy se vzorek odebere. Výsledky se uvádí v procentech objemu nebo hmotnosti. V pedologii má větší váhu vyjádření půdní vlhkosti v objemových procentech, jelikož voda v půdě v prvotních chvílích působí spíše objemově. Momentní vlhkost půdy se tedy dá měřit z neporušeného vzorku ihned po odebrání ze země (objemová vlhkost

půdy), anebo z porušeného vzorku (hmotnostní vlhkost půdy). Poslední jmenovanou hodnotu lze měřit i z neporušeného vzorku (Valla a kol. 1983).

- Objemová (volumová) hmotnost půdy je její hmotnost v přirozeném stavu, tedy s póry naplněnými momentním obsahem vody a vzduchu (tak jak se odebral vzorek z přírody). Je dána specifickou hmotností, podílem pórů v půdě a mírou zaplnění vodou. Mění se v závislosti na vlhkošních poměrech půdy. Rozděluje se za prvé na objemovou hmotnost suché půdy, která je jednotkovou hmotností objemu vysušené půdy, její hodnoty jsou stálější a její výskyt je ve svrchních vrstvách půd. Znázorňuje kyprost a ulehlost půdy. A za druhé na objemovou hmotnost vlhké půdy, která nemá stálou hodnotu, jelikož je dána půdní vlhkostí. Změny probíhají jako u pórovitosti zapříčiněním smršťování a bobtnáním horniny v důsledku mrazu, obrábění, změně vlhkosti, rozrůstáním kořenového systému a tak dále. Má snahu pronikat až do větších hloubek půdního profilu (Jandák a kol. 2014).
- Nasáklivost, nebo také plná vodní kapacita, je maximální zaplnění všech pórů v půdě vodou, jež charakterizoval V. Novák. Dnes se nahrazuje výpočtem pórovitosti. Nižší než pórovitost má být u nebobtnavých půd a u bobtnavých půd jí zastupuje pórovitost (Valla a kol. 1983).
- Půdní pórovitost je dána volnými prostory v půdní struktuře (póry). Objem, tvar, velikost a rozmístění volných prostor udávají pórovitost půdy. Půdní póry se naplňují vodou nebo vzduchem a mají vliv na půdotvorné procesy (Tomášek 2017). Působí hlavně na rychlost pohybu vody a látek v půdě. Pórovitost je závislá na struktuře, obsahu jílu, makroedafonu a prokořenění. Dělí se podle velikosti pórů na kapilární (nejmenší průměr), semikapilární a gravitační (nekapilární, hrubší) póry. Snížením průměru kapilárních pórů se sníží pohyblivost a přístupnost vody rostlinám (Vráblíková, Vráblík 2006). Nejideálnější zastoupení kapilárních pórů jsou dvě třetiny celkové pórovitosti půdy, zbylé dvě přibližně stejným dílem. Při nadbytku kapilárních pórů dochází k špatné infiltraci vody do půdy, vniká do malé hloubky, dostatečně nevyužívá srážek, narůstá povrchový odtok a tím riziko eroze. Půda rychleji vysychá a při nasycení vodou je méně provzdušněná (Valla a kol. 1983). Zhutňování půdy nepříznivě působí na gravitační póry (Vráblíková, Vráblík 2006). Pórovitost

půdy se vypočítá z objemové a specifické hmotnosti, vyjadřuje se v procentech objemu půdy (Jandák a kol. 2014).

- Specifická hmotnost půdy je poměr pevných složek půdy k celkovému objemu (bez pórů). Závisí na obsahu lehčích či těžších humusových látek nebo nerostů (Vráblíková, Vráblík 2006). V nich obsažené minerály a organické látky mají různou hmotnost a od jejich obsahu je dána specifická hmotnost půdy. Ve většině půd je nejvíce z nerostů zastoupen křemen. Proto je průměrná specifická hmotnost stejná jako hmotnost zastoupeného křemene, tj. 2,65. Tato hodnota klesá větším obsahem humusu a stoupá s vyšším obsahem těžkých minerálů. Její hodnotu určujeme pomocí pykometru (Jandák a kol. 2014).
- Retenční vodní kapacita je schopnost půdy trvaleji zadržovat maximální množství vody vlastními silami při skoro optimálním stavu po nadměrném zavlažení (Jandák a kol. 2014).
- Maximální kapilární vodní kapacita je schopnost půdy zadržet vodu pro potřebu rostlinstva podle laboratorních metod V. Nováka (Valla a kol. 1983), neboli stanovení hodnot maximálního nasycení kapilárních půdních pórů (Jandák a kol. 2014). Půdní voda není zcela ustálená, k jejímu ustálení dochází při působení tíže. Pokud k ustálení vlhkosti nemůže dojít (např. z časových důvodů), použije se jako hodnota vodní kapacity. Neměla by přesáhnout 75 až 80 % pórovitosti (Valla a kol. 1983).
- Maximální kapilární vzdušná kapacita je procento zaplněných pórů vzduchem při vodní kapacitě (vzdušná a vodní kapacita mění své poměry v závislosti na zaplnění póru tou či onou přírodní hmotou). Pokud podzemní vody stoupají ze své hladiny a ovlivňují půdní profil, posuzuje se vzdušná kapacita jako provzdušenost (Valla a kol. 1983). Minimální vzdušná kapacita udává hodnotu vzduchu v půdě v momentě zaplnění všech kapilárních pórů vodou.
- Provzdušenost je procento pórů zaplněných vzduchem při momentní vlhkosti (v procentech objemových či relativních). Nabývá hodnot od nuly až po hodnotu pórovitosti. Optimum je pro každou rostlinu jiné. Pokud je hodnota provzdušenosti nízká, jedná se o zamokření půdy, které se řeší melioračními zásahy (Valla a kol. 1983).

3.3 Vliv dřevin na půdní strukturu

Mezi půdotvorné faktory bezesporu patří stromové patro, které má zásadní vliv na půdu v chemickém, fyzikálním i biologickém hledisku. Každý druh dřeviny působí na půdu trochu jinak, a to zejména kvalitou svého opadu, jeho vstřebáním se do půdního profilu, tvarem koruny a povrchem listů či jehlic. Také odběr živin z půdy a působení na vodní režim je druhově odlišný. Takto stromy ovlivňují pH jednotlivých horizontů půdy, koloběh uhlíku a dusíku, zásobu a formu jednotlivých prvků... Mají vliv i na biologickou část půdy a zpětně i vliv na strukturu a složení rostlinstva. Vliv dřevin je patrný v prvních 10 cm profilu půdy, avšak některé projevy jsou znatelné i ve 40 cm. V hlubších sférách půd působí dřeviny zejména v oblasti rhizosféry na jejich fyzikální a chemické vlastnosti. Vliv dřevin se projevuje relativně brzy, např. už 30 let po zalesnění zemědělské půdy je prokazatelný v minerálních horizontech (Zývalová 2017). K podobnému závěru se dospělo i při výzkumu v oblasti Českomoravské vrchoviny, kde porosty dřevin vysázené na zemědělské půdě ovlivňovaly značně stav půdy již ve věku 40 až 50 let. A to zejména svou akumulací biomasy, kdy jejich přírůst byl vyšší, než se jinak objevuje na trvale zalesněné půdě, a také akumulace zásob nadložního humusu v jehličnatých porostech dosáhla běžných hodnot vyskytujících se na trvale zalesněných plochách (Podrázský a kol. 2011a). Dokonce stačí jedna doba obmýtí lesa k tomu, aby se pod různými druhy dřevin v půdě prokázal jejich odlišný chemismus. Také příměs stromů v porostu může způsobit lokální změnu chemismu půdy, zejména jejich organických horizontů (Zývalová 2017).

Mrtvé rostlinná pletiva pokrývají lesní půdy, hromadí se na jejich povrchu a vytvářejí humusové vrstvy. Veškerá spadaná hmota ze stromů nacházející se na lesní půdě se označuje jako lesní pokryv, opad (Kacálek a kol. 2013). Poměr C:N je základním ukazatelem kvality opadu, čím menší hodnoty poměru, tím lépe rozložitelný a kvalitní opad. Nejvyšší poměr C:N při porovnání významných dřevin byl zaregistrován u smrku a borovice, následovány jedlí a douglaskou. Listnaté druhy mají poměry nižší, avšak při srovnání buku, jasanu a lípy měl nejvyšší hodnoty poměru buk, následoval jasan a lípa. Kvalita opadu také určuje mocnost organického horizontu. Nejvíce organické hmoty bylo nahromaděno při porovnání tří evropských dřevin u smrku, za ním se nacházela borovice a nejhůře na tom byla bříza (Zývalová 2017). Lesní opad je důležitý zejména v lesní půdní hydrologii, kde reguluje srážkovou vodu, tu také zachycuje (1 cm opadu zachytí 2 až 3 mm vody), když proniká přes koruny stromů, snižuje nebezpečí záplav

v oblastech podhorských a nížinných, uvolňuje vodu do půdy, v nemalé míře rozhoduje o odtoku, odpařování a toku podzemní vody a také reguluje teplotu (Menšík a kol. 2009). Veškerá lesní vegetace je jedním z hlavních aktérů půdotvorného procesu, a jedním z nejdůležitějších pedogenetických faktorů. O objemu a složení opadu rozhoduje druhové složení dřevin v porostu. To má vliv i na rozklad opadu, dokonce i na množství kvalitních živin, které se tímto procesem uvolňují (Podrázský 2001). Přičemž se dá říci, že jehličí má na živiny méně bohatý a hůře rozložitelný opad než listí, avšak obojí je zdrojem živin, které putují do půdního profilu (Zývalová 2017), proto mají také vliv na stav a vývoj půd. Děje se tak prostřednictvím příjmu k primární produkci a odběru živin z půdního prostředí. Dohromady působí v nejsvrchnějších horizontech půdy (Podrázský 2001). Stromové patro tedy svým opadem ovlivňuje tvorbu, charakter a vývoj humusových forem, a ty mají vliv na koloběh živin v půdě (Matějka a kol. 2015). Při chemickém srovnání opadu a dřevní hmoty šesti dřevin, bylo prokázáno příznivé složení opadu u lípy s nejvyšší koncentrací vápníku ($17,29 \text{ mg.g}^{-1}$) a hořčíku u jasanu ($3,54 \text{ mg.g}^{-1}$). Nejméně všech živin v opadu i dřevní hmotě se nacházelo u smrku. Buk, dub a bříza vykazovali střední hodnoty (Zývalová 2017). I vegetace nacházející se pod určitými dřevinami má vliv na půdu a je velice důležitým aspektem ke sledování. Protože právě diverzita vegetace nacházející se pod daným porostem je takovým ukazatelem stavu půdy v lese, poukazuje například na to, zda je půda kyselá či bazická apod. (Matějka a kol. 2015). Dřeviny mají vliv na propustnost světla, s tím souvisí mikroklima stanoviště a různorodost bylinného patra (Zývalová 2017). Na různorodost rostlinstva má také vliv půdní reakce, kontinentalita, dostupnost vody, aktivita dusíku, lesní vegetační stupeň a náležitost ke světovým stranám (Matějka a kol. 2015). V zapojených jehličnatých lesech se proto nachází více oligotrofní a acidózní vegetace než v těch listnatých. Zatímco ve smrkové monokultuře převažuje mechové patro, kdy rozvolněné listnaté lesy jsou jejich pravým opakem (Zývalová 2017).

K základním způsobům, kterými dřeviny ovlivňují stav půd, patří tedy tvorba opadu, nadzemního i podzemního, odběr živin dřevinami a tvorba látek s chemickými účinky na půdní procesy (Podrázský 2014). V České republice jsou nejrozšířenější dřeviny smrk a borovice. Avšak pro vytváření produktivních, zdravých a stabilnějších lesů je zapotřebí se zaměřit více na porosty smíšené. Od těch se očekává dostatečná produkce dřeva a udržení úrodnosti lesních půd. Mnohé studie se zabývaly cirkulací

živin mezi půdou a porostem a stavem nadložního humusu v lesích s delší historií a lesích vzniklých na zemědělských půdách, dospělo se při nich k závěru, že lesy smíšené více mají odlišný a větší vliv na biologickou rozmanitost půdy než lesy smíšené méně. Výsledky jedné typické studie uvádí Kacálek a kol. (2013). Na bývalé louce byla vysazena směs modřínu, javoru, lípy, smrku a douglasky, poslední dvě jmenované dřeviny byly vysazeny i v čistých výsadbách. Podloží bylo tvořeno z amfibolitu a fylitu. Na rozdíl od zemědělských půd jsou lesní půdy přirozeně obnovované opadem z rostlin, nejvíce ze stromů, které do půdy každoročně vrátí více než polovinu živin. Tento koloběh je hlavním dodavatelem živin pro les. Proces tvorby lesního pokryvu je důležitou součástí při obnově lesního prostředí, zejména při zalesňování zemědělských půd, kde se vytvoří zcela nová vrstva humusu, na rozdíl od lesů, které obsahují částečně zděděný humus po předchozích porostech (Kacálek a kol. 2013). Přitom je lesní humus typický svou kyselostí, která má vliv na zvětrávání a rychlejší uvolňování živin do půd. Nejkyselejší humusové formy okyselují celý půdní profil a za přispění klimatických faktorů zrychlují jejich podzolizaci (Vráblíková, Vráblík 2008). Zato v zemědělských půdách je zřetelný pozůstatek kultivačních postupů v podobě vyššího pH a vyšší úrodnosti půd. Tohoto mohou na nich nově vzniklé porosty využít. Vyšší úrodnost půdy je důležitou součástí při tvorbě lesního pokryvu bohatého na živiny. Ale i zde se mohou objevit problémy, například nekvalitní opad a humus, špatné klima, což opět vede k okyselování půd, čemuž přispívají hlavně hojné srážky a volná půda, která se louží a produkuje kyseliny. Silně okyselené půdy se v České republice vyskytují ve vyšších nadmořských výškách (od 800 m), kde je nízká teplota vzduchu a vysoké roční srážky, které přispívají k tvorbě mohutné vrstvy organické hmoty v lesích. Co se týče jehličnatých a listnatých stromů, kyselejší půdy jsou jednoznačně pod jehličnatými. Půda pod smíšeným porostem, ve kterém dominoval smrk a modřín měla nižší obsah vápníku a hořčíku, což indikuje jejich vyšší příjem živin. Avšak i jejich nadložní humus díky tomu vykazoval vysoký obsah živin. Také opad ve smíšených porostech obsahoval vyšší koncentraci základních živin a fosforu, což je další pozitivní vlastnost smíšených lesů ve srovnání s jehličnatými monokulturami. Ve srovnání s jehličnany a listnáči je například douglaska, pokud jde o index nasycení výměnnými alkalickými kationty, dřevinou, která ovlivňuje půdu ve středním rozsahu. Zato listnaté stromy svým opadem ovlivňují půdu významně. Třeba lípa je druh, který zlepšuje pH a koncentraci vápníku v půdě. Tam, kde lípa a javor chyběly, byl obsah živin v půdě pod vrstvou nadložního humusu nižší. Koncentrace

živin nacházejících se v humusových formách je závislá na přítomnosti přimíšených listnatých stromů. Smíšené porosty mohou vytvářet na živiny bohaté typy opadu splňující požadavky udržitelného hospodářství i na zalesněných zemědělských půdách, a to s významnou produkční funkcí (Kacálek a kol. 2013).

Takovým dalším způsobem, kterým dřeviny ovlivňují půdu, je změna chemismu srážek, která je opět druhově specifická. Jedná se o interakci mezi vodou a listem. To vytvoří rozdíly mezi chemickým složením celkových a podkorunových srážek, a také obohacení srážek o ionty usazené na listech při suché depozici. Větší míra interakce je u jehličnatých stromů, které mají větší listovou plochu a jsou stále zelené. Také účinně pracují se suchou horizontální depozicí, proto jsou jejich podkorunové srážky obohacené např. o sírany, jejichž hodnoty mohou být až dvojnásobně vyšší než u buku. Amonia a dusičnany vykazují u těchto dvou dřevin podobný trend. Ty mohou posléze způsobovat acidifikaci půd. To vede ke snížení pH půdního roztoku, vymytí bazických kationtů a také ke zvýšení obsahu mobilního hliníku, který se může stát toxickým pro rostliny (Zývalová 2017).

Dokonce i prostředí rhizosféry, ve které dochází k vzájemnému působení kořenů, půdy a mikroorganismů, je z důvodu odběru živin pro dřeviny podstatou. V rhizosféře dochází k příjmu a vylučování látek kořeny a mikroorganismy, k respiraci, to způsobuje změnu povahy půdy, zejména pH, koncentraci živin i toxických prvků atd. Zde dochází k rozdílu v chemismu rhizosféry a celkové půdy. Rhizosféra dostatečně zásobuje prostředí živinami, jež využívají kořeny. K tomu dochází prostřednictvím zvětrávání minerálů za pomoci organických kyselin a vodíkových protonů vylučovaných např. mikroorganismy. Vlastnosti rhizosféry jsou jen z části druhově závislé. Rhizosféra v okolí kořenů smrků má třeba nižší pH než půda kolem, a u listnatých stromů se v tomto směru nic významného nenalezlo. Další rozdíl může být v koncentraci výměnného draslíku, která se nachází ve větší míře v rhizosféře buku i smrku s porovnáním celkové půdy. Zásadní roli také mají složení mikrobiálních společenstev rhizosféry, kde se zdá, že strategie různých druhů dřevin inklinuje k takové skupině organismů, které nejúčinněji zvětrávají minerály a jsou schopné jim vytvořit na živiny co nejprůzračnější prostředí k jejich prospěšnému růstu. Např. o bakterie rodu *Burkholderia* je obohacená rhizosféra buku i smrku. I typ symbiózy mezi kořenem a houbou se zdá být nápomocný ve fungování rhizosféry. Větší význam při mikrobiální aktivitě a dostupnosti živin má ektomykorhizní než endomykorhizní rhizosféra (Zývalová 2017).

Za zmínku stojí další významná funkce kořenů, kterou je vylučování látek do půdy, ty se mohou utřídít do dvou skupin. První skupinou jsou sekundární metabolity (nízkomolekulární látky), patří sem organické kyseliny, aminokyseliny či cukry. Přičemž kořeny rostlin mohou vylučovat až 100 000 druhů sekundárních metabolitů. Do druhé skupiny patří látky vysokomolekulární. Sem patří polysacharidy a proteiny. Kořeny produkují také hraniční buňky, ty jim vytváří ochrannou bariéru před poškozením. Mezi další funkce sekundárních metabolitů patří např. zvyšování dekompozice organické hmoty a podpora rozpouštění minerálů (Zývalová 2017).

A v neposlední řadě ovlivňují půdu zásadním významem mikroorganismy. Jsou součástí koloběhu jednotlivých látek, přímo se účastní transportu živin obsažených v minerálech a organické hmotě. Největší mikrobiální diverzitou se vyznačuje právě půda (1 g lesní půdy obsahuje $4 \cdot 10^7$ prokaryotických buněk a gram obdělávané půdy). Druhovú skladbu stromů ovlivňuje půdní mikrobiální charakteristiky chemickým složením opadu, rozdílným rozložením kořenů, složením kořenových exudátů, rozdílným mikroklimatem a skladnou přízemní vegetace. Důležitý je fakt, že počet druhů dřevin vyskytující se na ploše, nemá na vliv na složení mikrobiálních společenstev, oproti tomu samotný druh dřeviny ano, je dokonce základním faktorem. Nejvíce mikrobiální biomasy vykazovala půda pod porostem břízy, nejméně pod porostem smrku (Zývalová 2017).

Největších vlivů dřevin na půdu bylo zaznamenáno do hloubky 10 cm, některé proměnné se projevily v závislosti na druhu dřeviny až v hloubce do 40 cm (Augusto a kol. 2003). Dopady vlivu stromového patra jsou nejvýrazněji patrné v mezidruhových rozdílech pro hodnoty půdního pH, kdy jehličnaté stromy způsobují jeho pokles. Také obsah jednotlivých kationtů v půdních horizontech souvisí s druhovým složením dřevin. To je dáno také kvalitou a rychlostí rozkladu opadu. Záleží také na typu porostu, který stromové patro vytváří, např. březové prosvětlené porosty hromadí nejméně organické hmoty. Co se týče pedofyzikálních veličin, půdy pod listnáči vykazují vyšší hodnoty vlhkosti než půdy pod jehličnatými stromy (nejnižší hodnoty byly naměřeny pod porostem smrku), to je zapříčiněno zejména opadem listů a tím pádem menší ztrátou vody (za rok). Také teplota půdy je u různých druhů dřevin odlišná, což zřejmě opět souvisí s propustností světla do porostů a také menším listovým povrchem u listnatých druhů, proto např. jasanové porosty mají tendence k vyšším teplotám než porosty smrkové (Zývalová 2017).

3.4 Douglaska tisolistá a její význam

Douglaska tisolistá (Obr. 3 a 4) je vždyzelený, rychle rostoucí jehličnan z čeledi borovicovitých, dosahující ohromujících výšek (nejvyšší douglaska měla 133 m, byla tedy vyšší než jakýkoliv dnes stojící strom). Silní jedinci dosahují průměru při bázi kmene až kolem 4 m. V přírodě s častými dešti a mírnou zimou dosahuje výšky 68 m, avšak objevily se i jedinci s 90 m. Douglaska se dožívá věku přes 1000 let a je známo několik geografických variet (Bitner 2012). Své jméno dostala po skotském botanikovi Davidu Douglasovi, ten ji objevil v Kanadě a zaslal jako první do Londýna v roce 1827 (Kremer 1995).



Obr. č. 3 a 4 - Fotografie douglasky tisolisté z Jindřichova Hradce. Zdroj: Vlastní foto.

Její původní areál výskytu je oblast Britské Kolumbie. Rozšířila se do států Washington, Kalifornie, Oregon, Montana, Idaho, Wyoming, Utah, Colorado, Arizona a Nové Mexiko. Řadí se k pionýrským druhům. Proniká tedy do oblastí poničených živelnými ohni či po těžbách. Daří se jí v širokém spektru klimatických podmínek, přesto se jí nejlépe daří na plném světle, toleruje i částečný stín. Z půd preferuje hluboké, dobře propustné a písčitohlinité s dostatkem vláhy. Vnější vzhled má douglaska hustý a kuželovitý, v hustších porostech štíhlý a špičatý. Kořen je silný, široce rozkladitý a díky němu netrpí douglaska vývraty. Kdysi byl severozápad

Spojených států zalesněný porosty douglasky, poté, co byly vyčerpány zásoby dříví vejmutovky na východě, stala se světově nejvýznamnější v produkci stavebního dříví. Douglaska je houževnatá a odolná (Bitner 2012). Dobře regeneruje, její regenerační kapacita je velmi vysoká, byla nalezena úplně holá douglaska bez jehličí a po čase se opět zazelenala (Sychra, Mauer 2013). Podle původu se rozlišují dvě varianty douglasek, zelená je z oblasti pobřeží (u nás doporučovaná k pěstování) a šedá (tzv. glauca) z vnitrozemí. Poznatky ze sousedních států se potvrdily i při jednom výzkumu adaptace douglasky na klimatické podmínky v České republice, kdy se dospělo k závěrům, že douglasky z oblastí vnitrozemí jsou odolnější vůči mrazům a zimnímu vysychání, avšak jsou citlivé k sypavkám a dokonce mají pomalejší výškový a tloušťkový růst. Proto je pro úspěšné zavedení douglasky do lesů střední Evropy nutný výběr vhodných proveniencí, jejich význam je dán zejména rozsáhlým areálem původního výskytu této dřeviny, a tím pádem širokou škálou různých klimatických i půdních podmínek (Kšír a kol. 2015). Poznávacím znakem douglasky jsou šišky s nápadnými plamínky se třemi jazýčky a jehličí, které po promnutí voní po pomerančích.

3.4.1 Douglaska v lesním hospodářství

Douglaska tisolistá tedy prospívá na mnoha různorodých stanovištích a skoro všude tvoří stabilní a produkční lesní porosty (Podrázský, Viewegh 2013). Lze předpokládat, že se i po celé Evropě stane jednou z nejcennějších dřevin a posílí tak vědomí o své pozici nejvýznamnější dřeviny v lesním hospodářství (Podrázský, Viewegh 2013), jelikož dřevo douglasky je odolné vůči hnilobě, nedeformuje se a je hutnější než u jiných dřevin. Její dříví se používalo na výrobu telefonních sloupů a železničních pražců, nyní se používá jako materiál k různým konstrukcím ze dřeva, k výrobě dých a překližek. Díky své výšce je vhodná k výrobě velkých trámů ke stavbě mostů, její dřevo lze také využít v loděnicích či na velkých stavbách (Bitner 2012), a její cenné jádrové dřevo má využití ve výrobě nábytku. Její silice je vhodná k výrobě aromaterapií. Semena slouží jako potrava různým živočichům, zejména veverkám, křivkám a semenožravému ptactvu (Bitner 2012). A to jsou také důvody, pro které už nyní v západních zemích (především Německo a Francie) pěstují douglasku na plochách přesahujících 300 000 ha a plánují navýšení její porostní plochy na 5 % z celkové plochy lesů. Její cena na tamním trhu je asi o 25 % větší než cena smrku ztepilého (Pulkrab a kol. 2014).

V Lesní statistice České republiky se uvádí, že celková rozloha douglasky je známa od roku 1979 a jejich věkové třídy od roku 1980. Takže do 80. let se výsadba douglasky u nás zvyšovala, po této době již začala klesat. Nejvíce vysázených douglasek bylo v České republice před více než 70lety. V roce 2010 se vysadilo pouhých 157 ha douglasek (Podrázský a kol. 2013). Douglaska u nás nyní roste na téměř 6000 ha, má však vyšší potenciál na mnohem větším území (Podrázský, Viewegh 2013; Pulkrab a kol. 2014). Zaujímá tedy málo přes 0,22 % porostní plochy našich lesů. S přihlédnutím k ekologickým limitům a zákonům by bylo možné její porostní plochu rozšířit na 149 616 až 163 173 ha (tedy 5,7 až 6,2 %), tím by se navýšil hrubý výnos až o 30 milionů eur. Avšak tato stanoviska byla zpracována pro porosty douglasek mladších 70let a byly hodnoceny podle cenových tabulek smrku ztepilého (Pulkrab a kol. 2014). Kromě omezení legislativou brání větší výsadbě douglasky i nedostatečný zájem zdejšího trhu o její produkty. Neodráží se u nás tedy trendy sousedních zemí. Se stejným problémem se u nás potýkají i ostatní druhy introdukovaných dřevin. V České republice je pěstování nepůvodních dřevin v posledních desetiletích potlačováno. Průměrný věk introdukovaných dřevin se tak stále navyšuje (Podrázský a kol. 2013).

Douglaska a její ekonomický i ekologický potenciál jsou neustále zkoumány, aby bylo možné douglaskové porosty co nejlépe využít, neboť veškeré u nás dostupné zdroje potvrzují její dominantní postavení při tvorbě biomasy, a to jak nad domácími, tak i nad mnoha introdukovanými dřevinami (Pulkrab a kol. 2014). Její produkce biomasy je vysoká, v průměru převyšuje produkci smrku o 30 %, produkci borovice, buku a dubu až skoro o 100 % (Mědílek 1999). Objem u nás již stojících douglasek roste mnohem rychleji než jejich výsadba. Její produkční potenciál je ze všech hledisek patrný. Údaje o objemu různých druhů dřevin se shromažďují od roku 1998. Nacházejí se v ní např. údaje o produkci jedle obrovské, dubu červeného, trnovníku akátu a domácích druhů dubů. Produkce dříví je u všech těchto druhů vysoká, a douglaska se k nim svou tvorbou dřevní hmoty směle může přiřadit (Podrázský, Viewegh 2013). Také dvacetiletý výzkum douglasky na severních svazích pohoří Rila v Bulharsku s napůl kontinentálním podnebím, kde průměrná roční teplota dosahuje mírně nad 9 °C, s ročním úhrnem srážek 636 mm, se 182 dny bez mrazu a bez suchých období, potvrdil, že na vzniklých douglaskových plantážích byly zásoby od 296 až 354 m³.ha⁻¹ ve věku 20let. Průměrný roční přírůst tak činil od cca 15 až 18 m³.ha⁻¹ ročně (Popov 2014). Taktéž další výzkum provedený na několika plochách v Bulharsku potvrdil značný

přírůst douglasky, kdy celková průměrná výška ve věku 24 let byla 14 m (na nejlepší ploše 20 m), výčetní tloušťka 16 cm (nejlepší plocha přes 20 cm) a celková hektarová zásoba 237 m³, kdy opět na nejlepší ploše dosahoval 385 m³ (Petkova a kol. 2014). Produkce douglasky je závislá na vlivu stanoviště, na kterém se vysazuje. To se projevují zejména na jejím růstu, průměru, objemu zásob, struktuře sortimentů atd. Z počátku byl rozdíl v přírůstu při srovnání nejlepší a nejhorší plochy více než dvojnásobný. V Bulharsku takového přírůstu nedosahuje žádný jiný jehličnatý strom. Douglaska tak ve věku 20 let měla extrémně vysokou produktivitu a vysoce kvalitní dřevo (Popov 2014). Dřevo douglasky je trvanlivé a pevnější než u většiny našich domácích dřevin (Mědílek 1999). Douglasce se na našem území daří, v produkci je nezastupitelná, její průměrné přírůsty jsou vyšší než u srovnatelných druhů domácích u i introdukovaných dřevin a neznehodnocuje místní hodnoty hospodářství a ani přírodu (Podrázský a kol. 2013). Předpokládá se u ní, že by přispěla k navýšení stability lesních porostů, a pomohla ke snížení nedostatku kvalitního dřeva (Podrázský, Viewegh 2013).

3.4.2 Ohrožení douglasky a její vliv na lesní ekosystém

Douglaska se u nás pěstuje více než 100 let a doposud k nám nezavlekla žádné nebezpečné kalamitní choroby (Mědílek 1999), i přestože je douglaska náchylná zejména na dva houbové patogeny, kterými jsou *Phaeocryptopus geumannii* a *Rhabdocline pseudotsugae*. Příznaky po jejich napadení a původ nejlepšího reprodukčního materiálu byl zkoumán na 54 plochách douglasek ve věku 24 let v Bulharsku. V každém roce v průběhu 24 let bylo nalezeno u některých stromků nakažení houbovými patogeny. V posledním roce se z každé plochy odebralo 25 vzorků jehličí náhodně vybraných douglasek. Na první pohled bylo zřejmé, že při napadení dochází ke zbarvení jehličí a defoliaci. Těmito patogeny se douglaska nakazí všude, ať už je zasazena kdekoliv ve světě, avšak *Phaeocryptopus geumannii* byla nalezena ve všech douglaskových porostech (postupem času, jejím rozšiřováním se), kdežto *Rhabdocline pseudotsugae* pouze na stromcích pocházejících z kontinentální oblasti, avšak napadení *Phaeocryptopus geumannii* se ani zde nevylučuje. Dále se zjistilo, že u stromků pocházejících z kontinentální oblasti byl rychlejší průběh napadení než oproti těm pocházejících z oblasti pobřeží. Šíření těchto chorob se dá zamezit odstraněním poškozených stromků (alespoň těch nejvíce vzrostlých), provzdušnění prostoru houbám zhorší prostředí (Petkova a kol. 2014).

Co se týče abiotických škod, tak jsou stejné jako u našich jehličnatých dřevin. Má předpoklad odolnosti vůči možným klimatickým změnám, stojí za ní její vysoká proměnlivost a rychlá adaptace. Opad jehličí má vcelku rychlý rozklad a díky jeho množství tvoří příznivé formy humusu. Její výhodou je též schopnost se přirozeně obnovovat i v našich podmínkách (Mědílek 1999). Při jejím malém výskytu jsou fyto-sanitární hrozby zatím minimální, ale i jinak se zatím jeví jako méně riskantní ve srovnání s jinými, i domácími dřevinami, především jehličnatými.

Dalším důležitým aspektem k hodnocení douglasky tisolisté v našich lesích je její vliv na bylinné patro lesa. Lesní společenstva a jejich stav v douglaskových porostech a v porostech jiných domácích dřevin se porovnávala po České republice na mnoha lokalitách – ŠLP Kostelec nad Černými lesy, ŠLP Křtiny, ŠP Hůrky u Písku, ŠP Hranice (Podrázský a kol. 2011): lesy s douglaskami mají v průměru větší počet druhů (většinou vyžadujících dusík, heminitrofilní či dusičnany tolerující) přizemního rostlinstva než lesy, ve kterých douglaska chybí. Lesy, ve kterých dominuje, mají větší druhovou bohatost rostlinného patra (violka lesní, kaprad' samec, bez černý, mléčka zední). Pro srovnání např. ve smrkových lesích převažují kyselomilné či kyselé půdy tolerující druhy jako ostružiník maliník, ostřice kulkonosná, jeřáb ptačí (Podrázský, Viewegh 2013). Naproti tomu je ve smrkových lesích snížený počet druhů rostlin jako jsou pstroček dvoulistý, jedle bělokorá a konopice pýřitá (Podrázský a kol 2014). Dá se tedy říci, že lesní porost s podílem douglasky má zvýšený počet druhů bylin a má rovnoměrnější výskyt rostlinstva v porostu. To je dáno i větší prozářeností porostů douglasky oproti jiným lesům (smrku ztepilého, buku lesního). Douglaska má s ohledem na nepříznivé smrkové kultury slabý vliv na lesní rostlinná společenstva (Podrázský, Viewegh 2013). Nutno je však připomenout znevýhodnění douglaskových porostů, jež nemají takové zastoupení jako ostatní dřeviny, chybí věkově starší nesmíšené douglaskové porosty s jasně vymezenou vrstvou přizemní vegetace. Douglaska se ve větší míře v našich lesích objevuje jako příměs a je vystavena vlivu jiných okolních porostů (okrajový efekt). Douglasku je sice vhodné pěstovat ve směsích (ne plantážně), ale pro vyhodnocení různých aspektů pěstování douglasky a jejího vlivu na lesní prostředí je tímto její situace výrazně ztížena (Podrázský a kol. 2011).

Uvedené práce doložily, že po introdukci do stanovišť odpovídajících přirozeným porostům buku či dubu, vykazuje douglaska při porovnání s dubem větší výskyt druhů bylin jako je šťavel kyselý, mléčka zední, starček Fuchsův, zajímavá je zde snížená

četnost invazivního neofytu netýkavky malokvěté. V porovnání s bukem má větší výskyt rostlin jako jsou svlačec rolní, popenec obecný a kopytník evropský, avšak méně pod ní dochází ke zmlazování jiných druhů dřevin jako javor mleč a dub zimní. Při porovnání s oběma druhy listnatých stromů měly porosty douglasky o 16 bylinných druhů víc než u buku a o 14 víc než u dubu. Avšak jedná se o druhy spíše ruderní. Potvrzuje se tedy, že douglaska má pod sebou více mezofilních, nitrofilních, nitrofilně ruderních až ruderních společenstev rostlin, ačkoliv je zasazená do původního areálu buku. Jako možná příčina se jeví různé osvětlení těchto dvou porostů. Přesto by dominantnější změny mohly nastat spíše v půdních než světelných podmínkách, zejména pokud jde o půdní dusík. Sledované douglaskové porosty měly nejvyšší druhovou rozmanitost bylin, smrk nejnižší. Největší rostlinná rozmanitost a bohatost byla pod směsí douglasky, dubu a dalších druhů dřevin (tím se potvrzuje, že je pro douglasky nejvhodnější pěstování ve směsích). I se smrkem tvoří vhodnou směs pro vyšší rozmanitost druhů. Avšak zatímco se smrkem tvoří přirozené bylinné patro, které se v dané lokalitě očekává, s bukem prostředí spíše ruderní, což má negativní dopad na původní druhy společenstev vyskytujících se v dané lokalitě. Musí se tedy brát zřetel na clonění douglasky v bukovém porostu, kdy poté může docházet ke snížení druhové rozmanitosti v bylinném i mechovém patře (díky nedostatku světla). V Německu porovnávali douglasku se smrkem, borovicí a bukem. Jednalo se o 50 a více leté porosty. Douglaska ve spojení se smrkem vykazovala největší druhovou rozmanitost. I ve Francii potvrdili, že douglaska druhovou bohatost nesnižuje. Přesto se zdá být lepší, když se douglaska vnáší do bukového či dubového stupně, kde nebudou rozdíly tak velké, jako když se do těchto stupňů vysazuje smrk. I když je zřejmé, že douglaska nejlépe zachová původní druhová společenstva pod jehličnatými stromy (Podrázský a kol. 2014).

Vliv douglasky na půdní prostředí se výrazně projevil její spotřebou půdních živin, především poklesem obsahu bazických kationtů (vápníku a hořčíku) v A horizontech, a to zejména s přibývajícím podílem douglasky ve směsi. Douglaska tak prokázala své vyšší poutání živin v biomase jakožto intenzivně rostoucí strom. Ale, jak je výše zmíněno, projevila se i jako dřevina s dobrým rozkladem opadu, což je pro tvorbu kvalitního humusového profilu plusem (Kubeček a kol. 2014). A právě vliv douglasky na stav humusových forem byl zkoumán na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy. Porost se nacházel na území pokrytém hnědozemí a byl srovnáván s porostem smrku a

porostem s víceméně přirozeným druhovým složením, tedy zejména dubu a habru. Nejpriznivější humusové formy se nacházely pod listnatým porostem, kde byl nejvyšší obsah živin a nejpriznivější půdní chemismus. Méně příznivá byla u listnáčů akumulace nadložního humusu. U smrkového porostu byla akumulace nadložního humusu prokázána s vysokým obsahem živin v biomase i v opadu, stejně tak bylo prokázáno i vzrůstající okyselování půd. Douglaska se svými humusovými formami nacházela mezi těmito dvěma porosty (Podrázský a kol. 2001). Otázkou akumulace nadložního humusu se zabývala i studie probíhající na území školních lesů na Písecku a Křtinsku. Jednalo se o kyselé a středně bohaté půdy. Porovnávaly se porosty smrku, douglasky a smíšený porost smrku a buku. Nejnižší zásoby nadložního humusu byly právě u douglaskového porostu na mezotrofní půdě, jednalo se o 25 t/ha^{-1} , naopak nejvíce nadložního humusu akumuloval smrkový porost na kyselé půdě, kde se nacházelo až $79,6 \text{ t/ha}^{-1}$. Šlo o statisticky významný rozdíl, avšak douglaskový porost měl lepší půdní reakci, a oproti čistému smrkovému porostu měl příznivější pH v lesním opadu i v organominerálním horizontu. Příznivější byl pod douglaskou i poměr C:N (Menšík a kol. 2009). V další studii si zkoumal vliv vysazených dřevin na zemědělskou půdu. Jednalo se o dřeviny douglasky, smrku, borovice a břízy ve věku 39 let. Srovnávány byly vzájemně mezi sebou, dále se sousedním řepkovým polem a lesem na trvale zalesněné půdě, ve kterém se nacházeli smrky a borovice. Kromě břízy, která nestihla vytvořit dostatečné množství povrchového humusu, se u všech dřevin povrchový humus nahromadil, při porovnání s trvale zalesněnou půdou, ve čtvrtěčném množství. To poukazuje opět na celkem rychlé přeměnění zemědělské půdy na lesní. Douglaska vykazovala nejpriznivější vliv na základní pedochemické vlastnosti lesních půd. Půdu oproti jiným jehličnanům okyselovala nejméně. Aktivní i výměnná půdní reakce byla prokazatelně vyšší, obsah bází a jejich nasycení sorpčního komplexu též. Nejhuře na tom byla douglaska se svým humusem, samozřejmě, v obsahu uhlíku a dusíku. Také přístupný fosfor se vyskytoval ve sníženém množství. Zalesňování zemědělské půdy se jevílo jako dobrá varianta na oživení lesních půd, jelikož vykazovaly mnohem lepší půdní charakteristiky než půdy na trvale a zejména dlouho zalesněných plochách, které v některých aspektech dosahovaly až extrémních hodnot (Podrázský a kol. 2009). Ve stejném porostu se zkoumaly pedofyzikální vlastnosti půd v horizontu A, kde ze sledovaných dřevin douglaska opět vykazovala vcelku malý vliv na půdu (Kubeček a kol. 2014). Zdá se, že chemii půdy různé druhy stromů pozměňují prostřednictvím intenzity kyselosti a biogeochemických cyklů. Je známo, že jehličnaté stromy tvoří

mnohem kyselejší půdní profily než listnaté, zejména smrk je svým kyselým opadem velice znám, proto u něj bylo naměřeno nejvyšších hodnot, douglaska se projevila jako dřevina se středním okyselováním půd. Silnější vrstvu opadu s vyšším poměrem C:N měl smrk s borovicí, naopak to bylo u dubu s bukem, a douglaska se opět nacházela na středu. V hlubších půdních horizontech se více či méně projevoval vliv acidifikace (Augusto a kol. 2003). To se také potvrdilo při srovnávání smrku s douglaskou, kdy půdní acidita v horizontech nadložního humusu se u nich statisticky významně lišila, a to o 0,75 pH stupňů, přičemž směrem dolů po půdním profilu rozdíl klesal a ztrácel na významu, v horizontu Ah již nebyl znám. Titrační acidita a obsah výměnných vodíkových iontů byla na ploše douglasky 3krát nižší v horizontech nadložního humusu a 4krát v Ah horizontu než u smrku. Také u výměnného hliníku byl rozdíl dvojnásobný. I u těchto hodnot klesala jejich intenzita směrem hlouběji do půdy. Prakticky ve všech hodnotách charakteristiky půdního sorpčního komplexu vykazovaly významné rozdíly vlivu na půdu mezi oběma dřevinami. Jen jediná z hodnot byla u smrku vyšší, a to kationtová výměnná kapacita (Ulbrichová 2014). Velice diskutovaným problémem u douglasky je zvýšený příjem dusíku, u kterého se může jeho obsah v půdě snižovat, avšak v porovnání se smrkem je v dynamice organické hmoty a také dusíku lepší (Podrázský, Remeš 2008). Možnost snížení tohoto rizika se nachází v pěstování douglasky ve směsi s listnatými druhy stromů, tím by se zachoval i vodní režim půd. I tak lze u douglasky, ve srovnání se smrkem, borovicí a modřínem, předpokládat ve svrchních horizontech lesních půd příznivé ovlivnění půdní chemie, zintenzivnění koloběhu živin a vyšší mineralizační aktivity, díky její respirační aktivitě a nitrifikaci. Značně zvýšený mineralizační potenciál opadu je základem tvorby půdního humusu. Tyto vlivy na půdu z douglasky dělají meliorační dřevinu, avšak na méně vhodných stanovištích je v tomto ohledu o něco lepší jedle obrovská (Podrázský 2016).

3.4.3 Rizika spojená s pěstováním douglasky

Nejsou tak docela vyloučená environmentální rizika spojená s douglaskou, ta jsou vesměs stanovištně specifická. V půdě pod douglaskou byl ve více případech prokázán značný potenciál nitrifikace (Podrázský, Viewegh 2013). Vysoké množství dusíku v půdě pod douglaskou ovlivňuje složení rostlinného patra a může dojít k jeho vyplavování do vodních zdrojů. Větší pozornost též náleží její přirozené obnově, která je na odpovídajících stanovištích velice dobrá a hrozí tedy, že by se douglaska mohla stát invazivním druhem (Matějka a kol. 2015).

3.5 Školní lesní podnik Kostelec nad Černými lesy

Lesní statek České zemědělské univerzity v Praze byl založen v roce 1935. Základ školního lesního podniku (dále jen ŠLP) je tvořen bývalým liechtensteinským majetkem v Kostelci nad Černými lesy a rybníční kaskádou v Jevanech. V současné době je spravováno cca 6900 ha území. ŠLP v Kostelci nad Černými lesy slouží pro potřeby výuky ČZU (www.kostelec.czu.cz). Kostelec nad Černými lesy (Obr. 5) nalezneme 30 km na východ od Prahy. Město leží v okrese Praha – východ v nadmořské výšce 400 m. Do správy ČZU patří i blízko se nacházející arboretum (3 km od Kostelce) a národní přírodní rezervace Voděradské bučiny. Celá oblast kolem Kostelce nad Černými lesy se také reprezentuje jako mikroregion Černokostecký. Sdružuje se v něm devět členských obcí, kromě Kostelce nad Černými lesy také Černé Voděrady, Konojedy, Louňovice, Oplany, Štíhllice, Výžerky, Prusice a Jevany. Řada obecních lesů je pak pronajata právě ŠLP.



Obr. č. 5 - Mapa Kostelce nad Černými lesy. Zdroj: www.mapy.cz

3.5.1 Obecné údaje o ŠLP

Přibližné vymezení obvodu ŠLP je na severu železniční tratí Kolín – Praha, řekou Sázavou na jihu, na západě spojnicemi Ondřejov – Mukařov – Český Brod, a na východě Sázava – Zásmyky – Pečky. Oblast náleží k morfologické podsoustavě pahorkatiny Středočeské, na severu přecházející do Polabí. Nadmořská výška se pohybuje v rozmezí od 210 až po 528 m (Remeš 2008).

Porosty lesů spadají do Přírodní lesní oblasti Středočeské pahorkatiny (více než 99 %), nepatrná část spadá do Přírodní lesní oblasti Polabí (více na severu). Vlastnictví lesů

je velmi pestré, ŠLP najímá sedm lesních hospodářských celků a řadu malých obecních lesů. Ve správě České zemědělské univerzity v Praze je 37 ha zemědělské půdy, 5630 ha lesní půdy a 105 ha zastavěné plochy, rybníků a jiných ploch. Klima je semihumidní, mírně teplé. Za období 1961 až 2001 se na meteorologické stanici Truba naměřily klimatické údaje 7,5 °C průměrné roční teploty, 500 až 650 mm ročních úhrnných srážek a 150 až 160 dní průměrné délky vegetační doby (Remeš 2008).

Introdukce se na území ŠLP započala v době, kdy panství v Černokostecku spravoval knížecí rod Liechteneteinů, kteří se velice zajímali o pěstování exotických druhů. Cizokrajné dřeviny se začaly zavádět do lesů v České republice na konci 18. století. Skoro 4 ha porostů bylo v roce 1970 na ŠLP starších 60let (Mědílek 1999).

Na území ŠLP se nachází tyto vegetační stupně: stupeň borů (75 ha), dubový stupeň (30 ha), bukodubový stupeň (2084 ha), dubobukový stupeň (5386 ha) a bukový stupeň (2411 ha). Vegetační lesní stupně poukazují na vztahy mezi klimatem, biocenózou, rostlinnými druhy a zejména přirozenou skladbou dřevin. Tady má významný postavení buk a hned za ním následuje dub, tyto dřeviny byly před 150 lety dominantními druhy lesních porostů (řadila se k nim ještě jedle). Smrk se přirozeně objevoval zřídka, o ostatních dřevinách nemluvě. Dnešní druhová skladba porostů je té přirozené vzdálená, skládá se ze smrku (skoro 50 %), buku (necelých 12 %), dubu (téměř 9 %), borovice (cca 18 %), jedle (něco málo přes 1,5 %) a ostatních dřevin (10 %). Značná nevyrovnanost je u věkové skladby porostů (Remeš 2008).

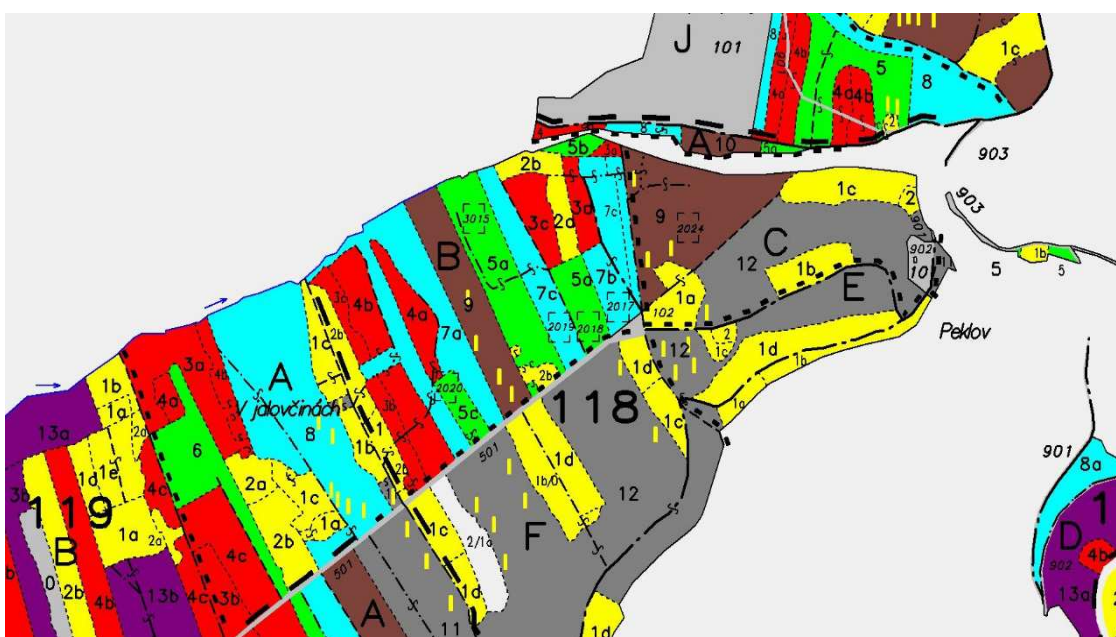
Geologie území je rozmanitá, permokarbon je na severní a východní části nejrozšířenějším útvarem (arkózy, pískovec, slepenec, břidlice, brekcie), na jihozápadě, v polesích Jevan a části Skalice, je více zastoupen středočeský pluton (porfyrický biotitický granodiorit – říčanská žula – typická velikými ortoklasovými zrny). Z fyzikálního hlediska vznikají zvětráváním těchto hornin různorodé půdy jako balvanité sutě, hlinitopísčité až hlinité půdy, kyselé a převážně chudší na živiny. Příznivější půdy, co se týče chemických charakteristik, nalezneme v údolních polohách, na bázi svahů a spraších, dochází však často k oglejení. Mezotrofní kambizem (skoro 34 %) je zde nejvíce se vyskytující půdní typ, dále oligotrofní kambizem (něco málo přes 28 %), pseudoglej (mírně přes 15 %) a oglejená kambizem (skoro 11 %). V menší míře se zde objevují luvizemě, podzoly a fluvizemě (Remeš 2008).

4. METODIKA

Pedofyzikální vlastnosti půd byly srovnávány v porostu listnáčů, smrku ztepilého a douglasky tisolisté na lokalitě Amerika, na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy (Obr. 6 a 7). Byly analyzovány pomocí fyzikálních válečků, jednalo se přitom o druhé srovnání, kdy výsledky prvních šetření byly publikovány v práci Podrázský, Kupka (2011).



Obr. č. 6 – Obrysová mapa výzkumných ploch. Zdroj: www.mapy.cz



Obr. č. 7 – Porostní mapa výzkumných ploch. Zdroj: LHP pro odpovídající LHC.

4.1 Popis vybraných ploch

Vybrané výzkumné plochy (Obr. 6 a 7) byly sledovány pro vyhodnocení pedofyzikálních vlastností z odebraných vzorků svrchních horizontů minerálních půdních vrstev (horizontů Ah). Zdokumentované plochy se lišily druhovou skladbou, byly v přijatelně srovnatelném věku, a s podobnými stanovištními podmínkami. Popis porostů na základě údajů LHP a LHE ze dne 7. 2. 2018 a jejich konkrétní stav dokládá tabulka číslo 3. Platnost lesního hospodářského plánu je v době od 1. 1. 2011 do 31. 12. 2020.

Tab. č. 3 – Popis porostů vybraných k odběru půdních vzorků

Porost	HS	Plocha	Věk	Zakmenění	SLT
Amerika Točna - listnáče	447	1,1	66	10	3S
Amerika Točna - douglaska	441	2,37	44	9	3S
Amerika Točna - smrk	441	1,36	66	10	3S

Zdroj: Hodnoty získané z LHP. Tabulka vlastní.

Všechny tři porosty se nacházejí na převládajícím lesním typu 3S1, neboli na svěží dubové bučině šřavelové. Hospodářský soubor 44 značí, že se jedná o živná stanoviště středních poloh. Půdní poměry jsou charakteristické sprašovým pokryvem na svoru, jedná se o chemicky velmi příznivé půdy s dostatkem živin, nasycenost sorpčního komplexu je vysoká. Jedná se o půdní typ luvizem (Remeš 2008).

Porost s listnáči, na mapě označen jako porostní plocha 118B 7b, je tvořen převážně habrem obecným, jeho zastoupení na ploše je 60 %, dále borovicí, ta je zastoupena na 25 %, duby na 10 % a břízou na 5 %. Výzkumná plocha je založena v místě s dominancí dubu s příměsí habru a dalších listnáčů. Doba obmýtí je u tohoto porostu 70 let a obnovní doba 20 let. Celková zásoba dříví porostu činí 292 m³.ha⁻¹ podle LHP, v r. 2010 byla na ploše stanovena zásoba 262 m³.ha⁻¹.

Porostní směs s douglaskou, na mapě označena jako porostní plocha 118B 5a, je tvořena zejména smrkem, který je zastoupen na ploše 30 %, borovicí na 20 %, douglaskou na 15 %, habrem na 15 %, dále modřínem na 10 % a dubem na 6 %. Doba obmýtí je u tohoto porostu 100 let a obnovní doba 30 let. Výzkumná plocha byla založena v čistém porostu douglasky. Celková zásoba dříví činí 576 m³.ha⁻¹, na výzkumné ploše v roce 2010 pak 579 m³.ha⁻¹.

Porost se smrkem, na mapě označena jako porostní plocha 118B 7c, je tvořen smrkem, který je na ploše zastoupen na 100 % plochy. Doba obmýtí je u tohoto porostu 100 let a obnovní doba 30 let. Celková zásoba dříví činí $645 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$, na výzkumné ploše pak $507 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$. Průměrný roční přírůst byl stanoven v porostech listnáčů, smrku a douglasky ve výši 4,43, 8,45 a $12,87 \text{ m}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ročně (Kupka a kol. 2013).

4.2 Odběr vzorků z půdy

Ve sledovaných porostech byly odebrány fyzikální (Kopeckého) válečky o standardním objemu v počtu 5 opakování v každém sledovaném porostu 10. 10. 2017. Vzorky rostlé půdy byly odebrány po odstranění nadložního humusu, tedy z horizontu Ah.

Postup:

Do raznice (usnadňuje umístění válečku do půdy a nenarušuje její strukturu) složené ze dvou dílků se vloží tenkostěnný ocelový váleček vysoký 5 centimetrů, pro odlišení válečků a jejich snadnější evidenci na sobě mají vyražené číslo. Celá raznice se vpraví do půdy s odstraněným holorganickým horizontem jemným vklepáváním kladiva, použijí se k tomu ještě podložka a kladivo/palice tlumící vibrace, které pomáhají odebrat vzorek v neporušeném stavu. Po zasunutí do konkrétního půdního profilu se raznice s plným válcem vydlobne a pomalu se rozpojí. Nejprve se z raznice odebere její spodní část. Odebraný vzorek se očistí a zároveň (o nadbytečnou zeminu a vyčnívající kořínky) ostrým nožem tak, nejlépe od středu válečku, aby nedošlo k narušení struktury zeminy a půda zůstala rostlá. Pokud se v odebraných vzorcích objeví větší skelet či velké kořeny nebo se při odřezu odloupne větší část, je lepší odběr opakovat na jiném místě. Aby se zemina během přesouvání nenarušila či nevytřásla, přikládá se na spodní část válečku nerezové sítko. Na obě strany válečku se poté přiklopí víčko, které jim náleží (dáno jejich hmotností) a zagumičkují se, takto je váleček pevně uzavřený. Při dalším přesunu (např. odvozu) je třeba takto uskladněné vzorky opatřovat a dbát na to, aby vzniklé vibrace a otřesy nemohly strukturu zeminy narušit, získané výsledky by tak byly zkreslené. Důležitou součástí procesu je též si půdní vzorky řádně označit a zapsat do zápisníku. Získané vzorky je potřeba co nejrychleji zpracovat. Fotografie k odběru půdy poskytnuté profesorem Vilémem Podrázským jsou k dispozici jako příloha 1.

4.3 Identifikace vzorků

Analýza neporušených půdních vzorků byla provedena v laboratoři Tomáš se sídlem ve VÚLHM v.v.i. VS Opočno. Vzorky byly odebrány dne 10. 10. 2017, po jejich odeslání byly vyhodnoceny jejich pedofyzikální hodnoty. Byla stanovena jejich objemová hmotnost, specifická hmotnost, pórovitost, maximální kapilární vodní kapacita, maximální kapilární vzdušná kapacita, a momentní vlhkost.

Potřeby:

Pro identifikaci pořízeného půdního vzorku je potřeba: hodinové sklo, tužka na sklo, filtrační papír, analytické váhy, plochá mísa a děrovaná složka pro nasávání válečků, sušárna, exsikátor se silikagelovou náplní (sikativ) a destilovaná voda.

Důležité je pro správné zpracování půdních vzorků vědět, že váleček je nutné držet v poloze ve vertikálním směru, jak byl odebrán z půdy. Tak je číslo dobře čitelné a ostří směřuje dolů. Ihned po otevření spodní části válečku je nutné k němu přiložit filtrační papír, ten bude váleček uzavírat po celou dobu analýzy. Až po odložení válečku na hodinové sklo se otevírá jeho horní část. Vážení jsou prováděna s přesností na setinu gramu. Pokud dojde k devastaci či ke zmizení hodinového skla, je identifikace půdních vzorků zničena (Valla a kol. 1983).

Postup stanovení:

Pro získání hodnoty momentní vlhkosti půdních vzorků se každý odebraný váleček v daném okamžiku zváží (hodnota G_a). Po zvážení přichází na řadu sycení válečků destilovanou vodou kapilárním vztlínáním podle V. Nováka. Vzorky se nasycují do dalšího dne, minimálně 12 hodin. Pokud se v horní části ve válečcích zemina leskne, je celá provlhčená. Když dojde k odkapání přebytku vody, kapilárně nasycené vzorky se na hodinových sklech opět zváží (hodnota G_b) a nové hmotnosti určují nasáklivost půdy. Poté se válečky přikryté hodinovými skly položí na připravené 4x přeložené filtrační papíry, tímto okamžikem začíná odsávání vody ze zeminy ve válečcích a je to čas nula, od kterého se počítá 30minutová doba odsávání. Tato část rozboru slouží k určení 30minutové vlhkosti, ta se určí po odsávání, opětovným zvážení válečků (hodnota G_c). Opět pokládáme válečky na nové 4x přeložené filtrační papíry a odsáváme dalších 90 minut. Poté opět zvážíme (hodnota G_d) a z nich určíme hodnoty maximální kapilární vodní kapacity vzorků. Dále stejným postupem, avšak na 22 hodin

a důkladněji překrytými válečky látkovými přehozy, zase odsáváme. Po dalším zvážení (hodnota G_e) se získají hodnoty přibližné retenční vodní kapacity odebraných půd. Dále válečky opatrně vyprázdíme na předem zvážené filtrační papíry. Prázdné válečky očistíme z válečků odebranými filtračními papíry a přihodíme je k vysypaným vzorkům, poté se vloží do sušárny a vysuší se do konstantní hmotnosti, což zabere přibližně 6 hodin při 105 °C. Po vyjmutí vzorků ze sušárny dochází k jejich vychladnutí v exsikátoru se silikagelovou náplní. Po odejmutí vzorků z exsikátoru se na filtračním papíru zváží vychladlá zemina a zjistí se jejich čistá hmotnost sušiny (hodnota G_f), ze které se stanoví objemová hmotnost půd. Pro získání specifické hmotnosti je potřeba vysušenou zváženou zeminu rozdrolit a navážit z ní 10 g, které budou sloužit jako průměrný vzorek při práci s pyknometrem (Valla a kol. 1983).

Vzorce:

Momentní vlhkost (W_{mom}) = $G_a - G_f$ ($W_{obj} = G_a - G_f / O_p * 100$, O_p – objem neporušeného vzorku v centimetrech krychlových)

Nasáklivost (N_s) = $G_b - G_f$

30minutová vlhkost (W_{30}) = $G_c - G_f$

Maximální kapilární vodní kapacita (MKK) = $G_d - G_f$

Retenční vodní kapacita přibližná (RVK24) = $G_e - G_f$

Objemová hmotnost půdy (o) = G_f / O (kde O - objem ocelového válečku)

Specifická hmotnost (s) = $N_s / P_v + N_s - P_s$ (kde N_s - na sušinu přepočtená navážka u zeminy vyschlé na vzduchu, P_v - hmotnost pyknometru s destilovanou vodou a P_s - hmotnost pyknometru se suspenzí)

Pórovitost (P) = $100 * s - o/s$

Maximální kapilární vzdušná kapacita (MKK_{vz}) = $P - MKK$

4.4 Získané údaje a jejich statistické zpracování

Získaná data byla zpracována pomocí SW Statistica. Využity byly metody pro neparametrická data nezávislých měření Kruskal-Wallis test, a program jednofaktorové analýzy rozptylu ANOVA (Analysis of Variance), který je schopen pracovat s větším počtem hodnocených skupin. Do programu Excel se zanesly naměřené hodnoty ze všech odebraných válečků. Každá naměřená a vypočtená hodnota byla zařazena pod patřičný sloupec, viz Tab. č. 4 až 6. Ze získaných hodnot se pro každou požadovanou pedofyzikální veličinu (faktor) ze tří porovnávaných ploch vypočetl aritmetický průměr.

Tab. č. 4 - Naměřené hodnoty odebraných vzorků Amerika Točna listnáče

Momentní vlhkost půdy	Objemová hmotnost půdy	Spec. hmotnost půdy	Pórovitost	Vodní kapacita	Vzdušná kapacita
%	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%
32.7	1.19	2.55	53.52	43.25	10.27
26.3	1.26	2.53	50.29	40.62	9.67
25.4	0.99	2.50	60.42	41.97	18.45
13.3	1.03	2.40	57.21	37.10	20.11
17.9	1.13	2.56	55.84	36.82	19.02

Tab. č. 5 - Naměřené hodnoty odebraných vzorků Amerika Točna DG

Momentní vlhkost půdy	Objemová hmotnost půdy	Spec. hmotnost půdy	Pórovitost	Vodní kapacita	Vzdušná kapacita
%	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%
23.4	1.26	2.56	50.92	42.50	8.42
10.3	1.08	2.46	55.99	35.82	20.17
10.9	1.08	2.46	56.24	36.72	19.52
11.7	1.06	2.46	57.15	15.38	41.77

Pozn.: jeden váleček byl znehodnocen.

Tab. č. 6 - Naměřené hodnoty odebraných vzorků Amerika Točna SM

Momentní vlhkost půdy	Objemová hmotnost půdy	Spec. hmotnost půdy	Pórovitost	Vodní kapacita	Vzdušná kapacita
%	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%
11.6	0.74	2.33	68.19	28.67	39.52
12.2	1.01	2.43	58.59	36.86	21.73
11.0	1.19	2.55	53.17	39.59	13.58
10.7	1.06	2.53	57.83	41.01	16.82
11.2	1.04	2.42	56.98	34.95	22.03

Zdroj: Hodnoty získané v laboratoři Tomáš. Tabulky vlastní.

5. VÝSLEDKY

Získané výsledky jsou zaznamenány v Tab. č. 7. Všechny veličiny byly získané z přímého, destruktivního a laboratorního měření.

Tab. č. 7 - Výsledky odebraných vzorků Amerika Točna – listnáče, DG, SM

Porost	Momentní vlhkost půdy	Objemová hmotnost půdy	Spec. hmotnost půdy	Pórovitost	Vodní kapacita	Vzdušná kapacita
	%	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%
Listnáče	23.120	1.118	2.509	55.456	39.952	15.504
Douglaska	14.065	1.119	2.488	55.076	32.605	22.471
Smrk	11.344	1.009	2.449	58.954	36.216	22.738

Zdroj: Hodnoty získané v laboratoři Tomáš. Tabulka vlastní.

Momentní vlhkost půdy byla nejvyšší pod porostem listnáčů, nižší pod douglaskou a nejnižší pod smrkem (Tab. č. 7 a Graf č. 1), zde se také jednalo o největší hodnotové rozdíly v těchto porostech. Objemová hmotnost suché půdy byla u všech tří porostů takřka stejná, naměřené hodnoty nepřesáhly 1,2 g.cm³, jen mírně nižší hodnoty byly doloženy pod smrkem, u kterého objemová hmotnost půdy nepřesáhla 1,1 g.cm³ (Graf č. 2). Co se týče kvality půdy, hodnoty se nachází téměř u jejího obvyklého průměru, který se ve svrchní vrstvě půdy pohybuje od 1,2 až po 1,5 g.cm³. Nutno podotknout, že se jedná o veličinu, která se podle vlhkostních poměrů během celého roku mění.

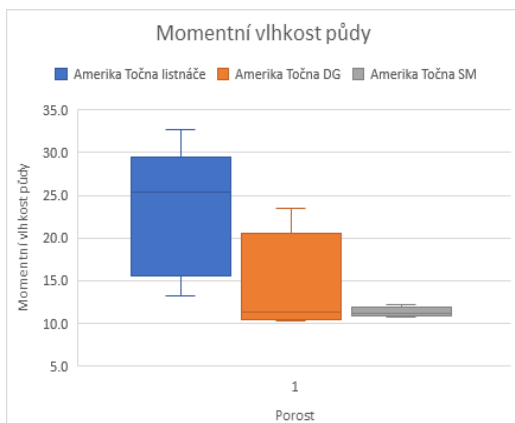
Specifická hmotnost půdy (stav půdy bez vody a plynů) se u vzorků půd pod listnatým porostem pohybovala kolem 2,5 g.cm³, u porostu s douglaskami to bylo 2,488 g.cm³ a u smrkového porostu 2,449 g.cm³ (Graf č. 3). I zde se naměřené hodnoty u všech tří porostů podstatně neliší. Specifická hmotnost se tedy pohybuje kolem 2,5 g.cm³. To u lesních půd není nic neobvyklého, neboť mají vyšší podíl humusového obsahu, se kterým specifická hmotnost klesá. Stoupá, pokud mají půdy vyšší obsah těžkých minerálů. I zde má nejnižší hodnotu specifické hmotnosti smrkový porost. Nejedná se však o žádné výrazné rozdíly. Naměřené hodnoty specifické hmotnosti nemají pro lesnické výzkumy veliký význam, avšak jsou nedílnou součástí půdního rozboru, zejména slouží pro výpočet důležité veličiny jako je pórovitost půdy.

Pórovitost půdy (Graf č. 4) značí procentní objem pórů v jejich celkovém množství. Na sledovaných výzkumných plochách byla pórovitost u listnatého a douglaskového porostu cca 55 % objemu půdy. O skoro 4 % více měl smrkový porost, u kterého byla naměřená pórovitost 58,954 % objemu půdy. U silně humózních půd, které se vyskytují

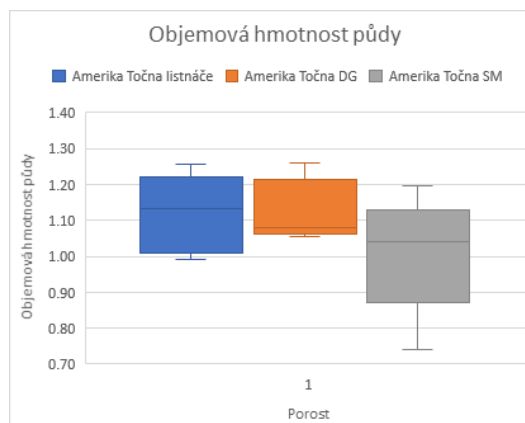
pod většinou lesů, jelikož vznikají tam, kde se na nich dlouhodobě vyskytuje organický opad, se pórovitost může vyšplhat i přes 70 %, avšak optimum je od 55 do 65 %. Propustnost vody a živin, což je hlavní charakteristikou pórovitosti, je u všech tří porostů optimální.

Maximální kapilární vodní kapacita (Graf č. 5) a maximální kapilární vzdušná kapacita (Graf č. 6) jsou od sebe odvislé. Udávají poměr mezi sebou neboli procento objemu vody a vzduchu v půdě v daný moment při jejich maximálním nasycení vodou, tzv. půdní hydrolimity. Půda pod porostem listnatých stromů vykazovala 39,952 % objemu maximální kapilární vodní kapacity, půda pod douglaskovým porostem 32,605 % objemu a půda pod smrkovým porostem 36,216 % objemu maximální kapilární vodní kapacity. Naměřené hodnoty maximální kapilární vodní kapacity informují o množství půdních pórů, které jsou schopné po delší dobu udržet vodu. Pokud jsou hodnoty maximální kapilární vodní kapacity příliš nízké, trpí takové půdy v případě dešťů a jiných forem vlhkosti zamokřením. Pokud jsou však tyto hodnoty příliš vysoké, poukazují na půdy s nízkou zádržností vody, které vysychají. A pokud by tedy maximální kapilární vodní kapacita neměla přesáhnout 75 až 80 % objemu půdy, nachází se zkoumané porosty ve středu, a tak se zdají být v optimálním stavu. Maximální kapilární vzdušná kapacita byla u listnatého porostu 15,504 % objemu půdy, u douglaskového porostu 22,471 % objemu a u smrkového porostu 22,738 %. Naměřené hodnoty maximální kapilární vzdušné kapacity informují o množství půdních pórů, které nejsou schopné udržet vodu. Jejich primárním úkolem je výměna půdního a atmosférického vzduchu. Na maximální kapilární vzdušnou kapacitu neblaze působí zhutňování půdy, které je způsobeno např. přejezdem těžké techniky, což snižuje např. schopnost přijímat vodu. Z výsledků maximální kapilární vzdušné kapacity je zřejmé, že u listnatého porostu se jedná o středně provzdušněnou půdu, a u douglaskového a smrkového porostu o silněji provzdušněnou půdu.

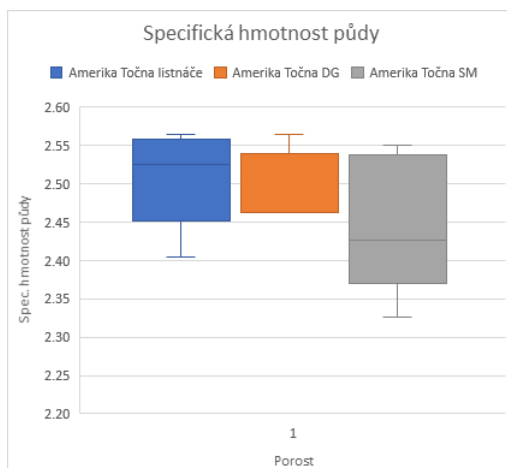
Z výsledků a k nim přiložených grafů je patrné, že hodnoty jednotlivých pedofyzikálních charakteristik pod porosty listnatého, douglaskového a smrkového lesa nevykazují u žádné zjišťované veličiny statisticky významné rozdíly. Avšak některé veličiny v rámci srovnávání sledovaných porostů byly více či méně odlišné. Rozsah rozdílů jednotlivých veličin z půdního rozboru je patrný z grafu (Graf č. 7).



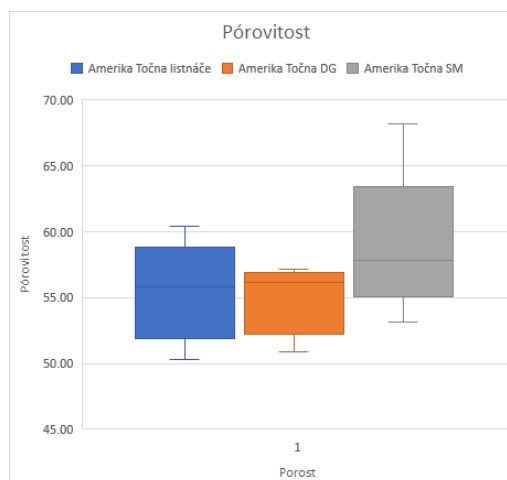
Graf č. 1 – Momentní vlhkost půdy



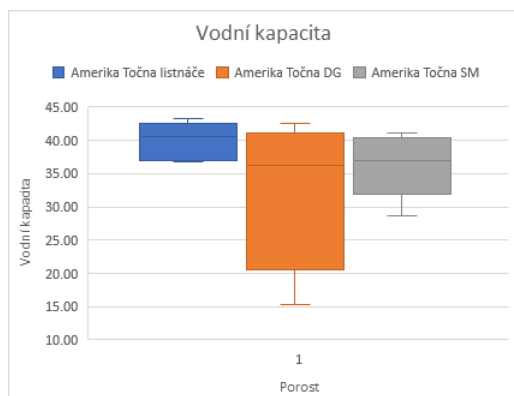
Graf č. 2 – Objemová hmotnost půdy



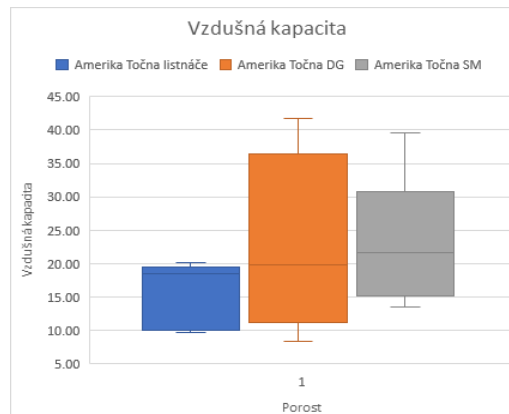
Graf č. 3 – Specifická hmotnost půdy



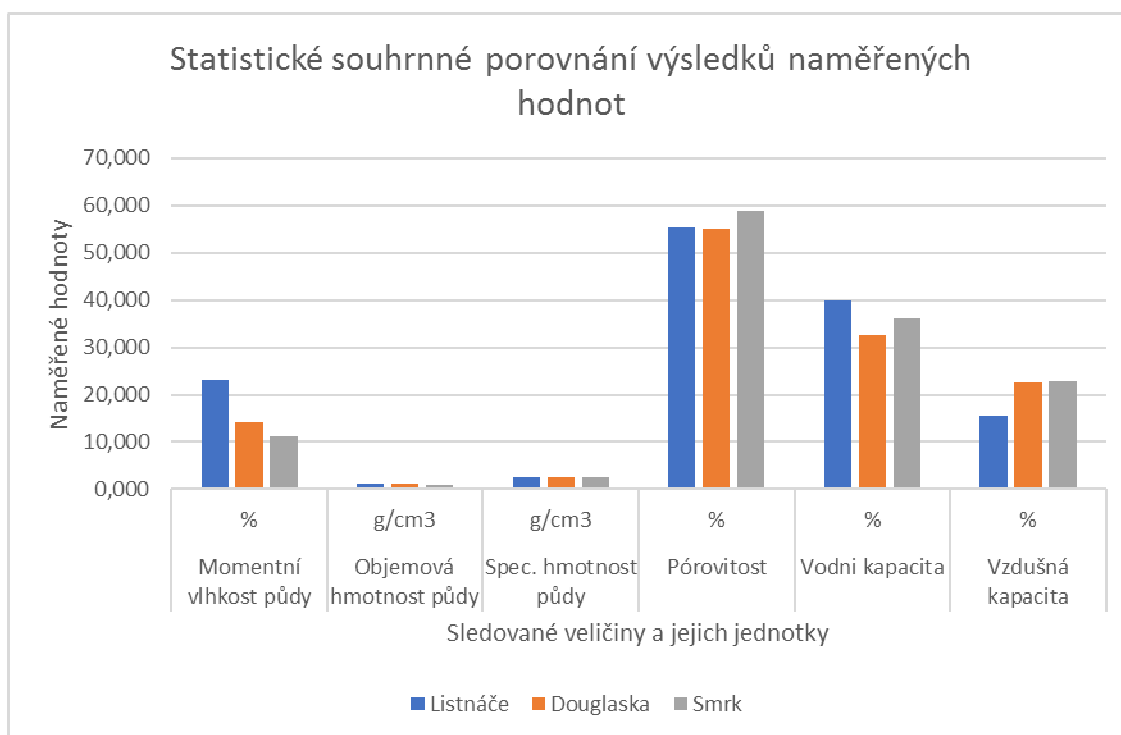
Graf č. 4 – Pórovitost



Graf č. 5 – Vodní kapacita



Graf č. 6 – Vzdušná kapacita



Graf č. 7 – Statistické souhrnné porovnání výsledků naměřených hodnot.

Objemová hmotnost půdy (1,009 až 1,119 g) a specifická hmotnost půdy (2,449 až 2,509 g) se téměř nelišila, jednalo se o rozdíly v řádu setin gramů. Jednalo se o statisticky nevýznamné rozdíly. U maximální kapilární vodní kapacity a pórovitosti se naměřené hodnoty pohybovaly u všech sledovaných porostů v rozmezí cca od 30 až 40 % u vodní kapacity a od 50 až 60 % u pórovitosti. Šlo tedy o malé odlišnosti v řádu několika procent, i zde nešlo o statisticky významné rozdíly. Největších rozdílů se naměřilo v momentní vlhkosti půdy, a to zejména v porostech listnatých, kde pórovitost činila cca 23 %, smrk dosahoval téměř poloviny této hodnoty (cca 11 %) a douglaska se nacházela mezi nimi (cca 14 %), avšak blíže ke smrkovému porostu. To poukazuje na větší schopnost listnatého porostu zadržovat vodu v půdě, jde však o fakt, který je u listnatých porostů znám. Dalším trochu více se odlišujícím bodem na grafu je maximální kapilární vzdušná kapacita, kde půda pod smrkem s douglaskou vykazovala obdobné hodnoty kolem 22,5 %, avšak pod listnatým porostem dosahovala 15,5 %. Zdá se tedy, že až na obsah vody v půdě v daný okamžik se porosty ve svých vlivech na půdu a hospodaření s vodou neliší. Avšak i při tomto podrobném výčtu se celkové hodnocení naměřených hodnot nejeví pro douglasku negativně, jelikož se vesměs nacházela ve středu hodnocení a plně chyběly statisticky významné rozdíly.

6. DISKUZE

Jedním z lesnických opatření je introdukce, která má za úkol zvýšit produkci lesů, stabilitu lesních porostů a bezpečnost produkce na celém světě. Pro Českou republiku byl optimální podíl významných cizokrajných dřevin určen lesnickým výzkumem na 7 %. Mezi těmito dřevinami je i všude uznávaná douglaska tisolistá. Mluví se o ní, jako o jedné z komerčně nejdůležitějších dřevin světa, která se již vyskytuje snad na všech kontinentech (např. Argentina, Írán, Nový Zéland), i když její původní areál je v Severní Americe. Daří se jí, jelikož je tolerantní k nejrůznějšímu prostředí a tvoří stabilní porosty (Kubeček a kol. 2014), má tedy širokou ekologickou valenci. I díky tomu se stala velice oblíbenou a uznávanou v Evropě. Ve Francii patří k nejvýznamnějším hospodářským dřevinám, počítají s ní při zalesňování i obnově lesa, dokonce tam již zdomácněla. Podobně se pěstuje i ve Velké Británii, Dánsku, Skotsku, Belgii, Holandsku, Polsku, Slovensku a Německu, např. u posledního jmenovaného státu nalezneme nejstarší výsadby douglaskových porostů.

I Česká republika patří do výčtu evropských států, které douglasku věnují vyšší pozornost. Započalo to v minulých letech, kdy s její výsadbou začínali spíše vlastníci soukromých lesů. Douglaska, ostatně i jako jiné introdukované dřeviny, se setkávala s omezeními orgánů státní správy. Díky tomu klesaly roční výsadby douglasek, a narostl jejich střední věk, ale i průměrná zásoba (Kubeček a kol. 2014). Plocha douglaskových porostů je nyní v České republice 5818 ha, zejména v prvních pěti věkových stupních, s porostní zásobou 1 436 877 m³ (Kšíř a kol. 2015). Rychle roste do ohromných výšek a v produkci kvalitního a odolného jádrového dřeva je téměř nenahraditelná. Zejména ve smíšených porostech jsou produkční možnosti douglasky obrovské. Některá hodnocení jsou známá již od 60. let 20. století, kdy v 70letém porostu byl objem jednoho kmene 2,9 m³, a ve stoletém až 6 m³. Na vhodných a živných stanovištích (Křtiny) byl objem jednoho kmene z deseti nejvyvinutějších 106 let starých jedinců 9,12 m³. Oproti tomu měl smrk 3,17 a modřín 3,70 m³. U douglasky se může průměrný roční objemový přírůst pohybovat okolo 0,12 až 0,16 m³ u jednoho stromu za rok. Douglaska prospívá i na méně úživných, chudších a kyselejších půdách (Hůrky, Písecko), i zde má až trojnásobnou výši produkce než smrk ztepilý, kdy průměrný objem jednoho kmene z deseti nejstatnějších jedinců byl 6,30 m³, pro srovnání u smrku 1,93 a u modřínu 2,25 m³. Samozřejmě, produkční schopnost

douglasky může například modřín dosáhnout v místech, kde je douglaska limitována kvalitou půdy a vlhkostními poměry (Ulbrichová a kol. 2014).

To může být dáno i faktem, že douglaska je i ve svém původním areálu známa svou vysokou proměnlivostí, a to ve směru východ-západ, i na malých vzdálenostech. Proto je třeba dbát na původ osiva. Česká republika je odkázána na jeho dovoz, domácí zdroje nemají dostatek kvalitních semen, přestože se douglaska na našem území, v některých oblastech, dobře zmlazuje (Kšír a kol. 2015). Například, pro zajímavost, pod vlastním porostem zmlazuje výborně, má na ploše až 70 % nových rostlinek. I pod dubem zmlazuje skvěle, objevuje se pod ním 46 % stromků douglasky, pod bukem hůře, ale i tak je na ploše 17 % stromků douglasky (Podrázský a kol. 2014). Základním předpokladem pro zavedení douglaskových porostů u nás je tedy výběr vhodných proveniencí (Kšír a kol. 2015). Jako vhodná stanoviště se jeví především nižší lesní vegetační stupně, kde hrozí zhoršené podmínky pro pěstování smrku ztepilého do budoucna. Právě v těchto polohách a v lesích hospodářských by ho mohla douglaska zastoupit, douglaska je mnohem důslednější ve využívání vodního zdroje, a dá se říct, že kde smrk těžce dýchá a nemůže, tam douglaska vhodně a rychle pomůže, neboli netrpí suchem v místech, kde smrk ano. Má však předpoklad i pro pěstování v lesích v souvislosti se zvyšováním extrémních klimatických podmínek (nejen na našem území), což doprovází i změny vlhkostních poměrů (Podrázský, Viewegh 2013).

V České republice je kladen důraz na udržitelné lesní hospodářství, aby lesní hospodářství bylo doopravdy udržitelné, musí být ekologicky orientované a ekonomicky návratné (Kacálek a kol. 2013). A třebaže má douglaska spousty pěstebních i ekonomických výhod, není u nás hojněji využívána. Jedná se o obavy z jejího dopadu na lesní ekosystém, na druhovou rozmanitost, na stav a vývoj lesních půd. Pro zjištění jaké dopady má douglaska na půdu, na změny její hydrofyzikálních vlastností a tím pádem i na lesní ekosystém, je třeba se zaměřit na půdotvornou roli douglasky. Důležitými aspekty ke sledování jsou vlivy douglasky tisolisté na chemické a fyzikální vlastnosti půdy, aby nedocházelo ke změnám v lesním ekosystému, jako je ztráta bylin a degradace půd. Důležité je v tomto směru vědět, že degradace je mnohem rychlejší než její revitalizace. Avšak, co se týče degradace půdy douglaskou, tak se prozatím dospělo k vyjádření, že vliv douglasky na půdu je relativně příznivý, vyznačuje se dobrou tvorbou a koloběhem organické půdní hmoty. Díky rychlému rozkladu jehličí, oproti jiným koniferám, výrazně neokyseluje půdu. I ve srovnání s jinými jehličnany má

o hodně nižší půdní kyselost a příznivější obsah bází a sorpční půdní komplex (Podrázský, Viewegh 2013). Což bylo doloženo také při zkoumání půdotvorné role důležitých zavlečených jehličnanů, které probíhalo v Kostelci nad Černými lesy, ve kterém se jednalo o srovnání mezi dřevinami douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. Ty byly dále porovnávány s přirozeně se vyskytujícími dřevinami a metasekvojí čínskou. Studie se zaměřila na prostředí nejvýrazněji a v nejkratší době ovlivněnou část půdního profilu (na holorganické horizonty a nejsvrchnější minerální horizonty) – humusové formy. Vliv uvedených dřevin na půdu se projevoval odlišně, zejména v jednotlivých částech rozboru. První kroky vedly k určení akumulace povrchového humusu, ta byla velmi nízká u listnatých dřevin a metasekvoje, které mají tak rychlý rozklad holorganické vrstvy, že se vzorek v některých případech nepodařilo ani odebrat. Za ně se zařadila jedle, douglaska, poté vejmutovka. Nejvyšší akumulace byla zaznamenána u staršího porostu smrku. Půdní reakce metasekvoje a listnáčů se opět výrazně nelišila, nejkyselejší vliv na půdu měl smrk, za ním vejmutovka. Douglaska s listnáči půdu okyselovala nejméně. Obsah výměnných bází byl nejvyšší u metasekvoje a listnáčů, následovala vejmutovka a za nimi byla douglaska s jedlí a smrkem. Totéž platilo pro nasycení sorpčního komplexu bázemi. Úplně nejnižší hydrologická acidita byla u metasekvoje. Na středu se nacházela jedle s douglaskou a vejmutovkou. Nejvyšší hodnoty byly sledovány pod smrkem. Kationtová výměnná kapacita byla vcelku vyrovnaná u všech porovnávaných porostů (Podrázský, Remeš 2008). Při zaměření se na samotnou douglasku a její porovnání s ostatními dřevinami, se různými výzkumy dospělo k tomu, že například ve srovnání se smrkem douglaska vykazuje méně nepříznivé vlivy na lesní půdy, zejména jejich humusové formy. Na stanovištích kyselých a středně bohatých (Písecko a Křtinsko) vedla výzkumná práce k závěru, že douglaskové porosty hromadily 25t/ha nadložního humusu, oproti tomu smrkové porosty kolem 79,5t/ha. Půdní reakce byla u douglasky příznivě vyšší v holorganických a organominerálních horizontech, též poměr C/N byl příznivější oproti jiným dřevinám na témže stanovišti (buk či smrk). Výrazně příznivější půdotvornou roli a chemismus měla douglaska v profilu humusových forem ve srovnání se smrkem v dalším šetření na území ŠLP Kostelec nad Černými Lesy. Příznivější byla také její půdní reakce, charakteristiky půdního sorpčního komplexu, dusík a dynamika půdní organické hmoty. Vliv douglaskového porostu byl sice ve srovnání s listnatým porostem méně příznivý, avšak lepší než u smrku, téměř se svým vlivem na půdu blížila účinkům jedle obrovské (Kubeček a kol. 2014). Při šetření tří introdukovaných dřevin a jejich

půdotvorné role se také zjišťoval celkový obsah živin a živin v přístupné formě v nadložním humusu. Obsah celkového fosforu byl nejvyšší u douglasky, následovala jedle, metasekvoje a listnáče, se smrkem a vejmutovkou. V obsahu přístupného fosforu byl na prvním místě listnatý porost, druhá byla douglaska, následovala jedle, smrk, metasekvoje, nejnižší hodnoty byly u vejmutovky. Obsah celkového draslíku klesal u porostů v pořadí metasekvoje, vejmutovka a jedle, smrk a listnáče, douglaska. Obsah přístupného draslíku klesal v pořadí listnáče, metasekvoje, douglaska, smrk a jedle, nejméně přístupný ho měla vejmutovka. Nejvyšší celkový obsah vápníku se objevil v půdě pod jedlí, metasekvojí a douglaskou, na středu byly listnaté porosty, následoval smrk a nejhůře na tom byla vejmutovka. Obsah přístupného vápníku byl vysoký u metasekvoje, douglasky a listnáčů, střední hodnoty byly u jedle, následoval smrk a vejmutovka. Obsah celkového hořčíku byl nejvyšší u listnatého porostu, následovala metasekvoje, pak až o polovinu nižší hodnoty byly zaznamenány u vejmutovky a douglasky, nejhůře dopadli smrk s jedlí. Obsah přístupného hořčíku dosáhl nejvyšší hodnoty u listnatého porostu, následovala metasekvoje, douglaska, jedle, smrk a vejmutovka. A nyní přichází na řadu hodně diskutovaný prvek s ohledem na douglasku tisolistou. Dusík. Hodnota obsahu celkového dusíku byla pod porostem douglasky v nadložním humusu na samém vrcholu, avšak listnatý porost těsně následoval, střední hodnoty byly prokázány v porostech smrku, metasekvoje a jedle, na konci štafety stála vejmutovka. Co se týče hodnot celkového obsahu dusíku v organominerální zemině, padla douglaska na samé dno, zbylé dřeviny na tom byly o jednu a více desetín procenta obsahu lépe. Douglaska a jedle potvrdily své vysoké nároky na živiny, které jsou příčinou poklesu obsahu některých živin v půdě (Podrázský, Remeš 2008). Nebyly však zdokumentovány žádné pozoruhodné změny v půdním chemizmu či mikroklimatických podmínkách při srovnání douglaskových porostů s domácími druhy, avšak vysoký podíl dusíku v půdě může být příčinou vyššího výskytu ruderálních druhů rostlin. Douglaska zvyšuje druhovou rozmanitost, i když klesá hojnost některých původních druhů, a také do jisté míry ovlivňuje stanoviště, právě a zejména svými vyššími nároky na živiny. Také nitrofilní druhy vyskytující se pod porostem douglasky poukazují na vysoký obsah dusičnanů v humusovém patře a v horních vrstvách půdy, což se jeví jako riziko při zavádění douglaskových porostů (Podrázský a kol 2014).

Jedná se však o intenzivně rostoucí introdukované druhy, kdy i údaje ze zahraničních zdrojů, zejména z experimentů s hnojiv, potvrdily vysokou náročnost těchto druhů na živiny, které je nutné jim dodávat v podobě hnojiv, aby se porosty s jejich výskytem mohly trvale a udržitelně využívat (Podrázský, Remeš 2008). Nicméně další provedený výzkum staršího a čistého douglaskového a smrkového porostu ve věku 99 let, již nepoukazoval tak výrazné rozdíly vlivu na půdní vlastnosti, pouze v některých charakteristikách. Douglaska má intenzivní příjem živin, avšak po čase svým rychlým rozkladem opadu je uvolňuje a vrací zpět do koloběhu. S přibývajícím věkem tedy porosty mění jejich účinky na půdu, prochází vývojem, a tak intenzita odběru živin porostem závisí na jeho vývojové fázi a věku, dokonce i na způsobu hospodaření (Ulbrichová a kol. 2014).

V této bakalářské práci se jednalo o porostní směs s 15 % douglasek, třebaže výzkum byl prováděn v čistém douglaskovém porostu, zda se jedná o optimální či nejlepší poměr smíšení není jasné, nicméně splňuje legislativní opatření, která v tomto rozmezí s meliorační a zpevňující dřevinou počítají. Nicméně se zdá, že ať už se vybere jakýkoliv poměr, její smíšení je správná volba. Důležitá je v tomto směru studie 73 let starého smíšeného porostu na bohatém stanovišti (Křtiny), kdy se došlo k závěru, který potvrzuje již zmíněné doporučení přimíšení douglasky do porostu, že zhoršování vlastností půd se zvyšuje přibývajícím podílem douglasky ve směsi, což se projevuje například na snižování obsahu bazických kationtů hořčíku a vápníku v A horizontu (Kubeček a kol. 2014). V tomto směru se doporučuje douglasku pěstovat v různém poměru smíšení, od individuálního až nízkého zastoupení (10 až 15 %) po poměrně nízké či střední zastoupení (20 až 30 %) a skupinovitou příměs, až k některým autorům se jeví optimálnímu podílu douglasky (30 až 40 %) v porostu (Podrázský a kol. 2014). Z hlediska zavádění douglaskových porostů je proto třeba se dále věnovat výzkumům vhodných provenienčních ploch a vhodnému výběru dřevin, které v každém věkovém období výrazně ovlivňují formování humusových forem i tvorbu půdy. I zvýšené nároky některých dřevin by se měly zohlednit při tvorbě porostní směsi na vybraném konkrétním stanovišti (Podrázský, Remeš 2008).

Lesní ekosystém je souhra zejména tří složek – dřevin s vodou a půdou. Půda sama o sobě určuje svou stavbou, jak bude voda (se živinami) propustná, a tím pádem i jak se v ní dané dřeviny bude dařit, právě i s ohledem na nároky dané dřeviny. Jeden z dřívě provedených výzkumů se zabýval vlivem douglasky tisolisté na fyzikální vlastnosti

lesních půd, kdy se v oblasti středočeského regionu zkoumaly dvě série porostů. První byla založena na trvale lesních půdách nacházejících se v Kostelci nad Černými lesy, půdní typ luvizem, svěží dubo-bukový vegetační stupeň v nadmořské výšce 350 m n. m., s plochami založenými v porostech smrku ztepilého, douglasky tisolisté, jedle obrovské, smíšeného listnatého lesa a na holině, jednalo se i o námi sledovanou sérii. Druhá byla založena výsadbou v roce 1967 na zemědělských půdách u vesnice Krymlov, půdní typ pseudoglej, v nadmořské výšce 430 m n. m., šetření proběhlo na vzniklých porostech smrku ztepilého, douglasky tisolisté, břízy bělokoré a borovice lesní, a na sousedním poli. Pedofyzikální vlastnosti byly stanoveny za pomoci Kopeckého válečku podobně jako v této bakalářské práci. V první sérii byla douglaska vyhodnocena jako nejméně příznivá ke stavu půdy po holině. Díky její schopnosti zadržovat a využívat půdní vodu může přispívat k vysušení území a zvýšit deficit vody v daném místě, což se projevilo i na výsledcích obsahu vody a momentní vlhkosti, kdy patřila spolu se smrkem k nejhorším (smrk 12,3 %, douglaska 13,1 % a ostatní 15,4 a více %), jedná se však o vlastnost, která z druhé strany znamená stabilizaci porostů v méně příznivých podmínkách. Objemová hmotnost půdy u douglasek byla v porovnání s ostatními vyšší (1,05 g.cm³, ostatní pod 1 g.cm³), naopak nižší byla její pórovitost (59 %, ostatní 62 a více %). Ostatní vlastnosti se moc neodlišovaly. V druhé sérii se opět douglaska jevila jako méně příznivá, oproti ostatním dřevinám (9,3 až 11 %) měla výrazně nejnižší vlhkost půdy (6,1 %), nejvyšší vlhkost půdy byla na poli (16,4 %). Objemová hmotnost se u všech dřevin velice podobala. Ostatní vlastnosti taktéž. Nejvíce průkazný se projevil rozdíl mezi lesní a zemědělskou půdou. Při jejich srovnání vychází jako příznivější pro pedofyzikální vlastnosti půd les. Douglaska v této studii vykazovala ze všech dřevin nejméně výrazné vlivy na půdu, za čímž stojí její vysoké nároky na vodu a živiny, intenzivní růst a rychlý rozklad opadu. Příznivé bylo zjištění, že zalesňování vede k lepší retenci a vodohospodářskému poměru v krajině (Podrázský; Kupka 2011). V této práci řešený douglaskový porost již ve věku 44 let nevykazoval žádná významná vychýlení se od standardu domácích dřevin v účincích na fyzikální vlastnosti půd, veškeré naměřené hodnoty vybraných fyzikálních veličin byly velice podobné. Tento trend zaznamenaly i zahraniční zdroje, které tvrdí, že geografické a geologické podmínky a lesnická patření ovlivňují stav půdy a přízemní vegetace ve větší míře než dřevinná skladba (jednalo se o borovice, douglasky, jedle, buky a duby), pouze smrk měl větší vliv. Avšak šetření týkající se jednotlivých lokalit zvyrazňují působení jednotlivých dřevin, která i ve zdejších podmínkách s určitostí

potvrdila, že vliv douglasky na půdní vlastnosti je velice příznivý ve srovnání se smrkem (Kubeček a kol. 2014). Námi získané výsledky tak potvrdily vhodnost využití douglasky, která se svým působením na stav půd neodlišuje od našich domácích dřevin.

Je tedy dobrou zprávou, že budoucnost douglasky se nyní bude hodně řešit, jelikož v rozmezí 10let se očekává značný pokles smrkových porostů. Zejména v závislosti na kůrovcových kalamitách, které jsou zapříčiněny právě nevhodným umístěním smrků do nižších vegetačních stupňů. A na základě těchto poznatků se přistupuje k plánům vyměnit tyto porosty smrkových monokultur za dřeviny stanovištně se více hodící. A právě douglaska by zde smrk mohla zastoupit. Počítá se s plochou o velikosti 149 616 až 163 713 ha (nyní jen 5800 ha), což je 10 % z celkové plochy smrku v České republice. Zapracování douglaskových porostů by trvalo několik desetiletí, avšak znamenalo by to zlepšení kvality dřeva a eliminaci nežádoucích změn půd vzniklé příčinou smrků nacházejících se mimo přirozená stanoviště. A jelikož zde douglaska nalézá své optimum, její přírůst by mohl dosáhnout cca 300 000 až 650 000 m³ za rok (Podrázský a kol. 2016).

7. ZÁVĚR

Po zhodnocení výsledků vybraných pedofyzikálních vlastností se douglaska tisolistá jeví jako dřevina ovlivňující půdu v obdobném měřítku jako běžné domácí druhy dřevin. Hodnoty douglasky tisolisté se v případech momentní vlhkosti, specifické hmotnosti a maximální vzdušné kapacity pohybovaly uprostřed, i přestože právě u momentní vlhkosti půd bylo zaznamenáno největších mezidruhových rozdílů, při nichž v horizontu Ah v daný moment zadržoval nejvíce vody listnatý porost. Nejnižších hodnot ze všech tří porostů douglaska dosáhla v případě maximální kapilární vodní kapacity půd, což poukazuje na vyšší půdní zadržnost vody. Čímž potvrdila své vynikající meliorační a zpevňující vlastnosti. Avšak je nutné zdůraznit, že u všech hodnocených pedofyzikálních veličin nedošlo k nálezu takových rozdílných hodnot, které by poukazovaly na její značný či až extrémní vliv na půdní prostředí. Z bakalářské práce je zřejmé, že výsadba douglasky tisolisté neohrozí stav půd a lesních ekosystémů. Ba naopak, svými výtečnými vlastnostmi, nejen vodohospodářskými, a vysokou produkcí dřevní hmoty přispěje na vhodných stanovištích do ekologické, ekonomické i environmentální stránky lesního hospodářství České republiky.

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AUGUSTO, Laurent; DUPOUEY, Jean-Luc; RANGER, Jacques. Effects of tree species on understory vegetation and environmental conditions in temperate forests. *Annals of Forest Science*. 2003, vol. 60, no. 8, s. 823-831.

BITNER, Richard. Kapesní atlas JEHLIČNANY. 1. vydání 6061. publikace Praha : Euromedia Group, k.s., 2012. 224 s. ISBN 978-80-242-3139-6.

CÍLEK, Václav; JUST, Tomáš; SŮVOVÁ, Zdeňka a kol. Voda a krajina – Kniha o životě s vodou a návratu k přirozené krajině. 1. vydání Praha: nakladatelství Dokořán, s.r.o., 2017. 199 s. ISBN 978-80-7363-837-5.

INVESTICE DO ROZVOJE VZDĚLÁNÍ. Význam půdních mikroorganismů pro produkční a mimoprodukční funkce půdy [online]. Připraveno v rámci řešení projektu CZ.1.07/2.2.00/28.0020. AF MENDELU [cit.17-08-2018]. Dostupné z WWW: <http://web2.mendelu.cz/af_291_projekty2/vseo/print.php?page=4008&typ=html>

JANDÁK, Jiří; POKORNÝ, Eduard; PRAX, Alois. Půdoznalství. Dotisk Brno: Mendelova univerzita v Brně, 2014. 143 s. ISBN 978-80-7375-445-7.

KACÁLEK, Dušan; DUŠEK, Daniel; NOVÁK, Jiří; BARTOŠ, Jan. The impact of juvenile tree species canopy on properties of new forest floor. *Journal of Forest Science*. 2013, vol. 59, no. 6, s. 230-237.

KANTOR, Petr; ŠACH, František. Účinnost lesních ekosystémů při tlumení povodní. In ČESKÁ LESNICKÁ SPOLEČNOST (eds.). *Lesy a povodně : celostátní seminář ze dne 25. června 2003 v domě ČSVTS v Praze*. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, s.r.o., 2003, s. 12-16. ISBN 80-02-01564-9.

KREČMER, Vladimír; ŠACH, František; ČERNOHOUS, Vladimír; KANTOR, Petr. *Lesy a povodně : souhrnná zpráva*. In ČESKÁ LESNICKÁ SPOLEČNOST (eds.). *Lesy a povodně : celostátní seminář ze dne 25. června 2003 v domě ČSVTS v Praze*. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, s.r.o., 2003, s. 5-7. ISBN 80-02-01564-9.

KREMER, Bruno. Průvodce přírodou: STROMY. 252. publikace Praha : Knižní klub, k.s., ve spolupráci s nakladatelstvím Ikar Praha, s.r.o., 1995. 288 s. ISBN 80-85830-92-2.

KŘOVÁK, František; PÁNKOVÁ, Eva; DOLEŽAL, František. Vliv lesních ekosystému na hydrický režim krajiny. *Aktuality šumavského výzkumu II*. 2004, s. 44-48.

KŠÍR, Jiří; BERAN, František; PODRÁZSKÝ, Vilém; NOVOTNÝ, Petr; DOSTÁL, Jaroslav; KUBEČEK, Jiří. Výsledky hodnocení mezinárodní provenienční plochy s douglaskou tisolistou

(*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) na lokalitě Hůrky v jižních Čechách ve věku 44 let. Zprávy lesnického výzkumu. 2015, roč. 60, č. 2, s. 104-114.

KUBEČEK, Jiří; ŠTEFANČÍK, Igor; PODRÁZSKÝ, Vilém; LONGAUER Roman. Výsledky výzkumu douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) v České republice a na Slovensku – přehled. Lesnický časopis – Forestry Journal. 2014, roč. 60, s. 116-124.

KUPKA, Ivo; PODRÁZSKÝ, Vilém; KUBEČEK, Jiří. Soil-forming effect of Douglas fir at lower altitudes. Journal of Forest Science. 2013, vol. 59, no. 9, s. 345-351.

KUTÍLEK, Miroslav. Půda planety Země. 1. vydání Praha: nakladatelství Dokořán, s.r.o., 2012. 199 s. ISBN 978-80-7363-212-0.

MARTINÍK, Antonín; HOUŠKOVÁ, Kateřina; PALÁTOVÁ, Eva. Germination and emergence response of specific Douglas fir seed lot to different temperatures and prechilling duration. Journal of Forest Science. 2014, vol. 60, no. 7, s. 281-287.

MATĚJKA, Karel; PODRÁZSKÝ, Vilém; VIEWEGH, Jiří; MARTINÍK, Antonín. Srovnání bylinné etáže v porostech douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) a v porostech jiných dřevin. Zprávy lesnického výzkumu. 2015, roč. 60, č. 3, s. 201-210.

MENŠÍK Ladislav, KULHAVÝ Jiří, KANTOR Petr, REMEŠ, Michal. Humus conditions of stands with the different proportion of Douglas fir in training forest district Hůrky and the Křtiny Forest Training Enterprise. Journal of Forest Science. 2009, roč. 55, č., s. 345-356.

MEZI STROMY. Lesní ekosystém [online]. MEZI STROMY [cit.17-08-2018]. Dostupné z WWW: <<https://www.mezistromy.cz/ekosystem-lesa/lesni-ekosystem/odborny>>

MEZI STROMY. Jak zabránit odtoku vody z krajiny [online]. MEZI STROMY [cit.20-08-2018]. Dostupné z WWW: <<https://www.mezistromy.cz/ochrana-prirody/jakzabranitodtokuvodyz%20krajiny/odborny>>

MĚDÍLEK, Filip. Porostotvorná a půdotvorná funkce douglasky ve vybraném porostu na území ŠLP Kostelec nad Černými lesy. Diplomová práce 1999. 45 s.

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ – kolektiv autorů. Zpráva o stavu lesa a lesního hospodářství České republiky v roce 2016. Vydalo MZe v Praze, 2017. 132 s. ISBN 978-80-7434-389-6.

PAČES, Tomáš. Voda a Země. 1. vydání Praha: Academia: nakladatelství Československé akademie věd Praha 1982. 174 s. ISBN 21-043-82-509-21-826.

PETKOVA, Krasimira; GEORGIEVA, Margarita; UZUNOV, Madalina. Investigation of Douglas-fir provenance test in North-Western Bulgaria at the age of 24 years. Journal of Forest Science. 2014, vol. 60, no. 7, s. 288-296.

PODRÁZSKÝ, Vilém. Základy ekologie lesa. 1. vydání Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2014. 144 stran. ISBN 978-80-213-2515-9.

PODRÁZSKÝ, Vilém; ČERMÁK, Radek; ZAHRADNÍK, Daniel; KOUBA, Jan. Production of Douglas-fir in the Czech Republic based on national forest inventory data. *Journal of Forest Science*. 2013, vol 59, no. 10, s. 398-404.

PODRÁZSKÝ, Vilém; KUPKA, Ivo. Vliv douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) na základní pedofyzikální charakteristiky lesních půd. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2011, roč. 56, speciál, s. 1-5.

PODRÁZSKÝ, Vilém; MARTINÍK, Antonín; MATĚJKA, Karel; VIEWEGH, Jiří. Effects of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) on understorey layer species diversity in managed forests. *Journal of Forest Science*. 2014, vol. 60, no. 7, s. 263-271.

PODRÁZSKÝ, Vilém; PROCHÁZKA, Jiří; REMEŠ, Jiří. Produkce a vývoj půdního prostředí porostů na bývalých zemědělských půdách v oblasti Českomoravské vrchoviny. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2011a, roč. 56, speciál, s. 27-35.

PODRÁZSKÝ, Vilém; REMEŠ, Jiří. Půdotvorná role významných introdukovaných jehličnanů – douglasky tisolisté, jedle obrovské a borovice vejmutovky. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2008, roč. 53, č. 1, s. 29-36.

PODRÁZSKÝ, Vilém; REMEŠ, Jiří. Rychlost obnovy charakteru lesních půd na zalesněných lokalitách Orlických hor. *Zprávy lesnického výzkumu*. 2008a, roč. 53, č. 2, s. 89-93.

PODRÁZSKÝ, Vilém; REMEŠ, Jiří; HART, Vlastimil; TAUCHMAN, Pavel. Douglaska a její pěstování – test českého lesnictví. *Lesnická práce*. 2009, roč. 88, s. 376-381.

PODRÁZSKÝ, Vilém; REMEŠ, Jiří; MAXA Michal. Má douglaska degradační vliv na lesní půdy? *Lesnická práce*. 2001, roč. 80, č. 9, s. 393-395.

PODRÁZSKÝ, Vilém; REMEŠ, Jiří; PULKRAB, Karel; BÍLEK, Lukáš; PRKNOVÁ, Hana; KUBEČEK, JIŘÍ. Optimalizace pěstování smíšených porostů se zastoupením douglasky tisolisté (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco). Certifikovaná metodika, rukopis. Česká zemědělská univerzita v Praze, 2014. 11 s.

PODRÁZSKÝ, Vilém; REMEŠ, Jiří; SLOUP, Roman; PULKRAB, Karel; NOVOTNÝ, Stanislav. Douglas-fir-partial substitution for declining conifer timber supply – review of Czech data. *Wood research*. 2016, vol. 61, no. 4, s. 525-530.

PODRÁZSKÝ, Vilém; VIEWEGH, Jiří; MATĚJKA, Karel. Vliv douglasky na rostlinná společenstva lesů ve srovnání s jinými dřevinami. Zprávy lesnického výzkumu. 2011, roč. 56, speciál, s. 44-51.

PODRÁZSKÝ, Vilém; VIEWEGH, Jiří. Vliv douglasky tisolisté na přizemní vegetaci lesních porostů. Lesnická práce. 2013, roč. 92, č. 1, s. 24-26.

POPOV, Emil Borisov. Results of 20 years old Douglas-fir provenance experiment established on the northern slopes of Rila Mountain in Bulgaria. Journal of Forest Science. 2014, vol. 60, no. 9, s. 394-399.

PULKRAB, Karel; SLOUP, Miroslav; ZEMAN, Miroslav. Economic Impact of Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) Production in the Czech Republic. Journal of Forest Science. 2014, vol. 60, no. 7, s. 297-306.

REMEŠ, Jiří. Vzorové lesnické hospodaření ŠLP Kostelec nad Černými lesy – exkurzní průvodce. 1. vydání Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 2008. 76 s. ISBN 978-80-213-1789-5.

ROČEK, Ivan; A KOLEKTIV. ARBORETUM lesnické fakulty České zemědělské univerzity v Praze Kostelec nad Černými lesy. 1. vydání Praha: Česká zemědělská univerzita v Praze, 1998. 80 s. ISBN 80-213-0413-8.

SYCHRA, David; MAUER, Oldřich. Prosperity of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) plantations in relation to the shelter. Journal of Forest Science. 2013, vol. 59, no. 9, s. 352-358.

ŠACH, František; ČERNOHOUS, Vladimír; KANTOR, Petr. Účinnost lesních ekosystémů při tlumení povodní. In ČESKÁ LESNICKÁ SPOLEČNOST (eds.). Lesy a povodně : celostátní seminář ze dne 25. června 2003 v domě ČSVTS v Praze. Kostelec nad Černými lesy : Lesnická práce, s.r.o., 2003, s. 17-29. ISBN 80-02-01564-9.

ŠARAPATKA, Bořivoj; DLAPA, Pavel; BEDRNA, Zoltán. Kvalita a degradace půdy. 1. vydání Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci ve spolupráci s Ministerstvem životního prostředí ČR, 2002. 246 s. ISBN 80-244-0584-9.

ŠKOLNÍ LESNÍ PODNIK KOSTELEK NAD ČERNÝMI LESY. O ŠLP [online]. ŠKOLNÍ LESNÍ PODNIK KOSTELEK NAD ČERNÝMI LESY [cit.26-08-2018]. Dostupný z WWW: <<https://kostelec.czu.cz/cs/r-11200-o-slp>>

TOMÁŠEK, Milan. Půdy České republiky. 4. vydání Praha: Česká geologická služba, 2017. 68 s. ISBN 970-80-7075-688-1.

ULBRICHOVÁ, Iva; KUPKA, Ivo; PODRÁZSKÝ, Vilém; KUBEČEK, Jiří; FULÍN, Martin. Douglaska jako meliorační a zpevňující dřevina. Zprávy lesnického výzkumu. 2014, roč. 59, č. 1, s. 72-78.

VALLA, Miloš; KOZÁK, Josef; DRBAL, Jiří. Cvičení z půdoznalství II. 1. vydání Praha: Vysoká škola zemědělská v Praze, 1983. 280 s.

VÍTEJTE NA ZEMI... MULTIMEDIÁLNÍ ROČENKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Základní fyzikální vlastnosti půdy [online]. VÍTEJTE NA ZEMI... MULTIMEDIÁLNÍ ROČENKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ [cit.24-08-2018]. Dostupný z WWW: <http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=zakladni_fyzikalni_vlastnosti_pudy&site=puda>

VÍTEJTE NA ZEMI... MULTIMEDIÁLNÍ ROČENKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Základní fyzikální vlastnosti půdy [online]. VÍTEJTE NA ZEMI... MULTIMEDIÁLNÍ ROČENKA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ [cit.21-08-2018]. Dostupný z WWW: <http://www.vitejenazemi.cz/cenia/index.php?p=pudni_horizonty_co_je_to_pudni_profil&site=puda>

VRÁBLÍKOVÁ, Jaroslava; VRÁBLÍK, Petr. Základy pedologie. 1. vydání Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2006. 102 s. ISBN 80-7044-805-9.

VRÁBLÍKOVÁ, Jaroslava; VRÁBLÍK, Petr. Aplikovaná pedologie. 1. vydání Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, 2008. 147 s. ISBN 978-80-7414-046-4.

ZÁKONY VI/2015 sborník úplných znění zákonů z oblasti ochrany životního prostředí a hospodaření energií k 1. 1. 2015. Vydavatel PORADCE, s.r.o., 2015. 496 s. ISSN 1802-8314.

ZIEGLER, Václav. Základy praktické pedologie. 1. vydání Praha: Univerzita Karlova v Praze, 2006. 82 s. ISBN 80-7290-282-2.

ZÝVALOVÁ, Jana. Vliv buku lesního a smrku ztepilého na zastoupení nízkomolekulárních organických kyselin a složení mikrobiálních společenstev v lesních půdách. Diplomová práce 2017. 60 s.

9. PŘÍLOHY

Příloha č. 1: Fotografie pořízené panem prof. Ing. Vilémem Podrázským, CSc., dokumentující postup odběru půdních vzorků do Kopeckého válečků v porostech nacházejících se v Kostelci nad Černými lesy v oblasti Točna, uváděné také jako lokalita Amerika.



Foto č. 1: Interiér porostu douglasky



Foto č. 2: Interiér porostu listnáčů



Foto č. 3: Interiér porostu smrku



Foto č. 4: Odstranění vrstvy nadložního humusu



Foto č. 5: Ploška připravená k odběru



Foto č. 6: Zatloukání válečku



Foto č. 7: Zatloukání válečku



Foto č. 8: Zatlučený váleček připravený k odběru



Foto č. 9: Vyjmutí válečku z půdy



Foto č. 10: Manipulace s válečkem



Foto č. 11: Očištění čela válečku



Foto č. 12: Očištění druhé strany válečku



Foto č. 13: Konečná úprava válečku před uzavřením



Foto č. 14: Příprava vzorků k transportu do laboratoře