

MENDELOVA UNIVERZITA V BRNĚ
LESNICKÁ A DŘEVAŘSKÁ FAKULTA
ÚSTAV GEOLOGIE A PEDOLOGIE

Ekologická charakteristika organozemí a možnosti
využití rašelin v oblasti vybraných ložisek
Třeboňské pánve a Krušných Hor

DISERTAČNÍ PRÁCE

2016

Josef Janoušek

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: “Ekologická charakteristika organozemí a možnosti využití rašelin v oblasti vybraných ložisek Třeboňské pánve a Krušných Hor“ zpracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace uvádím v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b Zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou Směrnicí o zveřejňování vysokoškolských závěrečných prací. Jsem si vědom/a, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle §60 odst. 1 autorského zákona. Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne 1. září 2016

.....
Ing. Josef Janoušek

Poděkování

Na tomto místě bych rád poděkoval vedoucímu disertační práce panu Doc. Dr. Ing. Dušanovi Vavříčkovi za cenné rady a zkušenosti, které mi předával během celého studia. Stejně tak si vážím jeho osobního přístupu, se kterým si na mne dělal čas nad rámec jeho pracovních povinností. Děkuji panu Ing. Janovi Pecháčkovi Ph.D., se kterým jsem mohl konzultovat problematiku zpracování dat. V neposlední řadě můj dík patří také panu Prof. Ing. Klementovi Rejškovi, CSc., který v době mého studia vedl Ústav geologie a pedologie a který svým jedinečným přístupem přispíval k tvůrčí atmosféře na tomto ústavu. Nemohu opomenout také podporu mé manželky Ivy, během mého „dálkového“ studia, za kterou jsem jí velmi vděčný.

Tato disertační práce byla zpracována v rámci řešení výzkumného projektu Technologické agentury ČR, TA02020867, „Využití nových organominerálních stimulačních přípravků a přirozených organických materiálů k obnově a revitalizaci abioticky a bioticky poškozených lesních porostů.“

ABSTRAKT

EKOLOGICKÁ CHARAKTERISTIKA ORGANOZEMÍ A MOŽNOSTI VYUŽITÍ RAŠELIN V OBLASTI VYBRANÝCH LOŽISEK TŘEBOŇSKÉ PÁNVE A KRUŠNÝCH HOR

Předkládaná disertační práce se zabývá v úvodní části obecně těžbou rašeliny v České republice, dále pak ekologickou charakteristikou vybraných těžných rašelinišť na Třeboňsku a v Krušných horách. Metodická část spočívala ve výběru ploch pro výzkum, popis výchozího a konečného stavu a založení pokusných ploch na devastovaných lokalitách Krušných hor. Důležitou součástí metodiky byla definice a vyvinutí substrátu pro rekultivaci a sledování vlivu aplikačního substrátu na půdu a sazenice. Experimentální substráty byly vyvinuty a vyrobeny ve výrobních závodech společnosti Rašelina a.s.. Tyto pak byly aplikovány spolu s výsadbou pokusných sazenic *Picea abies* (L.) Karsten na výzkumných plochách. Průběžně byly získávány data pro zpracování výsledků, které byly vyhodnoceny jak formou grafů, tak i statisticky. Z výsledků vyplývá, že dotace prostoru sadební jamky, při výsadbě sazenice *Picea abies* (L.) Karsten, vhodně voleným organickým substrátem na bázi rašeliny, nebo kompostu a následná aplikace substrátu do okolí kmínku v dalších letech, může významně optimalizovat nutriční poměry stanoviště a zajistit vyšší přírůsty v prvních letech po výsadbě, které jsou pro zdárné odrůstání sazenic často klíčové.

Z experimentálních substrátů se nejlépe uplatnil z pohledu optimalizace výživy, v časovém úseku tří let, substrát EXPM2, který byl tvořen kompostem s podílem rašeliny. Přírůst sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, po dobu tříletého sledování, byl nejpříznivější u varianty substrátu EXPM1, ve kterém byla použita rašelina s příměsí hnojiva Silvamix R s růstovými stimulátory. Závěrem je možno konstatovat, že pro komplexní řešení dané problematiky a tvrzení s obecnější platností, by byl zapotřebí delší časový úsek a větší variabilita výsledků, což ovšem přesahovalo možnosti této práce.

Klíčová slova:

rekultivační substrát, rašelina, Rašelina a.s., rašeliniště, smrk ztepilý, stanoviště s nedostatkem organické hmoty

ABSTRACT

ECOLOGICAL CHARACTERISTICS OF HISTOSOLS AND THE POSSIBILITY OF UTILISATION OF PEAT IN THE AREA OF REPRESENTATIVE DEPOSITS IN TREBON REGION AND KRUSNE HORY.

In the introduction part the dissertation is concerned with the state of peat harvesting in The Czech Republic and ecological characteristics of representative peat bogs in the Trebon area and Krusne Hory. The part methodology is based on selection of areas of research, description of initial and final state and establishing research areas in devastate areas of Krusne Hory. An important component of methodology was definition and development of substrate for re cultivation and monitoring of influence of applied substrate on the soil and seedlings. Experimental substrates were developed and manufactured in Raselina a.s. company. These substrates were applied together with experimental seedlings of *Picea abies* (L.) Karsten in research locations. Data were gain continuously for formulation of results, which were evaluated in graphs and statistics. From results follow that addition of well chosen organic matter on the base of peat or compost in the area of planting hole within planting of *Picea abies* (L.) Karsten and following application of substrate near to the trunk, in next years, can significantly optimized nutrition in the stand and ensure higher growth in first years, which are key for successful growth. The best results from the point of optimal nutrition in period of three years were achieved in the substrate EXPM2, which was formulated by compost and peat. The best growth between 2012 and 2014 occurred in substrate EXPM 1, which was made from peat and fertilizer Silvamix R with stimulator. Finally we can state that for complete dealing with this topic, and statements with more general validity, we would need more data from longer period, which exceeded possibilities of these theses.

Key words:

substrate for re cultivation, peat, Raselina a.s., peat bog, Norway Spruce, stand with the lack of organic matter

Obsah

1. Úvod	1
2. Cíl disertační práce	2
3. Současný stav řešené problematiky – Literární přehled	3
3.1 Rašelinářství	3
3.1.1 Rašelinářství ve světě	3
3.1.2 Rašelinářství v České republice	4
3.2 Rašeliniště	5
3.2.1 Typy rašelinišť	8
3.2.2 Výskyt rašelinišť.....	17
3.2.3 Význam rašelinišť pro krajinu a ekosystém.....	19
3.3 Rašelina	20
3.3.1 Charakteristika rašeliny.....	20
3.3.3 Rašelina jako surovina.....	22
3.3.4 Těžba rašeliny.....	27
3.4 Problematika revitalizace výrazně narušených lesních porostů v Krušných Horách	38
3.4.1 Organická hmota a její role v lesních ekosystémech vyšších poloh.....	40
3.4.2 Chemické a biologické meliorace při revitalizaci půdního prostředí imisních holin ..	42
4. Metodika	45
4.1 Metodika ekologické charakteristiky organozemí	45
4.2 Metodika vývoje a hodnocení rekultivačního substrátu.....	45
4.2.1 Vývoj a příprava substrátů na bázi organické hmoty s obsahem humusových látek	46
4.2.2 Výběr lokalit	48
4.2.3 Aplikace substrátů při výsadbě do sadebních jamek	48
4.2.4 Metodika vyhodnocení vlivu substrátů na růst sazenic <i>Picea abies</i> (L.) Karsten	54
4.2.5 Metodika vyhodnocení vlivu substrátů na zdravotní stav sadebního materiálu <i>Picea abies</i> (L.) Karsten	54
4.2.6 Metodika odběru vzorků.....	54
4.2.7 Metodika laboratorních prací	55
4.2.8 Porovnání výsledků s kontrolními výsadbami bez použití revitalizačních substrátů .	59
4.2.9 Metodika sledování meteorologických charakteristik na vybraných výzkumných plochách	60
5. Výsledky	69
5.1 Charakteristika organozemí	69

5.1.1 Charakteristika organozemí Třeboňské pánve.....	69
5.1.2 Charakteristika organozemí v Krušných Horách	69
5.2 Výběr a charakteristika pokusných ploch pro aplikaci rekultivačních substrátů	70
5.2.1 Výběr pokusných ploch	70
5.3 Rekultivační substrát.....	79
5.3.1 Vyhodnocení vlivu aplikovaných substrátů na výživu sazenic <i>Picea abies</i> (L.) Karsten	79
5.3.2.....	89
Vyhodnocení vlivu aplikovaných substrátů na půdní prostředí v zóně kořenových balů výsadeb <i>Picea abies</i> (L.) Karsten	89
5.3.3.....	93
Vyhodnocení vlivu aplikovaných substrátů na dynamiku výškových přírůstků sazenic <i>Picea abies</i> (L.) Karsten	93
5.3.4 Vyhodnocení vlivu aplikovaných substrátů na zdravotní stav sazenic <i>Picea abies</i> (L.) Karsten	94
5.3.5 Vyhodnocení vlivu aplikovaných substrátů na hmotnost biomasy jehlic sazenic <i>Picea abies</i> (L.) Karsten	96
6. Diskuze	97
7. Závěr.....	99
SUMMARY	100
SEZNAM LITERATURY	102
Přílohy	109
Seznam zkratk a symbolů.....	112
Seznam obrázků	114
Seznam tabulek.....	116

1. Úvod

Obor rašelinářství v České republice není velký, ani nikterak významný z hlediska celkové ekonomiky státu. Pro obory jako zahradnictví a lesnictví má však nedocenitelný význam při výrobě růstových medií pro zahradnické i lesnické školkařství. Proto je škoda, že je tento obor v poslední době jako celek tak trochu opomíjen. Z tohoto důvodu je v práci obsažena problematika těžby rašeliny a jejího využívání. Současný stav těžby a využití rašeliny v ČR je konfrontován s celosvětovým pohledem, který prezentuje IPS (International Peatland Society). Jedná se o nevládní, neziskovou organizaci, zabývající se výzkumem a monitoringem rašelinišť, jejich ochranou a zodpovědným využíváním. (IPS 2016). V posledních letech se řada autorů věnuje optimálnímu složení rašelinových substrátů pro profesionální pěstování v zahradnictví a školkařství, jako příklad lze uvést následující publikace: The effect of clay amendment on substrate properties and growth of woody plants (Dubský a Meisl 2012), Kontejnery a substráty ve školkařské produkci (Sloup a Salaš 2007), Role organické hmoty v půdě a požadavky na moderní substráty (Henek a Dymák 2011), Využití odpadní kůry do pěstebních substrátů I. (Salaš 2002), Využití odpadní kůry do pěstebních substrátů II. (Salaš 2002). Chybí však detailnější práce týkající se využití rašeliny pro lesnictví při revitalizaci degradovaných stanovišť. Přitom by právě rašelina mohla být vhodným materiálem při revitalizaci stanovišť s nedostatkem organické hmoty, na kterých je zalesňování velmi obtížné až nemožné.

Z minulosti jsou známy výsadby s pomocí donášky různých materiálů na obtížně zalesnitelná stanoviště, zpravidla se však jedná o jiné materiály než je rašelina. Souček a kol. (2010) uvádí v metodice pro obnovu lesa na lokalitách ohrožených introskeletovou erozí postup pro výsadby, založený na donášce zeminy. Podrázský a kol. (2003) definuje jako základní postupy pro revitalizaci půdního prostředí imisních holin chemické a biologické meliorace. Stejný autor se zabývá také melioracemi na degradovaných plochách Krušných hor a převody porostů náhradních dřevin. Dobré výsledky z degradovaných stanovišť, při dotaci ploch organickou hmotou z rozebraných liniových valů, do kterých byly shrnuty svrchní horizonty v Krušných horách, uvádí také Vavříček a kol. (2006).

2. Cíl disertační práce

1. Charakterizovat organozemě – rašeliniště v Třeboňské pánvi a Krušných horách, které jsou využívány k těžbě rašeliny. Charakterizovat rašelinu na těchto lokalitách.
2. Vybrat a charakterizovat pokusné plochy na degradovaných stanovištích Krušných hor, v minulosti postižených celoplošnou přípravou půdy, při které došlo k odstranění svrchních půdních horizontů dozerovou technologií do liniových valů.
3. Navrhnout a vyvinout vhodný organický rekultivační substrát na bázi rašeliny a kompostu pro aplikaci do sadebních jamek při výsadbách *Picea abies* (L.) Karsten
4. Vysadit sazenice na pokusné plochy spolu s novým experimentálním substrátem a také sazenice kontrolní
5. Sledovat vybrané parametry půdní, biometrické, klimatické.
6. Analyzovat získaná data
7. Vyhodnotit výsledky, stanovit doporučení pro praxi

3. Současný stav řešené problematiky – Literární přehled

3.1 Rašelinářství

Rašelinářství je interdisciplinární obor stojící na pomezí většího množství vědních oborů, se kterými úzce souvisí. Jmenovitě se jedná o geologii, pedologii, ekologii, lesnictví, zahradnictví, energetiku, lázeňství a zemědělství. V České republice se tento obor zabývá výzkumem rašelinišť a rašeliny jako přírodní suroviny. S tím úzce souvisí trend rozumného využívání rašeliny a ochrana rašelinišť. Nemalá pozornost je věnována také rekultivačním procesům, jež vracejí vytěžená rašeliniště přírodě.

3.1.1 Rašelinářství ve světě

Rašelinářství zkoumá fenomén rašelinišť a rašeliny komplexním pohledem, tedy z přírodovědného úhlu pohledu, stejně jako z pohledu hospodářsko - ekonomického. V celosvětovém měřítku je nejvýznamnější rašelinářskou institucí International Peatland Society (IPS). Tato světová nezisková a nevládní organizace sdružuje vědce, zástupce těžařských společností, pracovníky ochrany přírody a krajiny a mnoho dalších osob, kteří se zajímají o rašeliniště a rašelinu. Mezi vize organizace patří být vedoucí světovou organizací podporující zodpovědný management a moudré využívání rašelinišť a rašeliny. Cílem organizace je sloužit všem, které spojuje zájem o rašeliniště a rašelinu skrze propagaci, setkávání, komunikaci, výměnu znalostí a zkušeností, pomocí seminářů a projektů, které se týkají klíčových témat v oboru, včetně témat jakými jsou, změny klimatu, biodiverzity, potřeby zodpovědného využívání rašelinišť a jejich rekultivací. IPS byla založena v roce 1968 v Quebecu v Kanadě. Hlavní sídlo organizace je v Helsinkách. V dnešní době IPS registruje 1462 členů z celého světa ze 43 zemí. Strukturu organizace tvoří kromě předsednictva a sekretariátu deset komisí (Commissions I. – X.), které se zabývají různými tématy rašelinářství (Tab. 1). IPS sdružuje národní výbory (IPS National Committees), které mají své vlastní komise a které řeší témata týkající se rašeliny na národní úrovni. Národní výbory mají velké členské základny převážně ve státech, kde je rašelina hojnou a strategickou surovinou. IPS pravidelně pořádá konference, symposia, workshopy a publikuje výsledky výzkumu vědy a průmyslu. Obecně, IPS slouží jako fórum a spojující organizace expertů z mnoha

odvětví, z byznysu, vědy, ochrany přírody a všech, kteří se zabývají rašeliništi a rašelinou (IPS 2016).

Tab. 1: Komise International Peatland Society

Označení pracovních skupin IPS	Téma
Commission I	Stratigrafie, inventarizace a ochrana rašelinišť
Commission II	Využívání rašelinišť a rašeliny v zahradnictví, pro energetiku a ostatní ekonomické účely
Commission III	Využívání rašelinišť a rašeliny v zemědělství
Commission IV	Chemické, fyzické a biologické charakteristiky rašeliny
Commission V	Obnova, rekultivace a využití rašelinišť po těžbě
Commission VI	Balneologie, medicína a terapie
Commission VII	Ekologie a management zalesněných rašelinišť
Commission VIII	Kulturní aspekty rašeliny a rašelinišť
Commission IX	Tropická rašeliniště
Commission X	Změna klimatu a rašeliniště

3.1.2 Rašelinářství v České republice

Počátky systematictějšího výzkumu rašelinišť z lesnického hlediska v ČR sahají do poválečného období. Po roce 1946 byly zrušeny výzkumné stanice u lesnických škol, proto byly v r. 1947 zřízeny nové výzkumné stanice mezi nimi také Výzkumná stanice rašelinářská v Rolavě a Kvildě (Zahradník 2011). K další reorganizaci lesnického výzkumu došlo po roce 1951, kdy byl založen Výzkumný ústav rašelinářský v Hoře Sv. Šebestiána, který spadl pod Výzkumný ústav pro lesní výrobu (Zahradník 2011).

Po založení Výzkumného ústavu zemědělsko – lesnických meliorací (VÚZLM) v roce 1954 se část výzkumu rašeliny a rašelinišť pro jejich využití v zemědělství a lesnictví přesunula pod hlavičku této nové instituce, která převzala stanici rašelinářskou v Borkovicích od Krajského výzkumného ústavu zemědělského v Slapech u Tábora, pracoviště na rašeliništi v Hoře Sv. Šebestiána (Zahradník 2011). V roce 1958 byla do VÚZLM převedena skupina vodohospodářských meliorací (odvodnění, závlahy) z Výzkumného ústavu vodohospodářského v Praze. Název VÚZLM byl změněn na Výzkumný ústav meliorací Zbraslav (Hladík 2014). V roce 1981 došlo k zásadní reorganizaci (VÚM), tj. k fúzi tří složek: meliorací, pedologie a průzkumu půd ze tří ústavů do sjednoceného ústavu pod názvem Výzkumný ústav pro zúrodnění

zemědělských půd (VÚZZP) se sídlem v Praze - Zbraslavi (Hladík 2014). Meliorační větev ústavu (VÚZLM, od r. 1962 VÚM Zbraslav) je mateřskou organizací dnešního Výzkumného ústavu meliorací a ochrany půdy Praha (VÚMOP) (Hladík 2014). Původně výzkumný ústav zemědělsko – lesnických meliorací řešil v druhé polovině dvacátého století mimo jiné projekty týkající se mapování rašelinišť a využívání rašeliny v rámci celé ČSSR, zabýval se zúrodnováním mokřadů a využíváním rašelinných půd pro produkci zeleniny. V devadesátých letech došlo k privatizaci národního podniku Rašelina n.p., který zaštiťoval těžbu rašeliny v rámci celého bývalého ČSSR. Od 1. ledna 1994 vznikla Rašelina a.s. formou kupónové privatizace. Majoritním vlastníkem firmy Rašelina a.s. je společnost CiMS, a.s. (Rašelina 2016). V souvislosti s touto změnou přešel výzkum a rozvoj v oboru rašelinářství pod tuto privátní instituci, která dnes na výzkumu spolupracuje s Výzkumným ústavem lesního hospodářství a myslivosti (VÚLHM), Výzkumným ústavem Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví (VÚKOZ), Mendelovou univerzitou v Brně, Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích, Vysokou školou chemicko - technologickou v Praze, odborníky z lázeňství, kosmetiky atd.

3.2 Rašeliniště

Rašeliniště lze charakterizovat podle různých kritérií a nahlížet z různých úhlů pohledu. Obecně se jedná o místa mokřadního charakteru, na kterých dochází díky specifickým geologickým a klimatickým podmínkám k tvorbě rašeliny (Spitzer a Bufková 2008). Z pohledu IPS je za rašeliniště „Peatland“ považováno místo mokřadního charakteru, které obsahuje vrstvu přirozeně akumulované rašeliny na povrchu, místo je nebo nemusí být pokryté vegetací. Oproti tomu termín „Mire“, který by se dal přeložit jako „rašelinný mokřad, slatina“ je používán pro místa, na kterých je rašelina formována a akumulována. Z tohoto pohledu jsou všechny „rašelinné mokřady“ považovány za rašeliniště (Joosten a Donal 2002). Rašeliniště jsou nejvíce rozšířeným typem ze všech typů mokřadů na světě, zastupují 50 – 70 % rozlohy světových mokřadů. Odhaduje se, že rašeliniště pokrývají přes 4 miliony km² nebo také 3% rozlohy pevniny (včetně sladkých vod) planety Země. V ekosystémech rašelinišť se nachází jedna třetina veškerého uhlíků, který je vázaný v půdě a 10 % světových zásob sladké vody (Lappalainen 1996).

Rašelina vzniká na geologickém podloží, které je kyselé (minerálně chudé) a nepropustné, v místech, kde se může hromadit voda (Spitzer a Bufková 2008). Předpokládá to tedy přiměřeně vydatný a stálý zdroj vody v kombinaci s podložím, které nedovoluje volný odtok vody. Právě voda je nejdůležitějším faktorem tvořícím anaerobní podmínky vhodné k rašelinění (ulmifikaci). Voda je nejdůležitějším externím faktorem omezujícím dekompozici. Kvůli její velké teplotní kapacitě voda indukuje menší teploty než má okolí (Ball 2000). Omezená rozpustnost plynů ve vodě vede k malé dostupnosti kyslíku ve vodě (Denny 1993). Tyto dva faktory inhibují aktivitu nekompozitních organismů, která vede ke snížené rychlosti dekompozice mrtvých organických materiálů a následně k tvorbě a akumulaci rašeliny (Moore 1993). Vlastnosti vody (přítomnost živin a rozpuštěných nebo nerozpuštěných látek) a její původ (podzemní voda, srážková voda) ovlivňují spolu s klimatem a rostlinnými druhy dané lokality průběh rašelinění s čímž úzce souvisí i vlastnosti vznikající rašeliny.

Rašelinné mokřady jsou na Zemi od té doby, kdy se objevily první rašelinné rostlinné druhy. Rašelina z tropických rašelinných mokřadů mladšího karbonu (před 320 – 290 miliony let, prvohory) a ze subtropických rašelinných mokřadů třetihor (před 65 – 3 miliony let) se nyní nachází uhlí a lignit (Demchuk 1995). Většina současných rašelinišť vznikla v posledních 15 000 letech. Od té doby co začaly ustupovat ledovce, se rašelinné mokřady postupně proměnily v unikátní ekosystémy - rašeliniště (Joosten a Donal 2002).

Odumřelé části rostlinného společenstva se vrší a ve spodních vrstvách za nepřístupu vzduchu se v procesu rašelinění přetvářejí na rašelinu. Proces probíhá za omezeného přístupu kyslíku a je závislý na výšce hladiny podzemní vody. Při rozkladu organických zbytků ve stagnující vodě se spotřebovává kyslík a další organické zbytky se ukládají nerozložené ve formě humolitu. Humolitem rozumíme směs především organických látek s alespoň 30% podílem humusových substancí (Jandová 2009). Humolity didakticky dělíme na slatiny a rašeliny (Jandová 2009). Důležitým faktorem při procesu ulmifikace je struktura, chemické složení a schopnost dekompozice organického materiálu, ze kterého rašelina vzniká. Rychlost dekompozice, a tím i rychlost tvorby rašeliny, ovlivňuje druh rostlin a specifická část rostliny (kořeny, listy apod.). Rašelinění je proces, kde převládá produkce rostlinného materiálu nad dekompozicí. Akumulace rašeliny pobíhá obecně jako výsledek omezené dekompozice organického materiálu. (Clymo 1983). Rašelinění má pozitivní uhlíkovou bilanci a přebytky uhlíku jsou ukládány ve formě rašeliny (Joosten a Donal 2002). Přeměna

(transformace) biomasy v procesu rašelinění není úplná. Podle míry přeměny označujeme rašeliny stupněm rozložení (H1-H10) podle Von Postovy stupnice (Von Post 1924; Martini a Chesworth 1992). Látky, které odolávají rozkladu a přeměně (dřevní hmota) se hromadí mezi rašelinou.

Stupeň rozkladu a syntézy organické hmoty (humifikace) při tvorbě rašeliny z odumřelých zbytků rostlin závisí hlavně na druhovém složení rostlinného krytu a na míře nasycení rašeliniště vodou. Rašelina, která vzniká ve velmi vlhkých podmínkách, se akumuluje podstatně rychleji a je méně rozložená, než rašelina, která vzniká v sušších místech. Klimatologové tedy mohou využít řez stěnou rašelinného tělesa a po prozkoumání jednotlivých vrstev usuzovat jak vypadalo počasí v minulých tisíciletích.

Rozklad odumřelých organismů může být v rašeliništích díky huminovým kyselinám a specifickým podmínkám v rašeliništi natolik inhibován, že dochází k zachování nerozložených těl jak živočichů, tak rostlin. Jsou známy nálezy osob utonulých v rašelině, jejichž těla byla zachována s pozoruhodně neporušenou kůží, vnitřními orgány i kostrou. Rovněž bylo zachováno jejich oblečení a osobní věci (Šenovská 2014). Zachované zbytky organismů v rašelině jsou zdrojem informací pro historiky, klimatology, dendrology a botaniky, kteří mohou podle jednotlivých vrstev analyzovat zastoupení bylin a dřevin v průběhu času. Cenným zdrojem informací z jednotlivých vrstev rašeliny jsou konzervovaná pylová zrna, výtrusy rostlin a makroskopické zbytky rostlinných i živočišných těl. Pomocí metody radioaktivního uhlíku C14 mohou biologové a archeologové určovat stáří jednotlivých vrstev rašelinišť a současně stáří zbytků organismů.

Mnohé rostlinné druhy, vyskytující se v rašelinném mokřadu, se mohou podílet na tvorbě rašeliny, zejména ostřice, třtiny, mechy a trávy. Podle botanického složení, ze kterého rašeliny vznikly, se také odvozují typy rašelin (Joosten a Donal 2002). Rostlinný materiál je zpravidla tvořen typickými mokřadními druhy: rašelínkem tupolistým (*Shagnum obtusum*), ploníkem tuhým (*Polytrichum stricum*), suchopýrem pochvatým (*Eriophorum vaginatum*), ostřicemi (*Carex* gen.) a přesličkami (*Equisetum* gen.). U velkých rašelinišť může být vrstva rašeliny až několik metrů mocná, tato rašeliniště jsou velmi stará, protože 1 mm rašeliny vzniká přibližně 1 rok (Spitzer a Bufková 2008). Nejstarší rašeliniště v České republice mají stáří okolo 10 000 let, začala se tedy formovat po poslední době ledové. Rašeliniště nejsou na celé ploše stejnorodá a proto ani vrstvy rašeliny se nehromadí pravidelně. Povrch rašeliniště je zpravidla rozčleněn na kopečky (bulty), plošinky, prohlubně (šlenky) a jezírka. Mezi

živočichy mokřadů jsou hojně zastoupeny vážky, hraboši, žáby a ještěrky. Častými obyvateli rašelinišť jsou také obzvláště chránění tetřívky obecné a zmije obecná. Skutečnost že nejsou známá rašeliniště s vrstvou rašeliny mocnější než 10 metrů, svědčí o tom, že stejně jak stromy ani rašeliniště „nerostou do nebe“ (Spitzer a Buřková 2008). Rašeliniště se postupně zaplňuje rašelinou, až dojde k zhoršení zásobování vodou, čehož využijí keře a poté stromy, které mokřad „vytlačí“.

3.2.1 Typy rašelinišť

Existuje mnoho různých systémů, podle kterých se rašeliniště klasifikují. Systémy se liší podle účelu, pro jaký jsou navrženy, podle období ve kterém vznikly a také podle autora, který klasifikaci vytvořil. Základním prvkem většiny klasifikačních systémů je hydrologie rašelinišť, která tvoří hlavní diversifikační prvek.

3.2.1.1 Klasifikace rašelinišť v ČR

3.2.1.1.1 Základní členění rašelinišť

Podle polohy v terénu, vodního režimu, zásobení živinami a také podle procesu rašeliničení se v ČR tradičně rozlišují tři základní typy rašelinišť (Spitzer a Buřková 2008).

3.2.1.1.1.1 Rašeliniště vrchovištní

Rašeliniště vrchovištní vznikají v oligotrofním prostředí, s kyselou reakcí, nižší teplotou, nízkou aktivitou mikroorganismů a s vodou, která obsahuje málo minerálních látek. Rašeliniště zpravidla vznikají na nepropustném podloží, z tohoto důvodu veškerá voda v rašeliništi pochází z atmosférických srážek. Výše uvedené podmínky vyhovují k růstu zejména mechům. Proto také bývá rašelina vrchovištního typu tvořena převážně z mechů rodu rašelíník (*Sphagnum* gen.). Rašelina má světlehnědou barvu, rozklad rašeliny je pomalejší.

3.2.1.1.1.2 Rašeliniště slatinná

Rašeliniště slatinná (slatiny) vznikají v eutrofním prostředí, s neutrální reakcí, vyššími teplotami, s vyšším obsahem živin, s dostatkem mikroorganismů a s mineralizovanými podzemními vodami. Rašeliniště zadržují menší množství vody.

Rašelina slatinného typu obsahuje více huminových kyselin a bílkovin, méně hemicelulózu a bitumenů. Vzniká převážně z rákosu, ostřic a přesliček. Rašelina má tmavou barvu, zpravidla bývá více rozložená.

3.2.1.1.1.3 Rašeliniště přechodová

Rašeliniště přechodová jsou smíšeného původu. Vznikají v prostředí chudším na živiny, s poměrně nízkou teplotou. Rostou na nich rašeliníky, mechy a vlhkomilné rostliny.

3.2.1.1.2 Klasifikace rašelinišť na základě pedologických systémů

Podle klasifikačního systému půd (Němeček a kol. 2011) lze rašeliniště zařadit do referenční třídy ORGANOSOLY, půdní typ ORGANOZEM. Jedná se o půdy charakteristické rašelinovým horizontem s hloubkou 50 cm a více, s anaerobními procesy podmiňujícími rašelinění v převažující části půdního profilu. Organozemě obsahují více než 50 % (hmotnostních) spalitelných organických látek. Základní diagnostický horizont T je podmíněn procesy hromadění organických látek. Půdní subtypy, systém vylišuje následujícím způsobem: Organozem humolitová, Organozem sulfidická, Organozem glejová, Organozem litická, Organozem fibrická, Organozem mesická, Organozem saprická (Vavříček a Šimková - Pancová 2014). Světový půdně taxonomický systém vylišuje jako ekvivalent k Organosolům referenční třídu HISTOSOLY, (WRB 2006)

3.2.1.1.3 Rašeliniště v katalogu biotopů ČR

Katalog biotopů ČR (Chytrý a kol. 2001) začleňuje rašeliniště do systému tvořícího tento katalog následujícím způsobem: rašeliniště jsou součástí formační skupiny R (Rašeliniště a prameniště). Tato formační skupina obsahuje následující základní jednotky a podjednotky přírodních biotopů: (bez biotopů prameniště, které nejsou součástí disertační práce)

- R2.1 Vápnitá slatiniště
- R2.2 Nevápnitá mechová slatiniště
- R2.3 Přechodová rašeliniště
- R2.4 Zrašelinělé půdy s hrotnosemenkou bílou (*Rhynchospora alba* (L.))
- R3.1 Otevřená vrchoviště

- R3.2 Vrchoviště s klečí (*Pinus mugo* (L.))
- R3.3 Vrchovištní šlenky
- R3.4 Degradovaná vrchoviště

Rašeliniště jsou úzce spojené také s formační skupinou L (Lesy) kde jsou pro biotopy s rašelinou vymezeny níže uvedené základní jednotky a podjednotky.

- L9.2 Rašelinné a podmáčené smrčiny
- L10 Rašelinné lesy
- L10.1 Rašelinné březiny
- L10.2 Rašelinné brusnicové bory
- L10.3 Suchopýrové bory
- L10.4 Blatkové bory

3.2.1.1.4 Rašeliniště v systému NATURA 2000

Systém NATURA 2000 (Chytrý a kol. 2001) klasifikuje biotopy s rašelinou následujícím způsobem:

Tab. 2: Rašeliniště v systému NATURA 2000

Katalog biotopů	Anglický ekvivalent	Natura 2000
R2.1 Vápnitá slatiniště	Calcareous fens	7230 Alkaline fens
R2.2 Nevápnitá mechová slatiniště	Acidic moss-rich fens	7140 Transition mires and quaking bogs
R2.3 Přečhodová rašeliniště	Transitional mires	7140 Transition mires and quaking bogs
R2.4 Zrašelinělé půdy s hrotnosemenkou bílou (<i>Rhynchospora alba</i>)	Peatsoils with <i>Rhynchospora alba</i>	7150 Depressions on peat substrates (<i>Rhynchosporion</i>)
R3.1 Otevřená vrchoviště	Open raised bogs	7110 Active raised bogs – prioritní stanoviště
R3.2 Vrchoviště s klečí (<i>Pinus mugo</i>)	Raised bogs with <i>Pinus mugo</i>	91D0 Bog woodland
R3.3 Vrchovištní šlenky	Bog hollows	7110 Active raised bogs – prioritní stanoviště
R3.4 Degradovaná vrchoviště	Degraded raised bogs	7120 Degraded raised bogs (still capable of natural regeneration)

3.2.1.1.5 Rašeliniště v geobiocenologické typizaci přírody

Geobiocenologie vymezuje pro rašeliniště, v rámci základních jednotek geobiocenologické typizace přírody (Zlatník 1975; Zlatník 1976; Buček a Lacina 1999; Štykar 2003), následující skupiny typů geobiocénů:

- 4 A 4(6) *Pini-piceeta sphagnosa* (rašeliníkové borové smrčiny)
- 4–5 A (4)6 *Pini-piceeta turfosa* (rašeliništní borové smrčiny)
- 5–6 A 4(6) *Piceeta abietina sphagnosa inf. et sup.* (rašeliníkové jedlosmrčiny n. a v. st.)
- 5–6 AB–B 4 *Abieti-piceeta equiseti inf. et sup.* (přesličkové jedlové smrčiny n. a v. st.)
- 6–7 A 6 *Piceeta turfosa* (rašeliništní smrčiny)
- 7 A 4 *Piceeta sphagnosa* (rašeliníkové smrčiny)
- 2–4 (A)AB 5b *Betuli-alneta sup.* (březové olšiny v. st.)
- 4–5 A 6 *Pineta turfosa* (rašeliništní bory)
- 4–6 A 6 *Pineta rotundatae* (blatkové bory)

3.2.1.1.6 Rašeliniště v lesnické typologii

V rámci typologického systému Ústavu pro hospodářskou úpravu lesů v Brandýse nad Labem z roku 1987 (Plíva 1987) lze rašeliniště nalézt v následujících lesních typech:

- 9R1 Vrchovištní kleč
- 0G9 Podmáčená borová smrčina
- 3R Kyselá reliktní smrčina, 4RSvěží reliktní smrčina
- 5R Rašelinná borová smrčina
- 6T Podmáčená chudá smrková jedlina
- 6G Podmáčená smrková jedlina
- 6R Svěží rašelinná smrčina
- 7O Svěží jedlová smrčina
- 7P Kyselá jedlová smrčina
- 7Q Chudá jedlová smrčina
- 7T Podmáčená chudá jedlová smrčina

- 7G Podmáčená jedlová smrčina
- 7R Kyselá rašelinná smrčina,
- 8O Svěží oglejená (jedlová) smrčina
- 8P Kyselá oglejená (jedlová) smrčina
- 8Q Podmáčená chudá smrčina
- 8T Podmáčená zakrslá smrčina
- 8G Podmáčená smrčina
- 8R Vrchovištní smrčina
- 0O9 Svěží březodubový bor
- 0T Chudý březový bor
- 0R7 Borová březina
- 0G Podmáčený smrkový bor
- 0R Rašelinný bor (1– borůvkový, 2 – rojovníkový)
- 0R Blatkový bor (5 - borůvkový, 6 - rojovníkový)
- 9R2 Blatkové vrchoviště

3.2.1.2 Klasifikace rašeliníšť ve světě

Ve světě se historicky rašeliníště dělí podle polohy v terénu na „Bogs“ (český ekvivalent vrchovištní rašeliníště) a „Fens“ (český ekvivalent slatiny). Bogs jsou vyvýšené nad okolní krajinou a z rašeliníště tedy odtéká voda. Oproti tomu Fens jsou umístěny v depresích a z rašeliníště tak není umožněn odtok vody. Případná těžba rašeliny v rašeliníšti typu Fen probíhá bagrováním a po těžbě zůstává jezero. Toto původní dělení vědci dále rozpracovali a dnes se spíše dělí rašeliníště do dvou základních hydrogenetických typů „Ombrogenous mires“ a „Geogenous mires“.

Ombrogenous mires (ombrogenní rašelinné mokřady) jsou syceny pouze srážkovou vodou, zatímco Geogenous mires (geogenní rašelinné mokřady) jsou syceny vodou, která byla v kontaktu s minerálním podkladem nebo substrátem. Ombrogenní rašelinové mokřady se dále dělí podle původu vody na „Topogenous mires“ (topogenní rašelinové mokřady) a Soligenous mires (soligenní rašelinové mokřady). Podle původní Von Postovy klasifikace (Von Post 1924; Martini a Chesworth 1992) jsou topogenní mokřady závislé na topografických (místopisných) podmínkách a jsou relativně nezávislé na klimatu, protože vznikají v místech se

zvýšenou hladinou podzemní vody, v údolích řek nebo na prameništích. V mokřadech soligenního typu vlastní rašelinění není podmíněno pouze přímými srážkami, ale také srážkovou vodou přitékající z okolního terénu (Von Post a Granlund 1926).

Ombrogenní rašelinné mokřady jsou charakteristické zanedbatelných přítokem a odtokem podzemní nebo povrchové vody, jsou tedy závisle na vodě srážkové, která vzlíná k povrchu rašeliniště. V našich podmínkách se jedná o rašeliniště typické pro vyšší polohy, jsou to tzv. „horská rašeliniště“. Tvarem připomínají plochý pahorek („klobouk“) tvořený rašelinou, který je vyšší než okolní terén. Obvodová zóna rašeliniště se nazývá lagg, okraj, kde se začíná zvedat rašelinný klobouk je rand. Povrch vrchoviště je zpravidla dělen na sušší vyvýšeniny (bulvy) a zamokřené sníženiny (jezírka, šlenky, flarky) (Sádlo a Storch 1999; Mitsch a Gosselink 2000).

Všechna voda na Zemi pochází původně ze srážek. Srážková voda je chudá na živiny a kyseliny. V kontaktu s geosférou se vlastnosti srážkové vody mění. V závislosti na konkrétních podmínkách lokality, kterou voda protéká (klima, matečná hornina, půda, vegetace a využití krajiny), a na době, kterou voda protéká různými prostředími, se mění koncentrace plynů (zejména kyslíku), obsah prvků a sloučenin, pH a teplota vody. Výsledné rozdíly ve vlastnostech vody vedou ke vzniku rašelinných bažin s různými vlastnostmi (trofnost, kyselost), které předurčují růst různých rostlinných druhů. Tyto difference formují základ ekologických typů rašelinných mokřadů (Tab. 3).

3.2.1.2.1 Ekologické typy rašelinných mokřadů

Tab. 3: Ekologické typy rašelinných mokřadů

Rostlinný druh	Ekologické druhy rašelinných mokřadů				eutrofní
	oligotrofní	mesotrofní	mesotrofní spíše kyselé	mesotrofní spíše zásadité	
<i>Ledum palustre</i> , <i>Vaccinium myrtillus</i> , <i>Vaccinium uliginosum</i> , <i>Calluna vulgaris</i>					
<i>Deschampsia flexuosa</i> , <i>Luzula pilosa</i> , <i>Salix aurita</i>					
<i>Andromeda polifolia</i> , <i>Eriophorum vaginatum</i>					
<i>Dactylorhiza majalis</i>					
<i>Carex nigra</i> , <i>Eriophorum angustifolium</i> , <i>Viola palustris</i> , <i>Potentilla palustris</i>					
<i>Drosera rotundifolia</i> , <i>Pinus silvestris</i>					
<i>Eriophorum latifolium</i>					
<i>Salix repens</i>					
<i>Carex limosa</i>					
<i>Galium uliginosum</i> , <i>Rumex acetosa</i>					
<i>Typha angustifolia</i>					
<i>Juncus effusus</i>					
<i>Iris pseudocorus</i>					
<i>Lycopus europeus</i>					
<i>Carex elata</i>					

Legenda:

	druhy omezené na jeden ekologický typ rašelinných mokřadů
	ekologická amplituda druhů zahrnuje dva typy rašelinných mokřadů
	ekologická amplituda druhů zahrnuje tři typy rašelinných mokřadů
	ekologická amplituda druhů zahrnuje čtyři typy rašelinných mokřadů

3.2.1.2.2 Hydrogenetické typy rašelinných mokřadů

Většina typologických systémů rašelinišť je založena na vlastnostech vody, což akcentuje hlavní roli vody ve vzniku rašeliny. Rozlišujeme vznik rašeliny „terrestrializací“, kdy se rašeliniště formují na otevřené vodě a „paludifikací“, kdy akumulace rašeliny začíná přímo na zbahňující se minerální půdě (Joosten a Donal 2002). Tyto rozdíly byly dále rozvinuty do systému klasifikujícího sedm hlavních hydrogenetických typů rašelinných mokřadů, který je založen na diferenciaci procesu základní tvorby rašeliny. Rašelina vznikající terrestrializací je akumulována pod vodou na dně, poté co se stane vodní plocha natolik mělká, aby umožnila růst rostlinných druhů, jež produkují rašelinu. Akumulace rašeliny vznikající terrestrializací zpravidla končí až je vodní plocha úplně zaplněná rašelinou.

Kolísání hladiny spodní vody a tok vody hrají důležitou roli v utváření rašelinných mokřadů a rašeliny. Kolísání hladiny spodní vody ovlivňuje redoxními procesy rychlost přeměny látek, rozpustnost chemických substancí (živin), a tím složení rostlinných druhů, eventuálně také kompozici uložené rašeliny. Kolísání hladiny spodní vody mimo jiné podmiňuje stupeň oxidační dekompozice, která vede ke změně struktury rašeliny z hrubé, při vyšším zamokření, do jemné při snížení zamokření. S měnící se velikostí částic se mění také porosita rašeliny (Joosten a Donal 2002). S měnícími se hydraulickými vlastnostmi se rašelina stává méně propustnou pro vodu (což snižuje vodní průtok) a rašeliny tak mohou zadržovat méně vody, což zvyšuje kolísání hladiny spodní vody (Joosten a Donal 2002). Z důvodu silného vztahu mezi vodou, vegetací a rašelinou, hydrologické vlastnosti stanovují jeden z vhodných základů pro klasifikaci rašelin.

Hydrogenetické typy rašelinných mokřadů jsou definovány rolí vody při vzniku rašeliny a rolí rašelinného mokřadu v hydrologii krajiny.

Hydrogenetické typy rašelinišť nemají český ekvivalent, proto jsou uváděny v původním, anglickém znění.

Schwingmoor mires

Rašelinné mokřady, které vznikají terrestrializací a vyznačují se nestálým podkladem.

Immersion mires

Rašelinné mokřady vznikající terrestrializací, ve kterých se rašelina hromadí pod vodní hladinou na dně, poté co se sníží hladina vody natolik, aby dovolila přežití rašelinných rostlinných druhů.

Water rise mires

Rašelinné mokřady vznikající, když hladina vody přetéká přes sušší povrch tak pomalu, že není formována volná vodní hladina (jezero). Zvýšení hladiny spodní vody může být zapříčiněno zvýšenou zásobou vody (změna klimatu nebo rozsáhlá změna využití krajiny) v krajině. Tento jev může vzniknout sníženým odtokem vody z lokality (zvyšování hladiny moří, zanášení koryt řek v jejich deltách, výstavba přehrad).

Flood mires

Rašelinné mokřady tohoto typu se nacházejí v místech, které jsou periodicky zaplavovány vodou z řek, jezer nebo moří. Rašelinné mokřady s větší mocností rašeliny se objevují pouze za podmínek zvýšené vodní hladiny.

Surface flow mires

Rašelinné mokřady na plochách s konstantním průtokem vody. Podmínkami pro vznik mokřadu tohoto typu je pomalý tok vody a nízká hloubka vodoteče.

Acrotelm mires

Rašelinné mokřady s vyšším podílem aerobní dekompozice.

Pericolation mires

Rašelinné mokřady, které se formují v lokalitách, kde je dostatek rovnoměrně přítékající vody. Hladina vody je v mokřadu stálá, což zapříčiňuje rychlý nárůst rašeliny.

3.2.1.2.3 Rozdělení rašelinišť podle chemismu

Podle Mitsche (Mitsch a Gosselink 2000) lze dělit rašeliniště také podle půdní reakce na minerotrofní, ombrotrofní a mezotrofní. Obecně pH rašelinišť klesá s růstem obsahu organických látek a to od minerotrofních slatinišť po vrchoviště. Mezi nejdůležitější příčiny acidity rašelinišť patří: a) výměna kationů druhem *Sphagnum*, rašelinič okyseluje své prostředí v důsledku produkce organických kyselin (např.

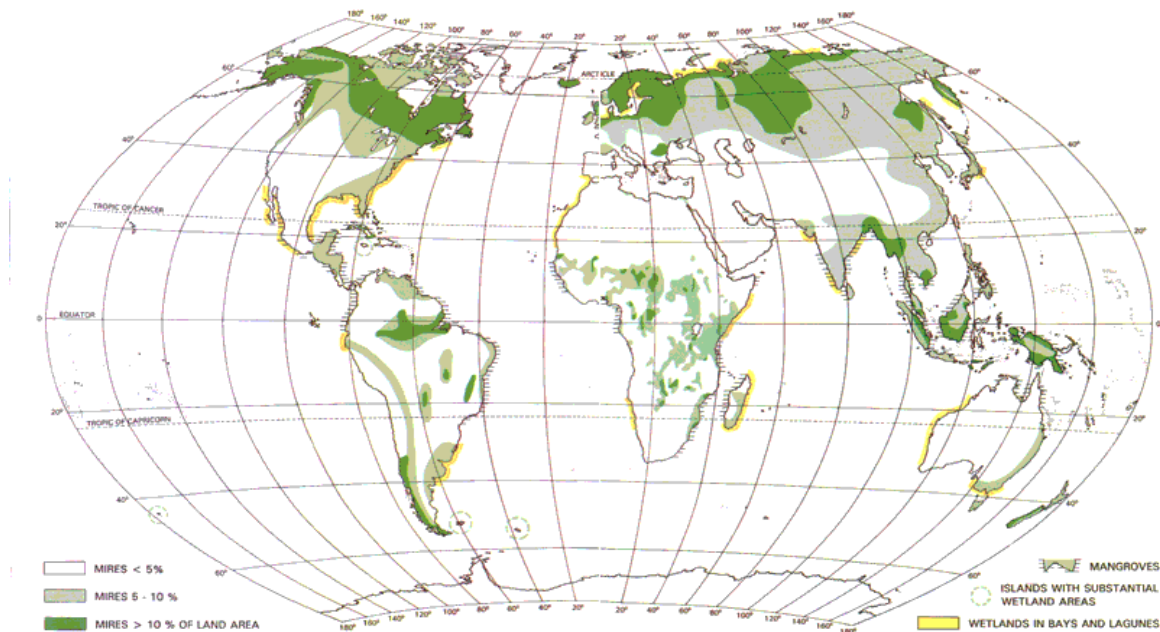
kyseliny polygalakturonové), které jsou lokalizovány na buněčných stěnách. Karboxylové skupiny těchto kyselin se zúčastňují iontových výměn s kationy obsaženými ve vodě a do okolního prostředí uvolňují H^+ iont; b) oxidace sloučenin síry na kyselinu sírovou, organické zásoby síry v rašelině mohou být oxidovány na okyselující sloučeniny; c) kyselá atmosférická depozice; d) biologická absorpce kationtů rostlinami - ionty jsou v rašelině koncentrovány při evaporaci a absorbovány mechy; e) tvorba organických kyselin při dekompozici, tyto kyseliny pomáhají tlumit alkalitu kationů obsažených ve srážkách (Moore a Bellamy 1974).

Tab. 4: Typy rašelinišť podle pH

	pH	Charakteristika
Ombrotrofní	3,8	Vytvářejí charakteristické rašelinné útvary vystupující nad okolní terén, živiny přijímají pouze ze srážkové vody. pH (H_2O) okolo 3,5.
Přechodové	4,1-4,8	Jsou tvořeny přechodem mezi ombrotrofními a minerotrofními rašeliništi.
Minerotrofní	5,6-7,5	Jedná se o pravá slatiniště přijímající vodu, která prošla minerální půdou, rašeliniště jsou charakteristická vysokou hladinou podzemní vody. pH (H_2O) přes 5,5.

3.2.2 Výskyt rašelinišť

Rašeliniště se vyskytují na všech kontinentech a pokrývají přibližně 4 mil kilometrů čtverečných, což je asi 3% rozlohy zemského povrchu. Jedná se o data prezentovaná IPS. Za rašeliniště se považují území s vegetací nebo bez, na kterých je ve svrchní části přirozeně nakumulovaná vrstva (vrstvy) rašeliny. Aby bylo území označeno za rašeliniště, mocnost vrstvy rašeliny musí být přinejmenším 20 cm, v případě, že je rašeliniště odvodněné, nebo musí být vrstva rašeliny nejméně 30 cm, pokud rašeliniště odvodněné není. Nejvíce rašelinišť se nachází na severní polokouli v mírném až studeném pásu. Směrem k severu je více rašelinišť vrchovištních, na jihu převládají rašeliniště slatinná. Největší rozloha rašelinišť je na území Kanady 1,1 mil km^2 , Ruské federace 0,5 mil km^2 (+ 0,8 mil km^2 na Sibiři) Indonésie 0,25 mil km^2 a USA 0,21 mil km^2 (Joosten a Donal 2002).



Obr. 1: Výskyt rašelinišť podle IPS (IPS 2016).

3.2.2.1 Výskyt rašelinišť v Evropě

V Evropě se velká rašeliniště nachází v oblasti severských jehličnatých lesů a tundře. Celkem 1,7 mil km². Rozsáhlá rašeliniště se zásobami rašeliny leží v Rusku 1,3 mil km² (včetně Asijské části), Finsku 0,089 mil km², Švédsku 0,064 mil km², Baltských státech 0,044 mil km², Norsku 0,023 mil km², Bělorusku 0,024 mil km², Spojeném království 0,019 mil km² a Německu 0,014 mil km² (Lappalainen 1996).

3.2.2.2 Výskyt rašelinišť v České republice

V ČR je celková rozloha rašelinišť 0,000314 mil km² (Lappalainen 1996). Převažují menší rašeliniště o rozloze několika desítek hektarů. Největší plošné rozšíření rašelinišť je v jihočeském regionu, nejmenší v severomoravském regionu. Většina vrchovištních rašelinišť se rozkládá v pohraničních horských oblastech. Mezi nejznámější rašeliniště patří: Třeboňská blata, Borkovická blata u Veselí nad Lužnicí, Mrtvý luh, Rokytecká a Rybářská slat' na Šumavě, Božidarská rašeliniště v Krušných horách, Dářko na Českomoravské vrchovině, Rejvíz v Jeseníkách. Slatinná rašeliniště jsou rozšířena v nížinách ve východním a středním Polabí, kolem Doks, v Hornomoravském a Dolnomoravském úvalu a na dalších místech. Většina rašelinišť je začleněna mezi zvláště chráněná území. Na částech rašelinišť, která nejsou zajímavá

z hlediska ochrany přírody, a která jsou k těžbě určena historicky, probíhá těžba rašeliny. V souhrnu však těžené plochy nedosahují ani 1% celkové rozlohy rašelinišť.

3.2.3 Význam rašelinišť pro krajinu a ekosystém

Rašeliniště je nutné vnímat jako podivuhodný ekosystém a krajinný typ, který svojí prastarostí a velkolepostí budí úctu. Málo který ekosystém je tak provázán svými vlastnostmi a pochody jako rašeliniště. Na rašeliništích přežily některé rostlinné druhy po ústupu ledovce (glaciální relikty). Reliktem je např. ostružiník moruška, který roste na rašeliništích v Krkonoších, nebo bříza trpasličí na Šumavě. Klimatologický a vodohospodářský význam rašelinišť a slatinišť není ještě dostatečně objasněn. I když padl mýtus o „houbě“, která nasává a pozvolna vypouští vodu, je zřejmé že ložiska rašeliny dalekosáhle ovlivňují vodní režim a zadržování podzemních vod (Spitzer a Bufková 2008).

Rašeliniště nasáklé vodou fungují v krajině jako zásobník tepla. V letním období se v rašeliništích teplo shromažďuje. V zimě rašeliniště pomalu vydává teplo do okolní krajiny. V létě a na podzim bývá kolem živých rašelinišť chladněji než v ostatní krajině proto se nad rašeliništi často tvoří přízemní mlha. Rašeliniště zmírňují teplotní rozdíly ovzduší v průběhu roku a ovlhčují vzduch. Příznivě tak ovlivňují teplotu krajiny. Rašeliniště jsou velmi významná pro krajinu. Proto jsou rašeliniště vyhlášována jako maloplošná chráněná území. Tato maloplošná chráněná území se vyskytují také na území chráněných krajinných oblastí (CHKO) a národních parků (NP).

3.2.3.1 Uhlík a metan v rašelině

Rašeliniště jsou největšími světovými zásobárnami uhlíku (Gadonneix 2010). Vzhledem k tomu, že není známá hloubka všech rašelinišť na světě, není možné stanovit přesnou zásobu rašeliny a tím pádem přesný obsah uhlíků vázaný v rašelině, světová zásoba rašeliny se však uvádí v rozmezí mezi 6000 – 13 000 miliardy m³, což odpovídá cca 300 – 650 miliardám tun uhlíku (Gadonneix 2010). Což někdy bývá zaokrouhlováno na cca 10 000 miliard tun (Jirásek a kol. 2016).

V souvislosti se změnou klimatu některé studie naznačují, že největší světová rašeliniště, která se nachází v západní Sibiři a dosahují rozlohy Francie a Německa dohromady, rozmrzají poprvé po 11 000 letech. Vzhledem k tomu, že permafrost taje, mohl by uvolnit značné množství uhlíku a metanu do atmosféry. Podle tohoto zdroje

světová rašeliniště obsahují 180 až 455 miliard tun uloženého uhlíku, a uvolňují do ovzduší 20 až 45 milionů tun metanu ročně. V případě rychlého tání permafrostu by mohl uvolněný metan zapříčinit dlouhodobé výkyvy tohoto plynu v atmosféře (MacDonald a Beilman 2006).

3.3 Rašelina

3.3.1 Charakteristika rašeliny

Rašelina je sedimentací akumulovaný materiál, skládající se nejméně z 30 % mrtvých organických zbytků v sušině (Joosten a Donal 2002). Organickými zbytky se rozumí materiály, které vznikly z uhlíku chemickou biosyntézou. Rašelina je organogenní sediment, její vlastnosti závisí na rostlinném složení, stupni rozložení a na příměsi minerálních látek. Společnou vlastností rašelin je velká schopnost vázat a zadržovat vodu, díky pórům ve struktuře. Vlhkost rašeliny v rašeliništi dosahuje 86-97% hmotnostních procent nebo 91-98 objemových procent. Rašelina se vyznačuje vysokou vododržností (nasákavostí), vrchovištní rašelina dokonce přes 2000 váhových procent v poměru ke hmotnosti sušiny. Menší nasákavost vykazuje slatinná rašelina. Obsah uhlíku v rašelině je 50-60 % a zvyšuje se úměrně stupni rozložení rašeliny na úkor obsahu kyslíku, který klesá s vyšším rozložením rašeliny. Pro vrchovištní rašeliny je charakteristická kyselá reakce a nízký obsah živin, oproti tomu obsahují vyšší podíl vzduchu. Rašeliny slatinné vykazují slabě kyselou reakci a jsou také chudé na živiny, obsahují však humusové látky. Z humusových látek se jedná o huminové a fulvové kyseliny a jejich soli. Rašelina obsahuje v malém množství i celulózu, hemicelulózu, pektin, lignin, sacharidy, bílkoviny a minerální látky. Rašelina je energeticky velmi bohatá, obsahuje 50 – 90 % spalitelných látek. Rašelina pohlcuje teplo, dobře se stlačuje.

Rašelina je organická hydrofilní koloidní substance vytvořená v procesu rašelinění, obsahující kolísavý podíl těl a částí vyšších rostlin do různého stupně rozložených rašeliněním, dále minerální příměs a více než 75 % vody. Prvkové složení rašeliny kolísá: C 50 - 60 %, O 33 - 40 %, H 4,5 - 6 %, N 0,9 - 3,5 %, S 0,1 - 2 %. Poměr H/C kolísá okolo 0,9. Rašelina obsahuje do 20 % bitumenu, do 40 % huminových látek, do 40 % ligninu a až 40 % látek kerogenové příslušnosti (Jirásek a kol. 2016).

3.3.2 Klasifikační systémy rašelin

V České republice je těžená rašelina klasifikována podle normy ČSN 46 5730, ve světě se nejvíce využívá klasifikační systém podle Von Postena.

3.3.2.1 ČSN 46 5730

Podle této normy jsou rašeliny klasifikovány jako speciální, substrátové a zahradnické a kompostové. Podle spalitelných látek a objemové hmotnosti se dále rašeliny zařídují do tříd I. – III., např. rašelina substrátová tř. III.

Tab. 5: Rašeliny Zahradnické a kompostové

Znaky	Třída I	Třída II	Třída III
	rašeliny vrchovištní, přechodové a slatiny	rašeliny vrchovištní, přechodové a slatiny s nižším obsahem spalitelných látek	rašelinné a slatinné zeminy
Vlhkost v % hmotnosti	45 až 65	45 až 60	45 až 60
Obsah spalitelných látek v sušině v % hmotnosti	nejméně 70	50 až 70	30 až 50
Dřevitě příměsí v % hmotnosti	nejvýše 5	nejvýše 5	nejvýše 5

Tab. 6: Rašeliny Substrátové

Znaky	Třída I	Třída II	Třída III
	rašeliny vrchovištní a přechodové čisté	slatiny čisté	rašeliny vrchovištní, přechodové a slatiny s nižším obsahem spalitelných látek
Vlhkost v % hmotnosti	45 až 65	45 až 65	45 až 65
Obsah spalitelných látek v sušině v % hmotnosti	nejméně 85	nejméně 85	nejméně 80
Objemová hmotnost redukována g . 1 ⁻¹	nejvýše 180	nejvýše 200	nejvýše 230
Dřevitě příměsí, (kořeny, úlomky dřeva) v % hmotnosti	nejvýše 5	nejvýše 5	nejvýše 5
Obsah prachu v % hmotnosti	nejvýše 15	nejvýše 20	nejvýše 20

3.3.2.2 Von Postova klasifikace rašelin

Systém Von Post klasifikuje rašelinu podle rozloženosti do tříd H1 až H10. Nejméně rozložené (bílě) rašeliny jsou klasifikovány jako H1-H3, nejvíce rozložené rašeliny jsou označovány stupněm H8- H10. Základním kritériem pro klasifikaci je barva rašeliny, která tmavne s vyšším stupněm rozložení. S vyšším stupněm rozložení stoupá také objemová hmotnost, obsah huminových a fulvových kyselin.



Obr. 2 Klasifikace rašeliny do tříd podle barvy

3.3.3 Rašelina jako surovina

Rašelina je jedinečnou surovinou, která je po staletí využívána v energetice jako fosilní palivo, v zemědělství při pěstování zemědělských plodin na odvodněných rašeliništích a při stlaní dobytku, v zahradnictví při výrobě pěstebních substrátů, v lesnictví, při zalesňování rašelinišť, v lázeňství a farmacii.

V České republice je rašelina v hojné míře využívána pro pěstební substráty v zahradnictví a při přípravě slatinných koupelí v lázeňství. V současné době působí na trhu dva významní výrobci pěstebních substrátů: Rašelina a.s. a Agro CS. Rašelina a.s. je jedinou společností, která těží rašelinu pro výrobu zahradnických substrátů na území ČR. V oboru lázeňství je trendem poslední doby, že si lázně sami zajišťují těžbu a zpracování rašeliny pro přípravu rašelinných koupelí z místně příslušných přírodních léčivých zdrojů. Rašelina je v lázeňství klasifikována jako peloid. Z balneologických učebnic a na základě platných zákonů se mezi peloidy řadí rašelina, slatina nebo bahno tj. látky vzniklé v přírodě geologickými a biologickými pochody, v ČR je rašelina po staletí používaná k léčebným účelům v rozmělněném stavu ve směsi s vodou nebo přírodní minerální vodou. Podmínky využití peloidů a využívání přírodních léčivých zdrojů stanovuje Zákon č. 164/2001 Sb. (tzv. lázeňský zákon) a Vyhláška č. 423/2001 Sb. Dozorovým orgánem pro využívání a správu přírodních léčivých zdrojů, které jsou ze zákona vlastnictvím státu, je Český inspektorát lázní a zřidel, spadající pod Ministerstvo zdravotnictví ČR (Bohdaneč LL 2016).

3.3.3.1 Využití rašeliny v zemědělství

Již Aristoteles v jeho době si myslel, že rostliny rostou z organické složky půdy, která je humus. Tato teorie byla přijímána ve starověku, v průběhu středověku, a vydržela až do 19. století. Protože humus byl považován za nezbytný pro výživu, farmáři a pěstitelé velmi pečovali o to, aby do půdy dodávali dostatečné množství organického materiálu (Puustjarvi 2004).

V polovině 19. století vědci objevili, že rostliny přijímají minerální látky a vodu z půdy a uhlík z ovzduší. Zájem o zabezpečování půdy dostatečným množstvím humusu začal od této doby slábnout. Po nějakém čase se však zjistilo, že rostliny neprosívají tak dobře. Zároveň se zjistilo, že se snižujícím podílem humusu v půdě, klesá schopnost půdy absorbovat vodu a živiny. Takže byl nakonec humus znovu stanoven jako

nezbytná součást produktivních půd. Další výzkumy ukázaly, že ve výživě rostlin mají důležitou roli některé substance humusu. Po druhé světové válce se zvyšoval tlak na úrodnost půd, k čemuž bylo třeba zvýšit obsah organických látek v některých typech půd, k čemuž se začala využívat rašelina (Puustjarvi 2004). V rozvinutých zemích se postupně rašeliniště a rašelina začali více chránit, což vedlo k situaci, že rašelinu jako zdroj organických látek postupně nahradily komposty. Využití rašelinišť pro zemědělskou produkci je však stále rozšířeno v méně rozvinutých zemích světa.

3.3.3.2 Využití rašeliny v zahradnictví

Protože využívání rašeliny jako zdroje organických látek v zemědělských půdách je nezbytně značně omezené, přesunulo se postupně těžiště využití rašeliny pro pěstební účely do zahradnictví, do skleníků a pěstebních obalů, kde se ukázalo, že substráty z čisté rašeliny vykazovaly nejlepší výsledky při pěstování (Puustjarvi 2004).

Zvláště v posledních letech se upouští od využívání rašeliny ke zvyšování obsahu humusu v zemědělských půdách, zato však prudce stoupá využití rašeliny pro pěstební substráty v zahradnictví a lesnictví. V intenzivních zahradnických a květinářských provozech rašelinné substráty díky svým příznivým vlastnostem vytěsnily všechny ostatní substráty a většina produkce květin je dnes vázána na rašelinné substráty. Rašelina je díky svým jedinečným vlastnostem nepostradatelnou surovinou pro výrobu pěstebních substrátů. Vysoká nasákavost vodou, struktura s vysokou kapacitou vzduchu, nízké pH, homogenní vlastnosti, vysoký obsah organických a humusových látek, nepřítomnost jedovatých prvků ani zárodků patogenních organismů, nepřítomnost plevelných zrn, to vše z ní dělá naprosto jedinečnou surovinu pro výrobu substrátů. Proto jsou také rašelinové substráty používané mezi profesionálními zahradníky, školkaři a v hojné míře i mezi hobby pěstiteli.

V Holandsku a Německu je s rašelinou a pěstebními substráty spojen celý květinářský a školkařský sektor. Na těžbě rašeliny a jejím rozmístění vydělávají nemalé částky také dopravci a holandsští obchodníci, kteří rašelinu ze severských států vozí do celého světa.

3.3.3.2.1 Výroba pěstebních substrátů

Výroba pěstebních substrátů je náročný proces probíhající na složitých výrobních linkách, které musí rašelinu nejdříve zbavit nadměrných kusů dřeva, pocházejícího ze stromů, které kdysi na rašeliníštích rostly a které zůstaly v rašeliníšti zakonzervovány. Rašelina je dále tříděna na hvězdicových sítích podle frakcí. Předem definované frakce jsou poté posouvány dopravními cestami k dávkování dalších komponentů substrátu a hnojiv. Poté je vše promícháno, popřípadě přidávána voda, měřen objem a finální produkt je možné expedovat. Uvědomíme-li si, že některé komponenty se dávkují v tak malých dávkách jako 100 g m^{-3} , je nám jasné, že linka musí být ovládána specifickým softwarem a mít své kontrolní mechanismy aby bylo vše přesně nadávkováno a promícháno. Ačkoli na trhu převládají profesionální substráty připravované přímo na míru pro konkrétní dřeviny, platí i několik obecnějších zásad. Pro výsevni substráty se používají rašeliny jemnější, frézované a pro kultury pěstované v nádobách rašeliny hrubší borkované. Kvalitní substráty jsou zpravidla vyráběny z více druhů rašelin, určitý podíl tvoří rašelina přechodová či vrchovištní více rozložená tzv. černá rašelina a určitý podíl tvoří rašelina vrchovištní málo rozložená tzv. bílá rašelina. Přídavkem jemně mletého dolomitického vápence je pH substrátů upravováno na stanovenou hodnotu. Protože rašelina neobsahuje živiny, je nutné do substrátů přimíchávat také hnojivo. Mezi nejvíce používaná hnojiva patří NPK hnojiva s mikroprvky. Hnojiva používaná v substrátech se rozlišují podle délky působení na základní, působí cca 6 týdnů, dlouhodobá působící cca 8 – 10 týdnů a hnojiva s řízeným uvolňováním živin, která v substrátu vydrží až jeden rok za optimálního uvolňování živin při teplotě okolo $21 \text{ }^\circ \text{C}$. Z důvodu specifických požadavků pro jednotlivé kultury a používané pěstební technologie se do substrátů pro úpravu fyzikálních a chemických vlastností přidávají další komponenty: perlit, křemičitý písek, vermikulit, kokosové vlákno, jílové minerály, smáčedla a hydroabsorbenty (Rašelina a.s. 2016)

Vlastnosti pěstebních substrátů se hodnotí podle základních kritérií, kterými jsou:

- chemické vlastnosti: pH, elektrická vodivost (zasolení), obsah živin, obsah vody, obsah organické hmoty, obsah rizikových prvků či jedovatých látek,
- fyzikální vlastnosti: velikost částic (struktura), nasákavost pro vodu, obsah pórů obsahující vzduch,
- biologické vlastnosti: obsah patogenních organismů, bakterií, zárodků houbových onemocnění (Alsanuis 2010).

Profesionální substráty jsou dodávány jako volně ložené v nákladních autech, nebo v lisovaných balících obalených fólií o velikosti 1,5 – 6 m³, tzv. BIG BALECH, nebo v balení BIG BAG, což je jutový pytel o velikosti 2 – 3 m³. Hobby substráty jsou baleny v PE pytlích o objemu 20, 40, 60, 70 l (Raselina a.s. 2016).

3.3.3.2.2 Nejvýznamnější výrobci pěstebních substrátů na bázi rašeliny

Nejvýznamnější společnosti zabývající se výrobou pěstebních substrátů pochází z Německa a Holandska, což úzce souvisí s holandským zahradnictvím a pozicí, kterou v tomto oboru zaujímá ve světovém měřítku. Za nejvýznamnější společnost je považována původně německá společnost Klasmann-Deilmann GmbH, která je největším světovým výrobcem substrátů pro pěstební účely v zahradnictví a lesnictví. Tato společnost vlastní řadu těžebních závodů na rašelinu a hraje významnou roli na světovém trhu s rašelinou. Z dalších významných producentů je třeba zmínit společnost Bord na Móna, která je původem z Irska, společnost Vapo Oy s dceřinou společností Kekkilä z Finska, holandskou společnost BVB, belgický Peltracom, německý ASB grunland Helmut Aurenz GmbH. Většina těchto nadnárodních společností dodává základní řadu substrátů ve velkých objemech a neřeší specifické substráty na přání zákazníka. Z tohoto důvodu v jejich nabídce substrátů nelze hledat specifické substráty pro lesnictví.

3.3.3.2.3 EPAGMA

European Peat and Growing Media Association reprezentuje rašelinářské společnosti a výrobce substrátů v rámci Evropské unie (EU). Tato společnost úzce spolupracuje s IPS. EPAGMA se angažuje v environmentálních otázkách těžby rašeliny a v trvale udržitelném využívání rašeliny jako lokálního zdroje energie. EPAGMA zaštiťuje vývoj a výzkum rašelinových pěstebních substrátů pro produkci v zahradnictví. V současné době má asociace 17 členů, kteří tvoří dohromady obrat cca 1,3 miliard EUR a vytváří přibližně 11 000 pracovních míst napříč Evropou (Epagma 2016).

3.3.3.3 Využití rašeliny pro energetické účely

Polovina objemu rašeliny těžené na celém světě je využívána jako palivo, ať již pro vytápění domácností nebo spalování v tepelných elektrárnách, za vzniku tepla a elektrické energie. Děje se tak prakticky ve všech severských státech v Kanadě, Rusku, Finsku, Švédsku a Irsku (Gadonneix 2010).

3.3.3.4 Využití rašeliny v lázeňství, farmacii a potravinářství

Rašelina se využívá pro přípravu léčivých lázní. Rašelinové bahno se užívá k léčení např. při onemocnění kloubů (Jandová 2009). Již Paracelsus popsal účinky rašelinné koupele proti některým chorobám. Později se Napoleonovi vojáci dozvěděli o účincích rašeliny v slatinných koupelích v Egyptě a přinesli tyto poznatky do Evropy. Jérôme Bonaparte, bratr Napoleona dal příkaz vystavět první rašelinné lázně na žádost jeho vojska po bitvě u Lipska v Bad Nenndorf. Avšak již v roce 1802 jedny rašelinové lázně údajně existovaly v Bad Pyrmont. V 19. století byly rašelinné lázně založeny v mnoha evropských zdravotních střediscích včetně Karlových Varů, kde byly rašelinné lázně založeny v roce 1836 (Lázeňství 2016).

Tradice lázeňství v Třeboni se váže k roku 1883, kdy byl v blízkosti historického centra vybudován první lázeňský dům „Bertiny lázně“. Obyvatelé Třeboně uplatnili zkušenosti svých předků, kteří léčivých vlastností slatiny využívali již mnoho staletí. Vlastnosti slatiny získávané z třeboňských blat v blízkém okolí se velmi účinně projevují při léčbě nemocí pohybového aparátu. Tento druh má především organický původ v rostlinách typu ostřice, orobinec a rákos, z anorganických složek obsahuje železo a síru.

Vysušená rozmělněná slatina se mísí ve velkých kádích s vodou a je zahřívána na teplotu 38-39 °C. Tato směs je pak potrubím dodávána do speciálních van, kde odborný personál upravuje teplotu slatinných koupelí dle lékařských pokynů na 37-40 °C. Aby se tělo dostatečně prohřálo, trvá slatinná procedura 15 minut. Dále pak následuje sprcha a odpočinek v suchém ovínu. Hlavním účinkem slatinných koupelí je prohřívání organismu a hydratace kůže. U nemocných s pohybovými obtížemi způsobuje koupel snížení svalového napětí, zmírňuje bolesti, zajišťuje lepší prokrvení tkání a rychlejší regeneraci organismu.

Z lůna Třeboňské pánve se ročně vytěží pro potřeby lázeňství cca 2500 m³ slatiny, přičemž jen v nalezišti Stará borkovna jsou zásoby odhadovány na 800 let. Po

vytěžení je slatina odvážena do skladovací haly, kde je uložena zásoby na 14 dní. Před použitím se slatina nadrtí, míchá v obrovských mísicích nádobách na správnou hustotu a zahřívá na požadovanou teplotu. Poté se dopravuje potrubím přímo do van pro slatinnou koupel. Směs pro slatinné zábaly se připravuje ve speciálním bubnu. Použitá slatinná koupel je odvedena do úložiště odkud se pak znovu vrací do lůna přírody (Bertiny lázně 2016).

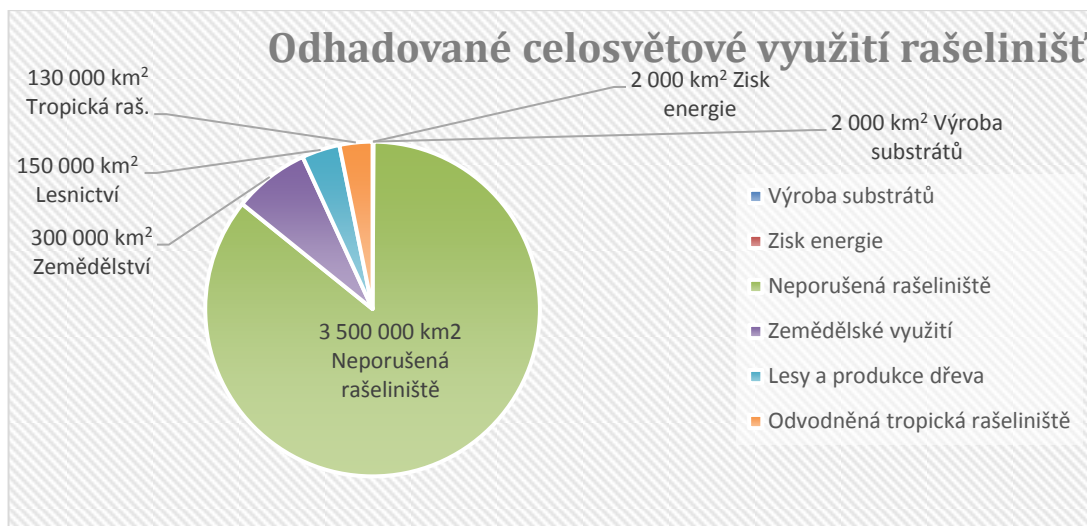
3.3.3.5 Ostatní využití rašeliny

Rašelina je využívána jako stelivo v zemědělství v různých částech světa. Mezi zajímavosti patří využití dýmu zapálených rašelinných briket pro nakuřování sladu při výrobě kvalitní skotské whisky. Spalovaná rašelina dává whisky typickou příchuť „peatiness“. Whisky jsou poté označovány nápisem „peated“. Rašelina má využití také ve stavebnictví, kde se používá jako izolant. Rašelinu je možné použít také jako náplň pachových filtrů.

3.3.4 Těžba rašeliny

Zásoba rašeliny na světě se odhaduje na cca 10 000 mld t (Jirásek, Sivek a Láznicka 2016). Roční těžbu není jednoduché vyčíslit, z důvodu nepřesných dat, které jsou k dispozici. Většina společností těžících rašelinu tento údaj nerada poskytuje, protože se snaží chránit údaje o těžbě jako své know – how. V materiálech Vysoké školy báňské je uveden údaj, který je možné pro hrubou orientaci použít. Podle tohoto zdroje představuje roční světová těžba přibližně hodnotu 25 milionů tun (Jirásek, Sivek a Láznicka 2016).

O něco lépe je zmapována plocha světových rašeliníšť a jejich rozdělení podle využití, tzn. rašeliníště neporušená, rašeliníště využívána k zemědělské či lesnické produkci, rašeliníště těžená s následným využitím rašeliny pro zahradnické substráty nebo jako palivo v elektrárnách (Obr. 3). V datech nejsou zahrnuty plochy rašeliníšť, které byly ovlivněny nepřímým zásahem jako zaplavením při stavbě přehrad a podobně.



Obr. 3: Plocha rašelinišť podle využití

3.3.4.1 Historie těžby

Rašelina jako palivo byla v Evropě například v Holandsku těžena od nepaměti, systematická průmyslová těžba pro komerční účely se datuje zpět do 13. století. Avšak nárůst využití rašeliny lze datovat do poslední čtvrtiny 19. století (Gerding a kol. 2015). Obdobná byla situace také v ostatních státech Evropy, kde se rašelina těžila jako palivo a stelivo, popřípadě jako izolant při výstavbě v severních státech.

3.3.4.2 Technika těžby rašeliny

Těžba rašeliny je náročný proces skládající se z mnoha operací. Když pomíneme povolení řízení, která probíhají v různých částech světa odlišně, nejprve musí být připraven projekt těžby, ve kterém se detailně analyzuje území. Poté se naplánuje těžební postup a připraví těžební plochy. V současné době se při těžbě využívají převážně dva postupy, frézovací a borkovací metoda.

3.3.4.2.1 Frézovací metoda

Těžené plochy jsou rozděleny sítí odvodňovacích kanálů do geometrického tvaru připomínajícího šachovnici. Kanály odvádí přebytečnou vodu a tak dochází k částečnému vysoušení povrchu rašelinného ložiska za současného působení slunečního záření. Těžbu je proto možné provádět pouze za slunečných dnů v nejteplejších měsících roku. Těžební stroj je fréza. Jedná se o nesený stroj s frézovacími válci, které se točí a odebírají slabou vrstvu rašeliny. Takto natěžená rašelina je poté

obracena a sušena slunečním zářením až na vlhkost okolo 50%. Poté je sbírána sběracími vozy a ukládána na skládky. Skládky rašeliny jsou udržovány ve střechovitém tvaru tak aby rašelina byla chráněna proti srážkám. Rašelina těžená frézovací metodou má jemnou strukturu. Běžné frakce rašeliny těžené frézováním jsou 0-20 cm a 0-40 cm. Na trhu se objevují také vytříděné frakce 7-20 cm a 20-40 cm.

3.3.4.2.2 Borkovací metoda

Jedná se o prastarý způsob těžby používaný v celé Evropě. Původně prováděný ručně v dnešní době pomocí strojů.

Původní ruční těžba rašelinných borek probíhala v květnu, aby měly borky čas přes léto vyschnout. Před vlastní těžbou se rašeliniště odvodnilo, odlesnilo a zbavilo povrchové vrstvy, tzv. mourovky. K těžbě se používal zvláštní rýč tzv. želízko. Jednalo se o ostrý nástroj ve tvaru písmene L, kterým se vyrýpávaly tzv. borky, což je specifický název pro bloky rašeliny (cca 10 x 10 x 45 cm). Borky obsahovaly až 85 % vody, proto bylo nutné nechat je na slunci vyschnout. Proto se nakládaly na trakaře a odvážely vedle vytěžených jam, kde se rovnaly jedna vedle druhé. Asi po 10 dnech se stavěly do kapliček, vždy 3 proti sobě a čtvrtým borkem se zastřešovaly. Po dvou až čtyřech týdnech se stavěly do figur, dutých kopek, ve kterých byly ponechány až do zimy, kdy se z blat odvážely.

Podstata těžby a hlavní rysy přetrvaly do dnešní doby, kdy zejména v posledních desetiletích stoupá zájem o borkovanou rašelinu. V současné době probíhá borkování za pomoci specializovaných strojů například stroje Steba, jedná se v podstatě o velký mechanizovaný rýč, který je schopen vyrýpnuté borky ukládat vedle sebe na hromádky, které poté musejí ručně pracovníci seskládat do hranic, které jsou poté z vrchní strany překryty plachtami proti nepřízní povětrnostních vlivů, zejména srážek. V hranicích borky vyschnou a poté jsou nákladními auty převáženy ke zpracování do výroben substrátů. Dalším způsobem borkování je těžba pomocí mechanizovaných rypadel, či bagrů s upravenými lžicemi. Zejména ve Finsku preferují těžbu borek v nekonečném pásu v horizontálním směru, borky jsou poté řezány na požadovaný rozměr a ukládány do hranic k vysušení.

3.3.4.2.3 Briketování

Jedná se o modifikaci frézovací metody, kdy je natěžená a vysušená rašelina zpracovávána přímo na těžební ploše briketovacím strojem za vzniku briket. Brikety jsou dále mechanicky sbírány a expedovány do elektráren, ve kterých poté probíhá jejich skladování a pálení.

3.3.4.3 Rekultivace vytěžených rašelinišť

Po těžbě rašeliny je nutné vrátit rašeliniště přírodě. Existují dvě varianty, popřípadě se dají kombinovat.

3.3.4.3.1 Suchá cesta

Na území se ponechá přibližně 60 cm rašeliny. Rašeliniště je poté osázeno borovicí blatkou nebo borovicí lesní. Na rašeliniště se vrátí les, který byl na území před těžbou. Jedná se o rašeliniště, která díky svému růstu a stáří ztratily charakter mokřadu. Rašelina před těžbou byla krytá borovým lesem.

3.3.4.3.2 Mokrý cesta

Cílem je navrátit na území mokřad. Nezbytným předpokladem úspěšné rekultivace je proto zvednutí hladiny podzemní vody, která byla před těžbou snížena odvodňovacími kanály. Děje se tak vybudováním mnoha přehradních hrází u odvodňovacích kanálů na celém území. Hladina vody stoupá a postupně vytváří mokřad na celém území. Voda nejprve zaplavuje území v blízkosti kanálů a poté se liniově posunuje přes bývalé plochy. S vodou přichází na území také zástupci mokřadní flory: suchopýr pochvatý, metlička křivolaká, bezkolence, třtiny, rašeliníky, ploníky a pionýrské dřeviny bříza pýřitá, krušina olšová, borovice lesní.

3.3.4.4 Těžba rašeliny v ČR

Těžba rašeliny v ČR je tradičně spjata s rašeliništi na Šumavě v Třeboňské pánvi, Krušných horách, Slavkovském lese a historicky také s dalšími rašeliništi. V dnešní době je jedinou společností, vlastníci povolení k těžbě rašeliny pro výrobu pěstebních substrátů společnost Rašelina a.s. Mimo to, na několika místech v ČR probíhá lokální těžba malého rozsahu pro potřeby lázní. V České republice není podle horního zákona č. 44/1988 Sb. rašelina považována za nerost.

3.3.4.4.1 Historie

Těžba rašeliny probíhala v oblastech rašelinišť od nepaměti, jako zdroj paliva, steliva pro dobytek a později také jako suroviny pro balneologické koupele v lázeňství. Její využívání pro zahradnické a zemědělské účely začalo teprve ve 30. letech minulého století. Zlomovým datem byl rok 1948, kdy byly všechny soukromé podniky a organizace včleněny do národního podniku Rašelina. Národní podnik Rašelina zefektivnil a zintenzivnil těžbu, díky zavedení nové těžební metody – frézování. Podnik se stal výhradním dodavatelem rašeliny v ČSSR a jediným výrobcem kompostů pro zemědělství. V roce 1988 měla Rašelina n.p. již celkem 17 samostatných závodů, zaměstnávala 453 pracovníků a její těžba představovala 303 tis. m³ rašeliny ročně. Objem vyrobených kompostů činil 794 tis. m³ (Rašelina 2016).

3.3.4.4.2 Rašelina a.s.

Cestou postupné transformace a privatizace došlo 1. 1. 1994 ke vzniku akciové společnosti Rašelina, která převzala rozhodující části původního n. p. Rašelina. Současným majoritním vlastníkem je společnost CiMS, a. s. Nový management provedl od roku 1998 změny, které umožnily dynamičtější rozvoj a celkové ozdravení společnosti po problematických letech souvisejících s ekonomicko – politickou změnou v roce 1989. Tato změna se dotýkala zejména zemědělství a kompostování, které v zemědělství v podstatě zaniklo. Pro společnost to však znamenalo zánik jednoho ze dvou hlavních pilířů, na kterých byl původní národní podnik postaven.

V současné době se společnost zabývá těžbou rašeliny, výrobou pěstebních substrátů pro profesionální zahradnický a školkařský trh, stejně tak je tradičním dodavatelem hobby substrátů do zahradních center a obchodních řetězců.

V současnosti tvoří provozní základ společnosti těžební závody Branná, Hranice, Světlík, Člunek a Hora Sv. Šebestiána, závod na výrobu substrátů v Soběslavi a závod na míchání a balení hnojiv v Borkovicích. V závodě Údlice u Chomutova jsou tradičně vyráběny průmyslové komposty. Podnik s 96 zaměstnanci je řízen ze Soběslavi. Rozsah ploch, na kterých se rašelina těží, dosahuje přibližně 250 ha. Těžba rašeliny probíhá frézováním. Strojní vybavení a technologie pro těžbu rašeliny pochází převážně z bývalého SSSR, kde se těžilo poměrně velké množství rašeliny a stroje byly na svoji dobu na vysoké úrovni. Je třeba si připomenout, že do bývalého SSSR patřily také baltské státy Litva, Lotyšsko, Estonsko a Bělorusko, které dnes patří mezi hlavní

producenty rašeliny v Evropě. Vozový park tvoří pásové traktory DT, speciálně upravené pro těžbu rašeliny, vyrobené v 80. letech, protože stále slouží bez vážnějších závad, nebyl důvod je zatím nahrazovat jinými stroji.

Těžba rašeliny probíhá převážně následujícím způsobem. Rašeliniště je systémem odvodňovacích kanálů rozděleno na plochy o šířce 24 m a délce 250 m. Rašelinové ložisko se na podzim proorá do hloubky 30 cm za účelem odstranění dřevních zbytků, k tomu se používá specifický stroj – vyorávač pařezů. Pařezy jsou poté odstraněny na valy a poté zpracovány na topivo. K samotné těžbě se používají pásové traktory s agregovaným frézovacím strojem. Hloubka celoplošného frézování se pohybuje v rozmezí 8 až 12 mm. Rašelina se frézováním rozprostře po povrchu a nechá se proschnout. V případě deštivého počasí se tato vrstvička obrací pomocí agregované obrabečky. Po proschnutí na vlhkost 45 – 55 % se rašelina nařádkuje do osmi řádků na jednom těžebním poli a následně se sbírá sběrači se zásobníky o kapacitě 17 – 19 m³. Jeden těžební cyklus, který je ovlivněn zejména hloubkou frézování, je určen tak, aby se za optimálních povětrnostních podmínek mohl opakovat jednou za den. Těžební sezóna trvá od května do září. V tomto období je ale k těžbě z důvodu povětrnostních podmínek a teplot vhodných pouze 20 až 30 dnů.

Součástí povolovacího řízení pro těžbu je projekt technické rekultivace, která zahrnuje obnovení odvodňovacího systému, urovnání povrchu a úpravu pH. Další práce, jako jsou například osetí nebo osázení, provádí následný uživatel. V minulosti byla odtěžená rašeliniště upravena pro následné zalesnění a převážně zalesněna s dobrými výsledky. Současný osud odtěžených rašelinišť směřuje k rozmanitějšímu využití. Jednou z cest je vytváření podmínek pro jejich revitalizaci zvýšením hladiny spodní vody a sukcesí, kdy se do vzniklého mokřadu navrátí původní rostlinné i živočišné druhy a vznikne nové rašeliniště. Společnost Rašelina a.s. má za sebou řadu úspěšných revitalizačních projektů ať již v Branné, v Borkovicích, v Hranicích, na Soumarském Mostě. Zejména Soumarský most, který je dnes ve správě Národního parku Šumava je ukázkou dokonalé rekultivace a revitalizace.

V roce 2012 společnost investovala značné prostředky do výstavby centra balneo kosmetiky a koupelí značky BalneoPeat. Ve specifických extraktorech jsou z rašeliny vyráběny rašelinové extrakty, které tvoří základ pro rašelinové koupele a kosmetiku značky BalneoPeat. Společnost také dodává rašelinový extrakt významným výrobcům kosmetiky v ČR i v Evropě.

Podíl podniku na tuzemském trhu je podle dostupných dat společnosti přibližně 30 % a je snaha ho udržet i do budoucna. Podíl exportu dosahuje 45 % u baleného zboží. Velkými odběrateli jsou především Rakousko a Slovensko. Volně ložený substrát je téměř výhradně určen pro tuzemské odběratele. I když Rašelina, a.s., patří mezi nejúspěšnější firmy regionu, má v plánu zvýšit produktivitu snížením fixních nákladů do dvou let o 12 %. Velkou prioritou je v současnosti budování skladových ploch v závodu Soběslav, který bude svou kapacitou zásobovat z 80 % český trh. Záměrem je posílit výrobu profesionálních pěstebních substrátů na bázi kvalitních rašelin, speciálních kompostů, minerálních sorbentů a ostatních hmot šetřících rašelinu. Počítá se s dalším růstem zpracování rašeliny z dovozu.

3.3.4.4.2.1 Závod Branná u Třeboně

Plochá třeboňská pánev vytvořila příznivé podmínky pro vznik a růst rašeliníšť slatinného až přechodového typu. Ložiska rašeliny v Branné se nacházejí pod lučními nebo lesními kulturami, jejich mocnost dosahuje podle geologického průzkumu maximálně 9,2 metru. V závodu probíhá těžba rašeliny ve větším měřítku v podstatě od druhé světové války, kdy zde Němci zkoušeli těžít rašelinu, kterou vozili do Rakouska, kde z ní zkoušeli vytvořit ropu. V tomto projektu patrně nepokročili příliš daleko, o čemž vypovídají pamětníci a bývalí zaměstnanci závodu. Po válce se zde začala těžít rašelina pro výrobu pěstebních substrátů, což trvá dodnes. První linka na výrobu substrátů v Branné byla uvedena do provozu v roce 1981. Od devadesátých let se zde vyrábějí substráty pro rakouský a německý trh. V roce 2009 prošla výrobní linka na substráty rozsáhlou rekonstrukcí. Na lince se vyrábějí zejména substráty pro profesionální lesnický a zahradnický trh. Součástí výrobní linky je také velkoobjemový lis na BIG Baly.



Obr. 4: Rašelina a.s. Závod Branná

3.3.4.4.2 Závod Soběslav

V Soběslavi je od poválečných let ústředí a ředitelství společnosti, což původně souviselo s blízkostí těžebního Závodu Borkovice. Po ukončení těžby v Soběslavi zůstalo ředitelství společnosti a výrobní areál pro výrobu pěstebních substrátů, kam se dnes soustřeďuje vytěžená rašelina z těžebních závodů. V roce 2003 společnost investovala značné prostředky do zřízení nové plně automatické výrobní linky na pěstební substráty a také linky pro balení minerálních a kapalných hnojiv pro Hobby trh. Na technologické lince se zpracovává jak rašelina z místních zdrojů, tak rašelina dovezená z Baltických států a Běloruska. V ČR se těží „tmavá rašelina“, ze zahraničí se dováží „světlá“ rašelina. Substráty se míchají z několika druhů rašelin, průmyslového kompostu, kůrového kompostu, písku a řady dalších komponent. Přesně odměřené dávky velkoobjemových komponent míří ze zásobníku pomocí dopravníku k třídíči, který je separuje na tři frakce. Nejhrubší frakce (kompaktní dřevo) opouští systém, střední frakce míří k drtiči a následně zpět do zásobníku. Jemný materiál pokračuje ke

kontinuální míchačce, před kterou dochází k přidávání maloobjemových komponent (hnojiv atd.). Následné míchání zajišťuje, vysokou homogenitu výsledného substrátu. Homogenní substrát směřuje do zásobníků a z nich posléze k balicím linkám, kde je substrát balen do pytlů o objemu 20 – 70 l. Z baliček jsou pytle unášeny na paletizační jednotky, které pytle naskládají na palety a ovinou strečovou fólií, tak aby byly pytle na paletě dokonale fixovány a chráněny proti povětrnostním vlivům. Celý výrobní proces je (kromě doplňování zásobníků vstupních surovin) plně automatický a je řízen výrobním software. Dávkočče komponent jsou kontrolovány elektronickými kontrolními mechanismy, aby bylo zabezpečeno přesné dávkování komponent a s tím související kvalita substrátů.

Areál disponuje také skladovacími prostory a logistickým centrem, ze kterého jsou expedována nákladní auta se substráty a dalšími zahradnickými potřebami.



Obr. 5: Rašelina a.s. Soběslav

3.3.3.4.2.3 Závod Borkovice

Původní těžební závod, kde se již desítky let rašelina netěží a kde se nachází po zdařilé rekultivaci naučná stezka Borkovická blata a obora pro jelení zvěř. Zázemí závodu a skladovací plochy dnes slouží ke kompostování kůry a k výrobě kompostů, v původních skladech a dalších budovách, je dnes výrobní linka na míchání a balení hnojiv pro Hobby pěstitele v zahradnictví.

3.3.3.4.2.4 Závod Člunek

Těžební závod leží v blízkosti státní silnice v blízkosti obce Člunek, mezi Jindřichovým Hradcem a Dačicemi. Na závodě probíhá těžba kvalitní, přechodové rašeliny.

3.3.3.4.2.5 Závod Hranice

Těžební závod ležící v blízkosti obce Hrdlořezy na Třeboňsku.

3.3.3.4.2.6 Závod Hora Sv. Šebestiána

Těžební závod, kde je těžena kvalitní, vrchovištní rašelina.



Obr. 6: Závod Hora Sv. Šebestiána

3.3.3.4.2.7 Závod Vlčí Jámy

V bývalém těžebním závodě probíhá rekultivace.

3.3.3.4.2.8 Závod Příbraz

Bývalý těžební závod, na kterém probíhá rekultivace.

3.3.3.4.2.9 Závod Světlík

Těžební závod u obce Světlík, na kterém probíhá těžba rašeliny.

3.3.3.4.3 Těžba pro lázeňské účely

Těžba pro lázeňské účely tradičně probíhá v blízkosti lázní. Pro lázeňské provozy na západě Čech je rašelina těžena v lokalitě Krásno, děje se tak v režii Loketských městských lesů. Rašelina pro lázeňství na Třeboňsku je těžena v Branné u Třeboně v režii lázní Aurora a Bertiných lázní.

3.4 Problematika revitalizace výrazně narušených lesních porostů v Krušných Horách

Horské lesy jsou významnou krajinnou složkou. Na území České republiky se obvykle nachází v 6. – 9. lesním vegetačním stupni. Rozloha horských lesů je 459 570 ha, což představuje 17,45 % plochy lesů ČR (Vacek a Balcar 2004). Jsou objektem zvláštního významu z hlediska ochrany prostředí, stabilizace přírodních procesů i celkové homeostaze krajiny (Vacek a Balcar 1999). Plní také řadu produkčních i mimoprodukčních funkcí. Nejde v nich tedy pouze o produkci dřevní hmoty, ale i o velmi důležité plnění funkcí vodohospodářských a půdoochranných. Horské lesy proto patří do vylišených oblastí se zvýšeným zájmem na půdoochranném působení lesů a byly vyčleněny rovněž jako lesy vodohospodářsky důležité (Vacek 2003). Z tohoto důvodu by měly být patřičně chráněny.

V minulosti však na území ČR často docházelo k upřednostňování hospodářských a politických zájmů, na úkor ochrany přírody, což vedlo k rozvoji průmyslu, který se mimo jiné podílel na znečišťování ovzduší. Výrazné znečištění ovzduší pocházející ze spalování uhlí v elektrárnách v Podkrušnohoří se projevilo zvýšeným obsahem SO₂- a F ve srážkách (Lochman 1996). Silné znečištění ovzduší v druhé polovině dvacátého století vytvářelo abnormální imisní tlak oxidů síry a oxidů dusíku na lesní porosty, který se projevil zejména v horských lesích, ve kterých vedl v součinnosti s dalšími faktory v konečném důsledku k plošnému odumírání lesních porostů. Horské lesy jsou obecně zranitelnější a citlivější na extrémní znečištění. Což je dokumentováno také v ostatních horských lesech v České republice. V oblasti krkonošsko-jesenické soustavy jsou pufrálně nejméně odolné horské půdy, které mají malou mocnost a přirozeně nízké množství bazických kationtů (Hruška, 1997). Vysoké depozice v osmdesátých letech v příhraničních horských oblastech severozápadní části ČR představovaly přibližně: 700 tisíc tun oxidů dusíku a 1,1 miliónů tun oxidů uhlíku (Vavříček, Šimková, 2004). V komplexu s klimatickými vlivy a změnami ve způsobu a systému hospodaření došlo k procesům celoplošného odlesňování (Kubelka 1992). Ardo a kol. (1997) uvádí ve studii odlesnění, zpracované na základě satelitního dálkového průzkumu, že v letech 1972 až 1989 zmizelo ze znečištěných ploch v Krušných horách přes 50 % jehličnaných lesů. Zvláště ovlivněné oblasti byly mezi 600 a 1000 m n. m. a to zejména na jižních a jihovýchodních svazích (Baláž 2009).

Nejvyšší stupeň znečištění nastal v letech 1978 – 1984 (1 014 tun SO₂ za rok) (Kula, 2006)

Snahou lesníků bylo kritickou situaci řešit co nejrychleji a co v největším měřítku. Z tohoto důvodu byly lesní porosty urychleně obnovovány, za použití extrémně intenzivní celoplošné přípravy půdy. Těžební zbytky byly shrnovány dozery do liniových valů, přičemž současně docházelo k odstranění svrchní půdní vrstvy s nadložním organickým půdním horizontem i většiny organo – minerálních horizontů. Došlo tedy k odstranění organické hmoty ze svrchní půdní vrstvy, což vedlo k degradaci takto ošetřených půd v rozměru, který si v té době málokdo uvědomoval. Opatření pro obnovu lesa zahrnovala vedle extrémní celoplošné přípravy půdy také meliorační vápnění, hnojení, odvodnění a ochranu zakládáných kultur. Podrázský a kol. (2001) uvádí, že používání dozerů při celoplošné přípravě půdy bylo v té době odůvodňováno usnadněním zalesňovacích prací úpravou terénu, urychlením obnovy lesa, nutností odstranit svrchní toxickou vrstvu, krycím efektem valů proti extrémním klimatickým podmínkám, a také ekonomickými zájmy zainteresovaných subjektů, které nehleděly na efektivnost a ekologické aspekty, ale měly spíše zájem na maximalizaci finančních toků. Tímto způsobem vzniklo v Krušných horách přibližně 10000 ha buldozerových ploch s intenzivní degradací (Podrázský a kol. 2001)

Na plochách se shrnutou organickou hmotou byly založeny porosty náhradních dřevin, které v současné době procházejí stadiem rekonstrukce (Baláž 2009). Porosty náhradních dřevin mohou svým opadem dotovat Ca²⁺ a dokonce poskytnout i jeho dostatek, avšak nedokážou účinně stabilizovat toky fosforu, hořčíku ani draslíku (Hrdlička, Kula 2001). Přeměny porostů náhradních dřevin jsou však vzhledem k jejich věkové struktuře, relativně velké výměře, nestejně kvalitě a zejména vzhledem k velmi složitým imisním a ekologickým poměrům Krušných hor problémem dlouhodobým (Slodičák, 2007).

I přes současný trend regenerace horských lesních ekosystémů po imisní zátěži z druhé poloviny minulého století v Krušných horách, zůstává řada lokalit nezalesněna, porosty chřadnou, či vykazují známky karenčního poškození (Vavříček a kol. 2012). V současné době je řešena problematika neustále se -opakujících procesů odumírání, chřadnutí a poškozování porostů především rodu *Picea* sp. v rámci náhorní plošiny Krušných hor a především také otázka obnovy na stanovištích s celoplošnou dozerovou přípravou (Baláž, 2009).

3.4.1 Organická hmota a její role v lesních ekosystémech vyšších poloh

Obsah a kvalita organické hmoty je často klíčovým a limitujícím faktorem pro úspěšnost zalesňování v horských polohách. Půdní prostředí horských lesních ekosystémů vykazuje extrémní charakter, vyznačující se značnou půdní aciditou s nízkým sorpčním nasycením. Vlastnosti půd v horských polohách určuje často chudý geologický podklad. Vlivem kyselého opadu, který se zde rozkládá při humidním a chladném klimatu, jsou produktem humifikace nízkomolekulární organické kyseliny, které zde iniciují podzolizační půdotvorný proces, který v těchto oblastech zcela převažuje (Vavříček a kol. 2012). Na kyselém krystaliniku náhorní plošiny Krušných hor, nadmořských výšek 850 – 1 000 m n. m., dochází k vývoji především takových souborů lesních typů, kde dominují oligotrofní acidofyty, tyto kyselé edafické kategorie jsou prezentovány především podzoly modálními až modálními železitémi, případně kryptopodzoly oligotrofními (Šimková, 2010). Jako důsledek převažujících podzolů zde vznikají různě mocné eluviální horizonty s extrémně nízkým sorpčním nasycením a obsahem pro rhizosféru toxického hliníku. Hloubka rhizosféry je zde omezena silně eluviovaným Ep horizontem, který vytváří značnou ekologickou bariéru v půdě, kde deficiencie dostupných živin redukuje prosperitu rhizosféry (Vavříček a kol. 2005). Charakter takto extrémního půdního prostředí je rozhodující mírou umocněn také spadem toxických látek v minulosti, které urychlují proces přirozené acidifikace půdního prostředí a zatěžují půdu značným množstvím polutantů, které se zde dlouhodobě akumulují.

Vlivem hlubokých eluviálních horizontů, které vytvářejí přirozenou bariéru pro kořeny rostlin, má vrstva nadložního humusu zásadní význam pro výživu a vlhkostní poměry ve rizosféře (Binkley 1984, 1986; Sevink 1997; Emmer a Sevink 1994; Podrázský a kol. 2001). Složka nadložního humusu představuje důležitý prvek dynamiky organické hmoty a živin i toku energie v lesních ekosystémech. Její význam roste ve vyšších nadmořských výškách (Podrázský 2006). Charakter a parametry humusových forem významně ovlivňují cyklus živin a vlhkostní a teplotní režim svrchních vrstev půdy (Podrázský, 2006).

V posledních desetiletích však dochází ke snižování mocnosti nadložního humusu. Příčiny mohou být různé. Od vlastní mineralizace v důsledku imisního odlesnění a rozpadu porostů v minulosti, následné sukcese trávo-bylinnou vegetací, přes globální změny klimatu až po významný vliv povrchového vápnění holin.

Zvýšenou mikrobiální aktivitou na velkoplošných holinách se detailně zabývala řada autorů (Jurgensen a kol. 1988; Vacek a kol. 1999; Linhart 1999), kteří dokládají, že odumírání stromového patra je provázáno výraznou změnou teplotních, vlhkostních a světelných poměrů na stanovišti. Podle Emmera (1999) mohou změněné teplotní a vlhkostní poměry svrchních organických vrstev půdy výrazně ovlivnit míru mikrobiologické aktivity a tím také úroveň mineralizace a rozkladu svrchních organických vrstev. Zvýšená úroveň mikrobiologické aktivity a rozkladu humusu po odumření a rozpadu stromového patra byla prokázána také dalšími autory (Binkley 1984; Klimo a Kulhavý 1994). V průběhu odumírání lesního porostu dochází k prudkému zvýšení mikrobiologické aktivity půd jako efektu zvýšeného oslunění stanoviště, dochází k urychlení dekompozice, nitrifikace a ztrátěpřístupného dusíku a následně i k propadávání a proplavování částečně rozložené či již humifikované organické hmoty do fyziologicky nedostupných spodin (Šach a Pašek 1996).

Také meliorace lesních půd vápněním může vést ke zvýšené mineralizaci organické hmoty nadložních horizontů (Formánek a Vránová 2003).

Výše popsany proces ztráty organické hmoty úzce navazuje na vnitropůdní erozi, zvláště na skeletnatých stanovištích vyšších poloh. Lesní ekosystém je tak ohrožen dlouhodobou, téměř neustálou a drastickou stanovištní degradací (Šach 1990; Šach a Pašek 2000). Procesy introskeletové eroze představují výrazné ohrožení stability lesních porostů a byly dokumentovány například v Krkonoších (Šach a Pašek 1996) Jizerských horách (Šach 1999), a na Šumavě (Podrázský 1999). Tento proces může významně působit i na snižování fyziologické hloubky půdy. Purdon a kol. (2004) dokládají, že sloučeniny koloidního humusu jsou důležitými nositeli sorpčních vlastností půdy, dlouhodobá disturbance humifikačních procesů tak může být spojena s poruchou živinového statusu biocenóz a jejich odumíráním.

Vlivem nedostatečného množství humusových látek na stanovištích postiženým výše uvedenými procesy se značně snižuje sorpční a retenční potenciál půdy. Kořenový systém sazenic *Picea abies* (L.) Karsten v takovýchto podmínkách není saturován dostatečným množstvím živin, v létě zde může docházet k nadměrnému prosychání a umělá obnova těchto stanovišť je velice problematická.

S extrémními letními teplotami, a nízkými srážkami, které v posledních letech postihují středoevropský prostor, souvisí také dynamika humifikačních procesů. Klimatické extrémy - velmi studené zimy a velmi suchá léta – společně s aciditou a

nízkou bazickou saturací půdy jsou určující prvky nízkého humifikačního indexu (Simon a kol., 1994).

Obecně lze akumulaci organických látek z procesu humifikace v porostech v Krušných horách považovat za pomalou a to zejména v podmínkách sedmého lesního vegetačního stupně. Z tohoto důvodů se základními postupy pro stimulaci procesů revitalizace půdního prostředí imisních holin staly chemické a biologické meliorace (Podrázský a kol. 2003).

3.4.2 Chemické a biologické meliorace při revitalizaci půdního prostředí imisních holin

3.4.2.1 Biologické meliorace

V současné době jsou obecně ke zlepšování půdních vlastností nejčastěji používány z biologických materiálů, mimo vlastní statková organická hnojiva živočišného původu, substráty na bázi kompostů a rašelin. Při revitalizaci půdního prostředí imisních holin s odstraněnou organickou vrstvou v Krušných horách byly používány výsadby porostů náhradních dřevin, od kterých se očekávalo, že se budou podílet na rychlé obnově porostů. Jedním z hlavních kritérií při výběru druhové skladby porostů náhradních dřevin byla odolnost vůči působení imisí. Z tohoto důvodu byla vybrána bříza (*Betula pendula* Roth.) a smrk pichlavý (*Picea pungens* Engelm.). Hlavním cílem při pěstování porostů náhradních dřevin byla obnova porostního prostředí, úprava ekologických podmínek a příprava podmínek pro obnovu hospodářsky cennějších dřevin.

V současné době jsou plošně nejrozsáhlejší náhradní porosty břízy (*Betula pendula* Roth.) a smrku pichlavého (*Picea pungens* Engelm.) (Baláž 2009). V porostech s odstraněnými organickými horizonty i na lokalitách s intaktní vrstvou nadložního humusu se výrazněji osvědčila bříza bradavičnatá (*Betula pendula* Roth.), výsledky potvrdily příznivý vliv břízy na stav půd a její vysoký meliorační efekt na rozdíl od smrku pichlavého (Ulbrichová a kol. 2005). V posledních letech je také k melioraci stanovišť s nedostatkem organické hmoty používán organický materiál, pocházející z liniových valů, ve kterých byl materiál deponován desítky let.

3.4.2.2 Chemické meliorace

K chemické melioraci jsou nejčastěji používány hnojivé látky. Složky hnojiv sestávají ze sloučenin, z nichž se mohou uvolňovat fyziologicky aktivní ionty pro rostlinnou výživu. Rostliny jsou schopny přijímat a metabolicky zužitkovat celkem dvacet jedna chemických prvků (C, O, H, N, P, Na, K, Ca, Mg, Mn, S, Al, Be, Fe, Zn, B, Ba, Li, Sc, Si, Sr), z nichž Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} a Na^{+} mají význam jako půdní makroelementy a C, N a P jsou důležitými součástmi ekosystémového toku biomasy (Rejšek, 1999; Allison, 1973). U lesních porostů jsou dodávány hnojivové látky především na stanovištích, které jsou určitým způsobem extrémní a výživa a zakládání nového porostu je zde z nějakého důvodu problematická (Pecháček 2013). Uhlík rostliny přijímají ve formě CO_2 při fotosyntéze. Dusík rostliny obecně přijímají v minerálních formách jako ionty NH_4^{+} a NO_3^{-} nebo i ve formě půdních aminokyselin. Hnojiva lze podle hlavních živin klasifikovat jako dusíkatá, draselná, hořečnatovápenatá, fosforečná nebo jako hnojiva s růstovými stimulatory ve formě syntetických růstových regulátorů (především látek hormonálních). Hnojiva obsahující dusík, fosfor a draslík jsou označována zkratkou NPK.

Z patentu č. 188 886 je známo, když současně s výsadbou sazenic lesních dřevin je do těsné blízkosti kořenového systému zapracována dávka živných, popřípadě i některých jiných látek ve formě tablet, resp. briket a v poslední době i jemně granulovaných přípravků, dochází k celkové optimalizaci živného media (Koberg 1972). Hnojiva určená pro použití při výsadbě sazenic lesních dřevin byla dodávána na trh s komerčním označením Agriforum (výrobce USA), Fertilin (výrobce Rakousko), přičemž hnojiva obdobného typu jsou známa například ze zaniklého ochranného dokumentu č. 201 231 (Teren a Hutár 1978). Tato hnojiva byla vyvíjena ve Výzkumném ústavu agrochemické technologie v Bratislavě. Na konci 80. let se pod obchodním názvem "Dukofert" uplatňovala v lesnické praxi zejména na Slovensku. V současné době se v lesnictví nejvíce využívají hnojiva s obchodním názvem Silvamix.

Jedním z opatření proti nepříznivému stavu imisních porostů bylo provádění celoplošného vápnění, které probíhalo v sedmdesátých a osmdesátých letech. V oblasti Krušných hor došlo k vápnění 62 000 ha, v Jizerských horách 8 000 ha, v Krkonoších 7 409 ha, v Orlických horách 2 800 ha a izolovaně byly zásahy prováděny rovněž v Jeseníkách i Moravskoslezských Beskydech (Šrámek a kol., 2003). Dopady vápnění

na ekosystémovou dynamiku Nt je možné obecně vždy hodnotit jako negativní (Podrázský, 1992). Buď je dusík imobilizován, je-li limitující živinou, v biomase půdních mikrobiocenóz, nebo je vyplavován, nestačí-li ekosystém zachytit jeho mineralizované množství (Popovic, 1984). Při antagonistickém působení Mg^{2+} a K^{+} je vyšší obsah hořčíku vlivem vápnění stanoviště důvodem ke zhoršení výživy porostu K, který svým efektem na osmotické procesy v rostlinných pletivech tak nemůže přispět ke zvýšení odolnosti proti mrazovým škodám (Brabec, 2004; Mrkva, 2000).

4. Metodika

4.1 Metodika ekologické charakteristiky organozemí

Při vyčleňování a dílčí charakteristice základních ložisek rašeliny využívaných pro výrobu substrátů s různým složením byly v rámci těžebních závodů společnosti Rašelina a.s., vybrány různé rašeliniště s těžebními plochami s rozdílnými typy rašeliny, které byly následně zařazeny do jednotlivých ekologických typů rašelinných mokřadů podle systému, který publikoval Joosten a Donal (2002). Rašelina natěžená na těchto rašeliništích byla zařazena do jednotlivých tříd podle ČSN 46 5730 a také podle stupnice Von Post (Von Post 1924). Z každého valu reprezentujícího těžební plochu byly odebrány tři směsné vzorky, u kterých byly v laboratoři společnosti Rašelina a.s. stanoveny následující parametry: Vlhkost, Obsah spalitelných látek, pH (H₂O), elektrická vodivost. Na základě těchto parametrů byly poté rašeliny tříděny podle ČSN 46 5730. Pro zařazení rašelin podle stupnice Von Post (Von Post 1924) sloužil vzorník s barevným rozpětím.

4.2 Metodika vývoje a hodnocení rekultivačního substrátu

Složení pokusných experimentálních substrátů na bázi organické hmoty bylo navrženo primárně pro degradovaná stanoviště vyšších poloh, poznamenaných ztrátou nadložního surového humusu z celoplošné skarifikace nebo mineralizace v důsledku dlouhodobého odlesnění, výrazného prosvětlení a rozvolnění porostů nebo jako důsledek opakovaně povrchově aplikovaného celoplošného vápnění. Aplikace experimentálních substrátů měla zajistit zejména dotaci organické hmoty, která je na daných plochách prioritní, dále optimalizovat nutriční poměry na stanovišti a posílit odrůstání sadebního materiálu. Tři varianty experimentálních substrátů byly aplikovány k sazenicím *Picea abies* (L.) Karsten. Technologie aplikace substrátů byla řešena ruční donáškou substrátů ve vědrech z menších deponií, kam se dostalo nákladní auto při průjezdu terénem. V prvním roce došlo k zasazení sadebního materiálu jamkovou metodou. Při výsadbě byla vykopána sadební jamka a cca deset litrů místní zeminy bylo promícháno s deseti až dvanácti litry experimentálního substrátu. Do této směsi byla poté zasazena sazenice *Picea abies* (L.) Karsten. V následujících letech byly substráty

nasypány do bezprostřední blízkosti sazenic, okolo kmínků v množství deset až dvanáct litrů.

Následně byl hodnocen růst sazenic *Picea abies* (L.) Karsten na základě biometrických údajů, fyziologický stav sazenic, nutriční parametry na základě foliární koncentrace živin. Protože byly sazenice vysazeny na stanovišti s víceméně homogenními podmínkami, dalo se očekávat, že vhodnější substrát se projeví na růstu sazenic větším přírůstem a vyšší foliární koncentrací živin .

Rychlost odrůstání kultur spolu s nutričními parametry u jednotlivých variant výsadb s experimentálními substráty byly sledovány v každé variantě a porovnávány s kontrolními výsadbami v období třech let.

4.2.1 Vývoj a příprava substrátů na bázi organické hmoty s obsahem humusových látek

Vývoj nových substrátů a pěstebních směsí je poměrně náročnou záležitostí. V případě řešení disertační práce bylo třeba nejprve vybrat organické materiály - velkoobjemové vstupy (rašeliny, komposty) vytvořit optimální směsi, tak aby je bylo možné strojně mísit. Bylo třeba analyzovat fyzikální parametry velkoobjemových vstupů jako stupeň rozložení, vlhkost, objem spalitelných látek, elektrickou vodivost, velikost částic i chemické parametry jako pH, objem přijatelných živin, poměr C:N u jednotlivých premixů. K tomu posloužila data získaná při charakteristice rašelin.

Bylo jasné, že revitalizační substráty na bázi přirozených organických materiálů jsou určeny do extrémních klimatických i pedologických podmínek, proto je bylo třeba navrhnout tak, aby pokud možno nevysychaly a zachovaly si co nejdéle optimální smáčivost, aby nesléhaly, nepodléhaly rychlé mineralizaci a degradaci, měly přiměřené pH i obsah živin v porovnání s pedologickými podmínkami lokalit, na které budou organické materiály aplikovány. Pro první rok řešení projektu byly vytvořeny a v laboratoři společnosti Rašelina a.s. vyzkoušeny a analyzovány tři experimentální substráty určené pro další testování na výrobní lince a k následnému zkoušení na pokusných lokalitách v Krušných horách. Jednalo se o substráty označené EXPM1 s hlavním objemovým vstupem rašelina, EXPM2 s hlavním objemovým vstupem kompostovaný materiál a EXPM3 s hlavním objemovým materiálem rašelina. Rašelina je přirozený organický materiál, který je vhodný k obnově a revitalizaci stanovišť

s malým podílem organické hmoty díky svým jedinečným vlastnostem, kterými jsou vysoký podíl organické hmoty, nízký obsah živin (živiny lze upravovat přidaným hnojivem), homogenita, vysoká nasákavost a schopnost držet vodu v případě, že rašelina nepřeschne. V substrátech byla použita tuzemská rašelina z Hory Sv. Šebestiána, která je svým původem a místem vzniku velmi blízká experimentálním lokalitám v Krušných Horách, z tohoto důvodu byla také věnována zvláštní pozornost tomuto druhu rašeliny při vývoji experimentálních substrátů.

Dalším krokem bylo určení přídavných komponent, kterými bylo hnojivo Silvamix R se stimulatorem (Silvamix R30S, 10-7-18-7,5 MgO + PGR), které bylo přimícháno do substrátu EXPM 1, jako zdroj základních živin. Vzhledem k tomu, že se v poslední době na trhu s hnojivy a růstovými stimulatory objevují huminové preparáty a extrakty, bylo rozhodnuto, že ve variantě EXPM 3 bude použit huminový preparát Lignohumát, který měl teoreticky navýšit obsah huminových látek v substrátu.

EXPM1 : Materiál tvořen ze 100% Rašelinou substrátovou tř. III, vytríděnou na jemnou frakci 0-5 mm. Do materiálu byla rovnoměrně přimíchána dávka práškového hnojiva Silvamix R se stimulatorem v množství 3 kg/m³. Dávka hnojiva vychází z doporučení výrobce. (Pracovní název: Rašelina + S.R. + stimulator.)

EXPM2 : Organický materiál vyrobený homogenizací a kompostováním materiálů obsahujících rozložitelné organické látky s 10 % podílem rašeliny v roce 2012 a s 20 % podílem Rašeliny Zahradnické a kompostové tř. III v roce 2013 a 2014. Materiál byl vytríděn na sítu na frakci 0-5 mm. (Pracovní název: Kompost.)

EXPM3: Materiál tvořen ze 100 % Rašelinou substrátovou tř. III, vytríděnou na jemnou frakci 0-5 mm. Do materiálu byl přidán humusový preparát Lignohumát v množství 1 l na 1 m³ substrátu. Aplikace Lignohumátu probíhala v roztoku. (Pracovní název: Rašelina + Lh.) Lignohumát je podle údajů na etiketě vodný roztok přípravku získaného hydrolyticko - oxidačním rozkladem technických lignosulfonátů, představuje směs huminových a fulvových kyselin a jejich solí, kde fulvové kyseliny a jejich soli převažují, přípravek obsahuje rovněž malé množství síry, je to hnědočerná kapalina charakteristického pachu, Lignohumát má příznivý a komplexní vliv na rostliny, stimuluje zakořeňování, působí pozitivně na průběh fotosyntézy, stimuluje růst.

Výroba substrátů probíhala ve výrobních závodech společnosti Rašelina a.s. v závodech Branná a Údlice. Výrobní závod Branná disponuje klasickou výrobní linkou pro zpracovávání organických hmot a výrobu organických pěstebních substrátů. V technologickém řetězci jsou zapojeny velkoobjemové vstupní zásobníky hmot, dopravní cesty, třídící jednotka, dávkovací jednotky maloobjemových vstupů, 2 míchací jednotky a dopravní cesta pro expedici substrátů do nákladních aut. Celá technologie je řízena specifickým softwarem, který uvádí všechny součásti řetězce do chodu, nastavuje rychlosti třídění, dávky hnojiv i všech ostatních komponent, rychlost míchání a další technické parametry. Výrobní linka obsahuje také dva kontrolní elektronické mechanismy u každé její části, tak aby byla zajištěna jistota funkčnosti všech strojních částí při dávkování hnojiva, míchání a dalších klíčových operacích. Výrobní závod Údlice je vybaven na výrobu organických kompostovaných materiálů a manipulací s organickými materiály traktory, nakladači, drtíci a třídícími jednotkami.

4.2.2 Výběr lokalit

Při výběru lokalit pro pokusné výsadby byly hledány takové lokality, které splňovaly kritérium degradovaného stanoviště, v minulosti postiženého shrnutím svrchních humusových horizontů do liniových valů. Byly hledány lokality s co nejvíce homogenními podmínkami. Dále byly hledány plochy v blízkosti cest, aby bylo možné do porostů dopravit pokusné substráty. Z důvodu rozsahu prací bylo od začátku počítáno, se dvěma stanovišti, z nichž jedno bude hlavní a druhé doplňkové, to znamená, že na doplňkovém stanovišti nebudou realizována všechna měření a hodnocení, která budou realizována na stanovišti hlavním.

4.2.3 Aplikace substrátů při výsadbě do sadebních jamek

V prvním roce testování, v roce 2012, byly aplikovány při jarních výsadbách tři typy substrátů na stanovištích v Krušných horách. Výsadba byla realizována jamkovou metodou. Substráty byly přidávány do sadebních jamek v množství cca 10 – 12 l do sféry rhizosféry při výsadbě sazenic *Picea abies* (L.) Karsten. Při výsadbě byla

vykopána sadební jamka a cca deset litrů místní zeminy bylo promícháno s deseti až dvanácti litry experimentálního substrátu. Do této směsi byla poté zasazena sazenice *Picea abies* (L.) Karsten. V následujících letech byly substráty nasypány do bezprostřední blízkosti sazenic, okolo kmínků.

Kontrolní výsadba byla provedena do půdy, která se nacházela na daném stanovišti bez další úpravy půdy či stanoviště.

Aplikace substrátů probíhala v jarních měsících. Nákladní automobily společnosti Rašelina a.s. dopravily substráty do porostů, co nejbližší pokusným plochám, kde je složili na malé deponie na oddělená místa, tak aby se substráty nemísily. Substráty byly poté popsány za použití lesnického značkovače. Výsadbu sazenic *Picea abies* (L.) Karsten jamkovou metodou prováděli pracovníci, pracující jako OSVČ pro Správu LČR, s.p. Klášterec nad Ohří. Stejní pracovníci prováděli také donášku substrátů, která byla realizována zednickými kyblíky. Sazenice byly poté označeny, tak aby byla možná jejich identifikace, stejně tak byly označeny také jednotlivé plochy s aplikacemi různých substrátů. K označení sloužily dřevěné kolíky s různými barvami zatlučené do země a také značky vytvořené lesnickou značkovací barvou na kmenech stromů.

4.2.3.1 Rok 2012

Na začátku roku 2012 byly založeny výzkumné plochy s výsadbami sazenic *Picea abies* (L.) Karsten s aplikací experimentálních materiálů EXPM1, EXPM2 a EXPM 3 v Krušných Horách na lokalitách U Kiosku a Windmantel. Na lokalitě Windmantel byly použity všechny tři pokusné substráty, na lokalitě U Kiosku byly použity substráty EXPM 1 a EXPM2.

- Lokalita U Kiosku s plochami: Plocha 1, Plocha 2, Plocha 3.
- Lokalita Windmantel s plochami: Plocha 1, Plocha 2, Plocha 3, Plocha 4.

Tab. 7: Vlastnosti experimentálních substrátů v roce 2012

Název	Pracovní název	pH/H ₂ O	pH/KCl	C (%)	N (%)	C/N	S (g/kg)	C-CHL (%)	C-HK (%)	C - FK (%)	C-HK/FK	P (mg/kg), G	Mg (mg/kg), G	Ca (mg/kg), G	K (mg/kg), G
EXPM 1	Raselina + SR	4,4	3,9	45,8	1,8	26,0	1,5	8,2	6,1	2,0	3,3	105,8	593,4	1040,8	2078,6
EXPM 2	Kompost	7,3	6,9				1,5	5,4	3,9	1,5	2,6	246,0	1541,2	21742,2	2567,4
EXPM 3	Raselina + LH	3,7	3,0	47,2	1,4	33,0	1,1	8,4	6,3	2,0	3,1	1,2	211,8	605,6	87,8

Kvalita humusových látek je u kompostu nejlepší a dle poměru C:N i HK/FK (Tab. 7) Rašelinové substráty jsou v první fázi po aplikaci ohroženy dusíkatou fixací. Nejrizikovější je v tomto případě substrát čistých rašelin s poměrem C:N = 33. U rašeliny s příměsí Silvamix R+stimulátor je tento poměr optimálnější.

Živinový potenciál je u substrátů významně odlišný. Čistá rašelina mírně kompostovaná je u hořčíku a vápníku na nízké až střední úrovni. Draslík vykazuje velmi nízkou zásobu a pro revitalizaci horských poloh přestává být tento substrát aktuální, takže bude sloužit spíše jako další kontrola. Také fosfor je z hlediska přístupných živin na velmi nízké hodnotě. U rašeliny obohacené hnojivým materiálem řady Silvamix se stimulátory růstu jsou všechny prvky na úrovni vysokých až velmi vysokých obsahů. Tento substrát při dané hodnotě půdní reakce je pro použitou bodovou revitalizaci vysoce aktuální. Kompostovaná varianta je na úrovni vyvolávající negativní proces eutrofizace prostředí a při vysokých hodnotách půdní reakce a s tím souvisejícího vysokého obsahu Ca (21.742 mg·kg⁻¹) je na rizikové úrovni. Také ostatní živiny vykazují velmi vysoký obsah, draslík čtyřikrát převyšuje maximální hodnoty, hořčík dvakrát a fosfor také dvakrát. Při bodové aplikaci mohou být tyto ekologicky neúměrné hodnoty eliminovány stanovištěm.

4.2.3.1.1 Lokalita U Kiosku

- Plocha 1 – Použitý substrát EXPM1 (rašelina+ Silvamix R + stimulátor), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l substrátu k sazenici.
- Plocha 2 – Použitý substrát EXPM2 (kompost s rašelinou), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l substrátu k sazenici.

- Plocha 3 – kontrola, 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, bez aplikace substrátu.

4.2.3.1.2 Lokalita Windmantel

- Plocha 1 – Použitý substrát EXPM1 (rašelina+ Silvamix R + stimulátor), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l k substrátu k sazenici.
- Plocha 2 – Použitý substrát EXPM2 (kompost s rašelinou), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l substrátu k sazenici.
- Plocha 3 – Použitý substrát EXPM3 (rašelna + Lignohumát), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l substrátu k sazenici
- Plocha 4 – kontrola, 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, bez aplikace substrátu

4.2.3.2 Rok 2013

V roce 2013 bylo pokračováno v testování materiálů a sběru dat na lokalitách zvolených v roce 2012. Na lokalitách v Krušných Horách (U Kiosku, Windmantel) byly opětovně aplikovány substráty EXPM1, EXPM2 a EXPM 3. Ke stejným sazenicím, ke kterým byl aplikován substrát také v roce 2012.

V této fázi testování substrátových materiálů byly využity 3 druhy směsí na bázi rašelinových a kompostových směsí. Rašelinová směs se Silvamixem R + stimulátorem (EXPM1), kompost s obsahem rašeliny (EXPM2), rašelinová směs s obsahem Lignohumátu (EXPM3). Složení substrátů bylo inovováno tak, aby byly eliminovány některé nežádoucí vlastnosti substrátů z roku 2012 (vysoký obsah draslíku u kompostu atd.) Aplikací 10 - 12 l těchto směsí jedincům *Picea abies* (L.) Karsten bylo vytvořeno bodové půdní prostředí s vyšší retenční schopností pro vodu i pro živinový potenciál.

Tab. 8: Vlastnosti experimentálních substrátů v roce 2013

Název	Pracovní název	pH/H ₂ O	pH/KCl	C (%)	N (%)	C/N	S (g/kg)	C-CHL (%)	CHK (%)	C-FK (%)	CHK/FK	P (mg/kg)	Mg (mg/kg)	Ca (mg/kg)	K (mg/kg)
EXPM 1	Rašelina+SR	5,2	4,7	31,6	1,2	26,2	1,0	6,6	5,0	1,5	3,3	70,3	699,0	3935,7	1962,7
EXPM 2	Kompost	7,3	7,0	19,7	1,0	20,3	0,9	4,6	3,6	1,0	3,5	309,3	1396,7	8201,3	3352,0
EXPM 3	Rašelina+LH	4,8	4,1	36,5	1,4	26,4	0,9	9,2	7,2	1,9	3,8	46,7	524,7	2248,3	1243,0

Nadstandardní obsah živin u kompostované směsi s příznivým poměrem C:N eliminující fixaci dusíku a vysoce kvalitní hodnotou HK:FK, v dostatečné fázi humifikace může po aplikaci na degradované plochy zajistit ekologicky vyrovnané půdní prostředí. Vysoké hodnoty pH jsou nestandardní, ale v půdní degradované složce může půdní reakci optimalizovat. Nejnižší hodnoty dílčích parametrů vykazovala směs rašelin a Lignohumátu (EXPM3). Další směs rašeliny a Silvamixu R se stimulatorem (EXPM1) má příznivější koncentrace živin a hodnoty dalších parametrů, stejně jako kompost s podílem rašeliny (EXPM2). (Tab. 8)

4.2.3.2.1 Lokalita U Kiosku

- Plocha 1 – Použitý substrát EXPM1 (rašelina + Silvamix R + stimulator), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l substrátu k sazenici.
- Plocha 2 – Použitý substrát EXPM2 (kompost s rašelinou), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l substrátu k sazenici.
- Plocha 3 – kontrola, 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, bez aplikace substrátu

4.2.3.2.2 Lokalita Windmantel

- Plocha 1 – Použitý substrát EXPM1 (rašelina + Silvamix R + stimulator), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l substrátu k sazenici.
- Plocha 2 – Použitý substrát EXPM2 (kompost s rašelinou), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l substrátu k sazenici.
- Plocha 3 – Použitý substrát EXPM3 (rašelina + Lignohumát), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l substrátu k sazenici

- Plocha 4 – kontrola, 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, bez aplikace substrátu

4.2.3.3 Rok 2014

V roce 2014 bylo pokračováno v testování materiálů a sběru dat na lokalitách zvolených v roce 2012. Na lokalitách U Kiosku a Windmantel byly opětovně aplikovány substráty EXPM1, EXPM2 a EXPM 3. Ke stejným sazenicím jako v roce 2012 a 2013.

4.2.3.3.1 Lokalita U Kiosku

- Plocha 1 – Použitý substrát EXPM1 (rašelina+ Silvamix R + stimulátor), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l k sazenici.
- Plocha 2 – Použitý substrát EXPM2 (kompost s rašelinou), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l substrátu k sazenici.
- Plocha 3 – Použitý substrát EXPM3 (rašelina + Lignohumát), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l substrátu k sazenici
- Plocha 4 – kontrola, 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, bez aplikace substrátu

4.2.3.3.2 Lokalita Windmantel

- Plocha 1 – Použitý substrát EXPM1 (rašelina + Silvamix R + stimulátor), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l substrátu k sazenici.
- Plocha 2 – Použitý substrát EXPM2 (kompost s rašelinou), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l substrátu k sazenici.
- Plocha 3 – Použitý substrát EXPM3 (rašelina + Lignohumát), 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, 12 l substrátu k sazenici
- Plocha 4 – kontrola, 60 ks sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, bez aplikace substrátu

4.2.4 Metodika vyhodnocení vlivu substrátů na růst sazenic *Picea abies* (L.) Karsten

Měření biometrických údajů - výšek sazenic bylo prováděno každoročně, a to na všech pokusných plochách, včetně ploch kontrolních. Měřeny byly všechny sazenice *Picea abies* (L.) Karsten, tzn. v každé variantě substrátu, včetně kontroly, bylo změřeno 60 sazenic. Měření probíhala vždy na konci vegetačního období, kdy již byly vrcholkové prýty plně vyzrálé. Měřena byla celková výška sazenic, od kořenového krčku po konec terminálu. Z naměřených výšek byly poté vypočteny přírůsty.

4.2.5 Metodika vyhodnocení vlivu substrátů na zdravotní stav sadebního materiálu *Picea abies* (L.) Karsten

Hodnocení zdravotního stavu sadebního materiálu *Picea abies* (L.) Karsten na pokusných lokalitách v různých experimentálních substrátech bylo prováděno podle parametrů uvedených v tabulce (Tab. 9).

Tab. 9: Hodnocení zdravotního stavu

Hodnocení	Morfologická kvalita nadzemní části a vitalita stromku
1	bez poškození, vitální
2	mírně poškozený a deformovaný, mírně snížená vitalita
3	středně poškozený a deformovaný, snížená vitalita
4	značně poškozený a deformovaný až odumírající
5	Odumřelý

4.2.6 Metodika odběru vzorků

V rámci výzkumných ploch byly odebírány půdní vzorky pro vyhodnocení půdního prostředí jednotlivých variant aplikovaných substrátů. Vzorky byly odebírány ze sadebních jamek. U odebraných vzorků byly zkoumány fyzikální, fyzikálně – chemické a chemické vlastnosti. Půdní vzorek pro fyzikálně – chemické a chemické vlastnosti byl získán kvartováním ze tří odběrných míst. Pro zjištění fyzikálních vlastností byly odebrány Kopeckého fyzikální válečky o objemu 100 cm³. Množství

odebíraných fyzikálních válečků bylo závislé na velikosti plochy a heterogenitě. Na konci vegetačního období byly pomocí zahradnických nůžek ustříženy vzorky letorostů pro analýzu nutriční výživy asimilačního aparátu a také pro měření váhy jehlic. Odebírán byl zásadně nejmladší ročník jehličí, z horní třetiny výšky sazenice. Na každé z parcel byly odebírány 3 směsné vzorky jehličí, z nichž každý vznikl smísením vzorků nejméně z 10 jedinců.

4.2.7 Metodika laboratorních prací

Laboratorní zpracování odebraných vzorků bylo provedeno v laboratoři ÚGP Lesnické a dřevařské fakulty Mendelovy univerzity v Brně a v Laboratoři MORAVA s.r.o.. Zpracování Kopeckého fyzikálních válečků bylo provedeno dle standardně používaných metodik: Analýza půd III. (Zbiral a kol. 2004). Ostatní analýzy chemismu půd a obsahu živin byly provedeny v akreditované laboratoři Laboratoř MORAVA s. r. o..

4.2.7.1 Analýzy fyzikálních vlastností

Vlastnosti půdy jsou určeny mj. specifickým uspořádáním strukturních prvků. Tyto prvky jsou tvořeny pevnými půdními částicemi, různé velikosti, tvarů a vlastností a tato různorodost dává zákonitě vzniknout mnoha specifickým fyzikálním vlastnostem. Mezi nejčastěji používané řadíme zrnitost, pórovitost, strukturu půdy, objemovou hmotnost redukovanou, vlastnosti popisující půdní hydrolimity a mnoho dalších. V případě řešení disertační práce, je vyhodnocení dále uvedených fyzikálních vlastností půd, základem pro pochopení dalších interakcí mezi půdou a rostlinou. Mezi ty nejdůležitější popisné charakteristiky, mající přímý vliv na produkční schopnost stanoviště patří: maximální kapilární kapacita, minimální vzdušná kapacita, pórovitost, půdní hydrolimity a textura. Tyto vlastnosti se zjišťují převážně ve fyzikálních válečkách, textura sedimentační metodou. Fyzikální válečky byly odebírány na všech lokalitách v hloubce odpovídající nejuvýraznějšímu prokořenění sazenic lesních dřevin a následně zpracovávány a vyhodnoceny standardními postupy v laboratoři Ústavu geologie a pedologie LDF MU v Brně. Pro přehlednost byly dílčí výsledky zpracovány

pro lokality Windmantel a U Kiosku. Následně byly prezentovány v grafech spolu se slovním popisem.

Objemová hmotnost redukována byla stanovena z fyzikálních válečků s objemem 100 cm^3 , případně 50 cm^3 odebraných z výzkumných lokalit, válečky byly následně vysušeny do konstantní hmotnosti a naměřené hodnoty byly poté přepočítány na daný objem válečku.

Stanovení okamžité vlhkosti bylo provedeno z rozdílu okamžité hmotnosti fyzikálního válečku a hmotnosti sušiny po vysušení do konstantní hmotnosti při $105 \text{ }^\circ\text{C}$. Maximální kapilární kapacita byla stanovena z fyzikálních válečků o objemu 100 cm^3 , ve kterých se nacházel neporušený půdní vzorek. Vzorek byl sycen vodou po dobu 24 hodin a následně odsáván pomocí filtračního papíru po dobu 2 hodin. Stanovení měrné hmotnosti bylo provedeno pyknometricky a to vytěsněním, považením nejprve plynné fáze a následně vysoušením kapalně fáze půdy. Stanovení pórovitosti a minimální vzdušné kapacity bylo provedeno výpočtem na základě měrné hmotnosti, objemové hmotnosti redukováne a maximální kapilární kapacity.

4.2.7.2 Analýza fyzikálně – chemických a chemických vlastností půdních vzorků

Vzorky půdy byly zpracovány v akreditované laboratoři Laboratoř Morava, s. r. o. Půdní analýzy byly soustředěny na stanovení fyzikálně – chemických a chemických vlastností. Jako fyzikálně – chemické půdní vlastnosti byly zjišťovány půdní reakce a parametry sorpčního komplexu. Z chemických půdních vlastností byly analyzovány obsahy základních minerálních živin a poměr C/N ze stanovení oxidovatelného C a celkového půdního N. Na základě výsledků byl vyhodnocen stav půdy.

Jako základní půdní vlastnost, byla analyzována půdní reakce. Půdní reakce byla stanovována jako aktivní (pH/ H_2O) a potenciální (pH/KCl), pomocí pH – metru s kombinovanou skleněnou elektrodou (půda/ H_2O nebo 1M KCl = 1/2,5).

Vlastnosti půdního sorpčního komplexu byly stanoveny s vylišením KVK, obsahu výměnných bazí (S) a jejich vzájemného procentického poměru jako BS. Využita byla modifikovaná Kappenova metoda. Obsah výměnných bazí byl stanoven

titrací 0,1 M HCl, KVK byla stanovena ze sumy S a hydrolytické acidity zjištěné titračně za působení 1 M octanu sodného.

Na lokalitách, kde v zóně kořenového balu sazenic převládala minerální složka nad složkou organickou, byly přístupné minerální živiny zjišťovány z výluhu Mehlich II metodou atomové adsorpční spektrofotometrie (Mehlich 1978). Příprava půdního extraktu pro stanovení přístupných živin je použitelná pro všechny upravené půdy. Půda se extrahuje kyselým roztokem, který obsahuje fluorid amonný pro zvýšení rozpustnosti různých forem P vázaných na Fe a Al. V roztoku je přítomen i chlorid amonný, který příznivě ovlivňuje desorpci K, Mg a Ca. Kyselá reakce vyluhovacího roztoku je nastavena kyselinou octovou a kyselinou chlorovodíkovou. Vyluhovací roztok dobře modeluje podíl přístupné frakce živin v půdě pro lesní dřeviny. Obsah P byl stanoven spektrofotometricky v roztoku kyseliny askorbové, H₂SO₄ a Sb³⁺. Stanovení K bylo provedeno z půdního výluhu Mehlich II, kdy po termické excitaci atomů K v plameni acetylen – vzduch dochází k vyzáření charakteristického kvanta. Intenzita charakteristického záření je úměrná koncentraci K. Obsah Ca a Mg byl po naředění extraktu Mehlich II stanovován metodou atomové absorpční spektrofotometrie v plameni acetylen – vzduch. Interference se odstraňují přidávkem nadbytku lanthanu. Vyhodnocení signálu bylo provedeno metodou kalibrační křivky.

Tab. 10: Klasifikační stupnice pro hodnocení obsahu živin v organominerálních a minerálních horizontech (analyzované ve výluhu Melich II.) (Vavříček, 2011)

Obsah živin	Nt%	Extrakt Mehlich II			
		P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	Ca (mg.kg ⁻¹)	Mg (mg.kg ⁻¹)
velmi nízký	pod 0,05	pod 20	pod 20	pod 150	pod 20
nízký	0,05-0,12	20-50	20-50	150-300	20-40
střední	0,12-0,25	50-80	50-90	300-500	40-60
vysoký	0,25-0,40	80-120	90-140	500-800	60-80
velmi vysoký	nad 40	nad 120	nad 140	nad 800	nad 80

Na lokalitách, kde v zóně kořenového balu převládala organická složka nad složkou minerální, bylo stanovení přístupných živin v zóně kořenového balu provedeno v Göhlerově výluhu s poměrem navážky a vyluhovadla 1 : 10. Na principu extrakce a současné kationtové výměny se vytěsňují ze vzorku K, Ca, Mg a další prvky, například P, který se uvolní do roztoku v kyselém prostředí vyluhovadla směsí octanu sodného a koncentrované kyseliny octové (CH₃COONa+CH₃COOH).

Oxidovatelný organický C (C_{ox}) pro stanovení humusu v půdním vzorku se oxiduje chromsírovou směsí při zvýšené teplotě reakce. Spalovací směs je v přebytku,

nereagovaný zbytek se stanoví „dead stop“ titrací Mohrovou solí. Stanovení celkového N (N_t) bylo provedeno Kjeldahlovou metodou (Zbírál a kol. 2011), která je založena na spalování a mineralizaci vzorku s přeměnou N na amoniakální formu a stanovení z mineralizátu směsi kyseliny sírové, peroxidu vodíku a oxidu rtuti. Z filtrátu je stanoven obsah N kolometricky.

4.2.7.3 Analýza jehličí – foliární koncentrace hlavních živin

Vzorky jehličí byly zpracovány v akreditované laboratoři Laboratoř MORAVA, s. r. o. Vzorky jehličí byly vysušeny za laboratorních podmínek a dále byly extrahovány ve směsi kyseliny sírové a peroxidu vodíku. Tento postup se využívá k přípravě mineralizátu rostlinného materiálu pro stanovení N, P, K, Ca a Mg. Po rozložení peroxidem vodíku a destilování vody je mineralizace dokončena varem s kyselinou sírovou.

Stanovení celkového N bylo provedeno kolometricky. Dusík přítomný ve vzorku se mineralizací převede na amonné ionty. Ty jsou titrovány bromanem, který vzniká v alkalickém prostředí z elektrolyticky generovaného bromu. Velikost elektrického náboje potřebného k vytvoření ekvivalentního množství bromanu je úměrná koncentraci amoných iontů v roztoku. Bod ekvivalence je indikován biamperometricky.

Obsah fosfor byl z biomasy stanoven spektrofotometricky. Fosforečnany tvoří v kyselém prostředí v přítomnosti molybdenanu a vanadičnanu žlutavě zbarvenou heteropolykyselinu molybdátovanadátosfosforečnou. Intenzita zbarvení je měřena spektrofotometricky a vyhodnocení bylo provedeno metodou kalibrační křivky. Ca a Mg byly stanoveny metodou atomové absorpční spektrofotometrie v plameni acetylen – vzduch. Pro potlačení ionizace stanovených prvků byl přidán nadbytek K. Vyhodnocení signálu bylo provedeno metodou kalibrační křivky. Při hodnocení se standardně připravuje směsná kalibrační křivka s modelováním matrice vzorků. Stanovení K bylo provedeno atomovou emisní spektrofotometrií (plamenovou fotometrií). Po termické excitaci v plameni acetylen – vzduch dochází k vyzáření charakteristického kvanta K. Intenzita záření je úměrná koncentraci K v optické ose přístroje (Zbírál a kol. 2004).

4.2.7.4 Analýza vlivu aplikací substrátů na množství vyprodukované biomasy *Picea abies* (L.) Karsten

Vliv aplikovaných substrátů na množství biomasy ošetřených jedinců byl vyhodnocován i na základě hmotnosti jehlic *Picea abies* (L.) Karsten. Na jednotlivých pokusných plochách v rámci výzkumných ploch (U Kiosku, Windmantel) byly odebrány nejmladší jehlice (*Picea abies* (L.) Karsten). Zčásti byly tyto jehlice použity k laboratorním analýzám (stanovení výživy). Dále bylo u každé parcely zváženo 100 ks vysušených jehlic ve 3 opakováních. Váha byla zjištěna s přesností na 0,0001 g. Z každé varianty substrátu a kontrolní plochy v rámci výše uvedených výzkumných ploch vstupovaly do statistického zpracování dat (Kruskall – Wallisova anova) 3 hodnoty, vyjadřující váhu 100 suchých jehlic ve 3 opakováních.

4.2.8 Porovnání výsledků s kontrolními výsadbami bez použití revitalizačních substrátů

4.2.8.1 Statistická analýza dat

Statistické šetření bylo provedeno v programu STATISTICA. Prvním krokem při zpracování dat bylo vyšetření normality a homogenity dat. Normalita byla analyzována prostřednictvím Shapiro – Wilksova testu, homogenita rozptylů byla testována s využitím Bartlettova testu. V případě, kdy byly splněny podmínky pro využití parametrických testů, byla pro vyhodnocení vlivu hnojiv na šetřené charakteristiky (půdní prostředí, výživa, biometrické charakteristiky) využita parametrická analýza rozptylu (1 – Fa Anova) s následným vícenásobným porovnáním (Fisherův LSD – test). V případě, kdy podmínky pro využití parametrických testů splněny nebyly, byla data analyzována prostřednictvím Kruskal – Wallisovy Anovy. Veškeré hypotézy byly ověřovány při hladině významnosti $p = 0,05$.

4.2.9 Metodika sledování meteorologických charakteristik na vybraných výzkumných plochách

Významným doplňkem řešené disertační práce jsou kontinuálně měřená klimatická data, která umožňují zasazení výsledků práce do širších souvislostí s hodnotami naměřenými klimatickou stanicí. Meteostanice byla nainstalována na výzkumné ploše U Kiosku. Stanice byla napojena na internetovou síť a aktuální průběh meteorologických dat bylo možné průběžně sledovat. V letech 2012 – 2014 probíhalo kontinuální měření teploty a relativní vlhkosti vzduchu, dále byla měřena půdní teplota a vlhkost ve dvou stanovených hloubkách, v hloubce 8 cm a v hloubce 20 cm, a to jak v pozměněném půdním profilu v sadební jamce se substrátem EXPM2, tak v původním nezměněném profilu. Zpracování klimatické databáze bylo provedeno grafickou formou.

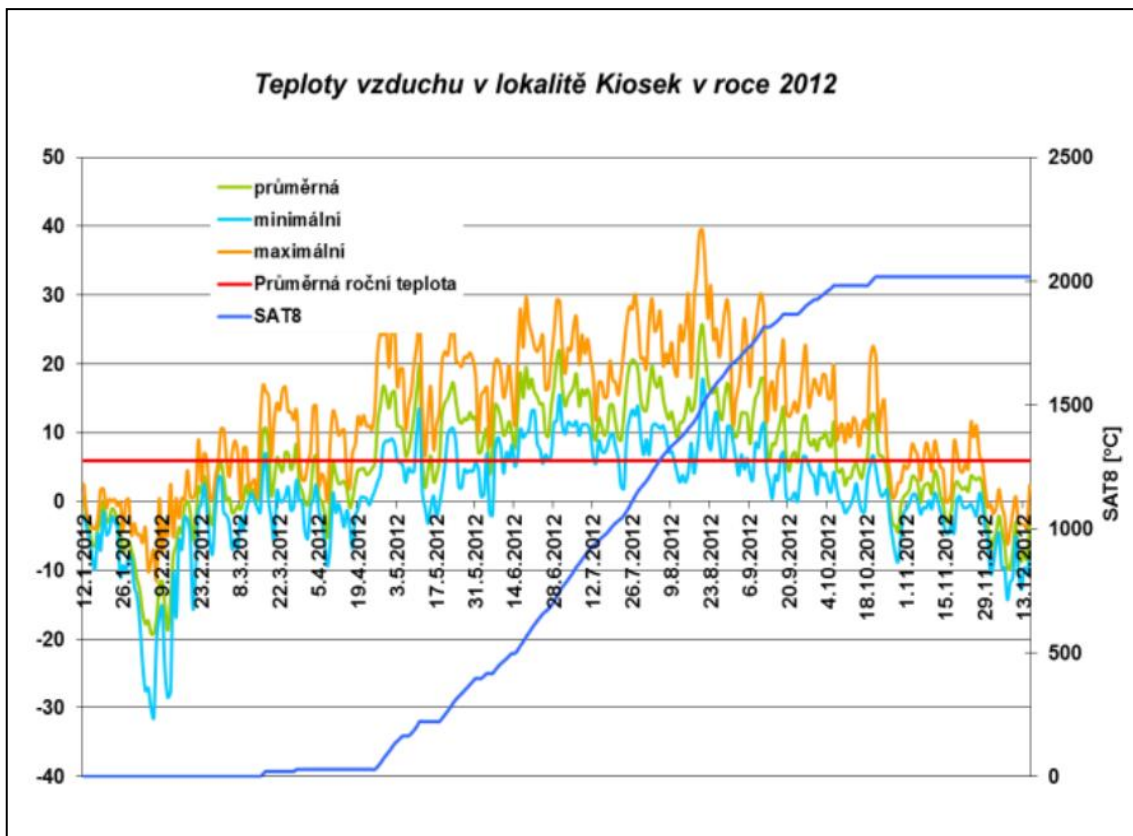
4.2.9.1 Průběh počasí na lokalitě U Kiosku

Degradovaná stanoviště vyšších poloh, zejména porostní půda s absencí holorganických horizontů (), mohou být při současných klimatických změnách, hlavně z aspektu nevyrovnaných a intenzitou výrazně diferencovaných srážkových úhrnů, velmi riziková pro zdárné zalesňování.

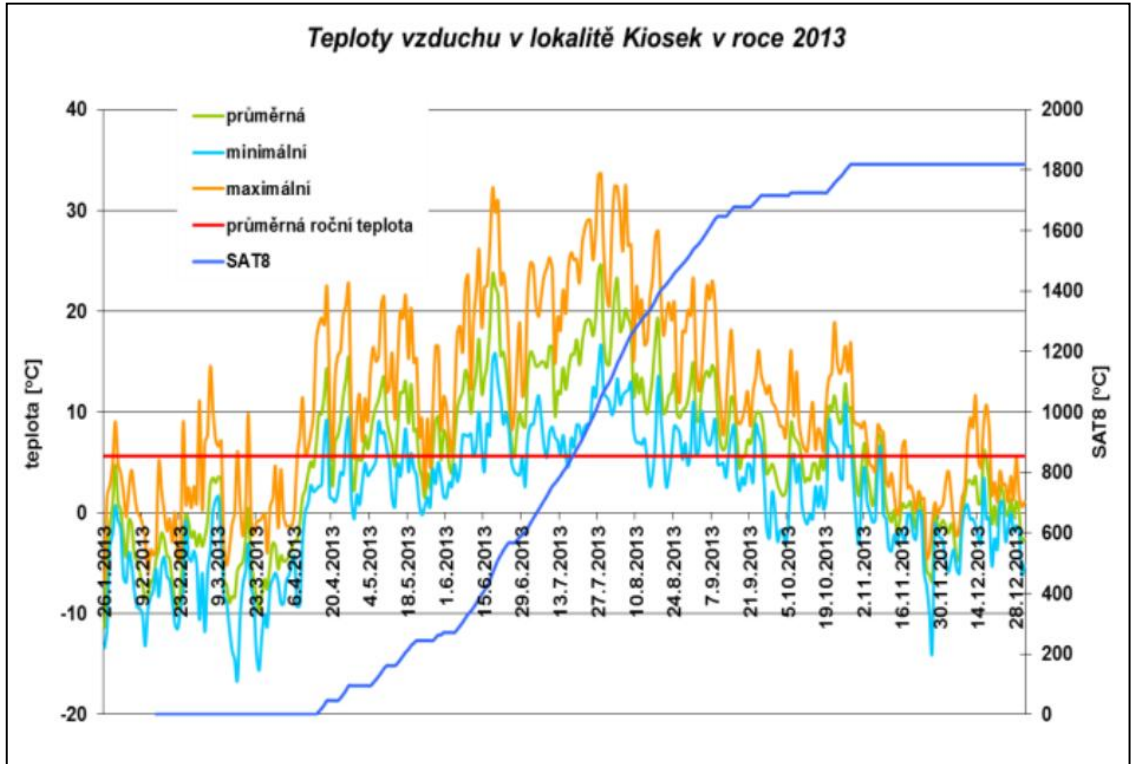


Obr. 7: Stanoviště vyšších poloh s absencí holorganických horizontů

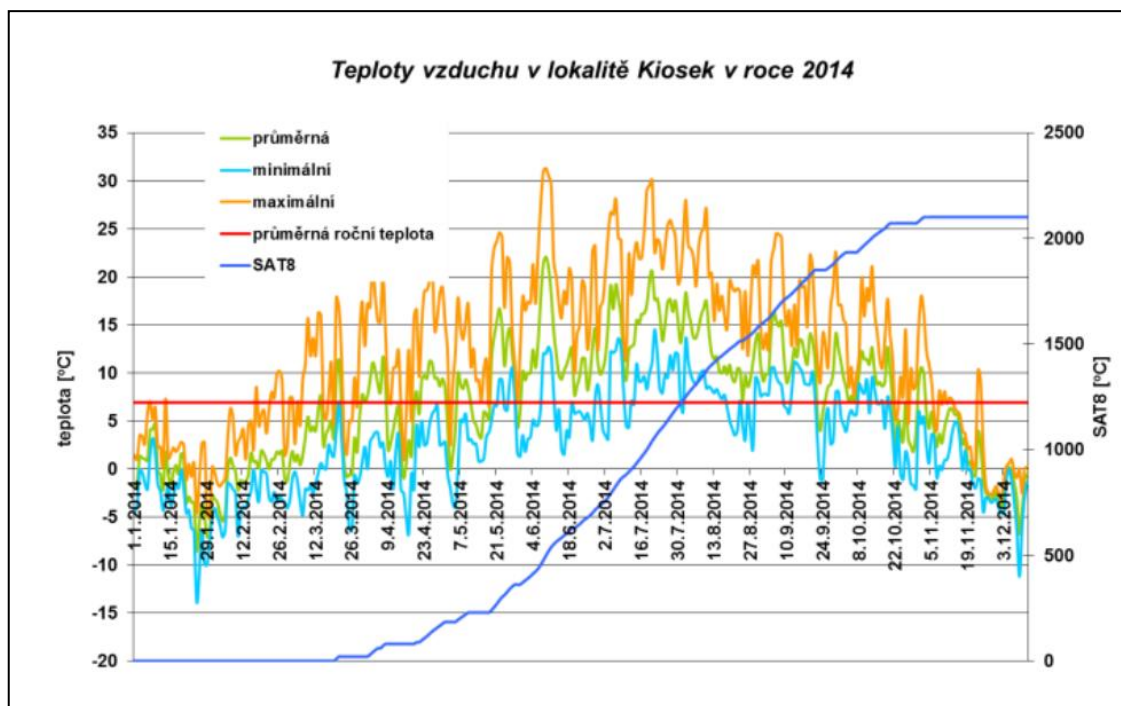
V definovaném 7. LVS byla v průběhu tříletého šetření na stanovišti atmosférická teplota značně rozkolísaná. V roce 2012 bylo dosaženo vysoké maximální teploty, která se pohybovala na konci srpna na úrovni cca 40 ° C (nejvyšší 3-leté maximum). V daném roce bylo dosaženo i nejnižšího teplotního rekordu, kdy teplota na začátku února klesala na úroveň -30 ° C. V dalších letech 2013 a 2014 se maximální teploty pohybovaly na úrovni cca 31 – 32 ° C (červen, červenec). Minimální pak v limitech -14 až -16 ° C (leden, březen). Byly tak diferencované i průměrné roční teploty, kdy v roce 2012 a 2013 s hodnotami 5,9 a 5,6 ° C odpovídaly spíše 5. LVS a v roce 2014 při průměrné teplotě 6,9 ° C dokonce 4. LVS. () () ()



Obr. 8: Průběh teploty vzduchu U Kiosku v roce 2012



Obr. 9: Průběh teploty vzduchu U Kiosku v roce 2013



Obr. 10: Průběh teploty vzduchu U Kiosku v roce 2014

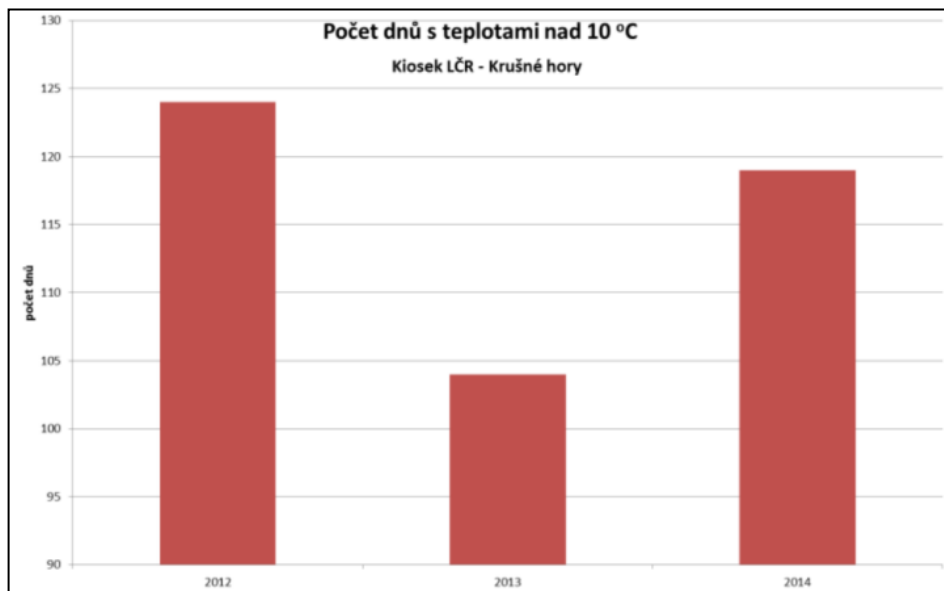
Kumulativní teploty nad 8°C nebyly v korelativním vztahu k průměrným teplotám a teplotám maximálním a minimálním, ale v důsledku rozkolísané celoroční tendence rok 2012 i rok 2014 s nejvyšší průměrnou teplotou se řadily do kategorie 5. jedlobukového stupně s tendencí do 4. LVS. Rok 2013 s hodnotou kumulativní teploty nad 8°C cca 1.820°C se spíše řadil do 6. LVS () (). Dle teplotního hodnocení v rámci tzv. krátké vegetační doby, definované počtem dnů, kdy průměrná denní teplota neklesá pod 10°C , inklinuje šetřené stanoviště více k hodnotám bukosmrkového stupně. V roce 2012 a 2014 počet dnů s těmito teplotami byl hodnotami 120 – 124 dnů řazen do kategorie 6. LVS a rok 2013 dokonce splňoval kritéria 7. – bukosmrkového stupně. (Obr. 13)



Obr. 11: Klimatická stanička – čidla



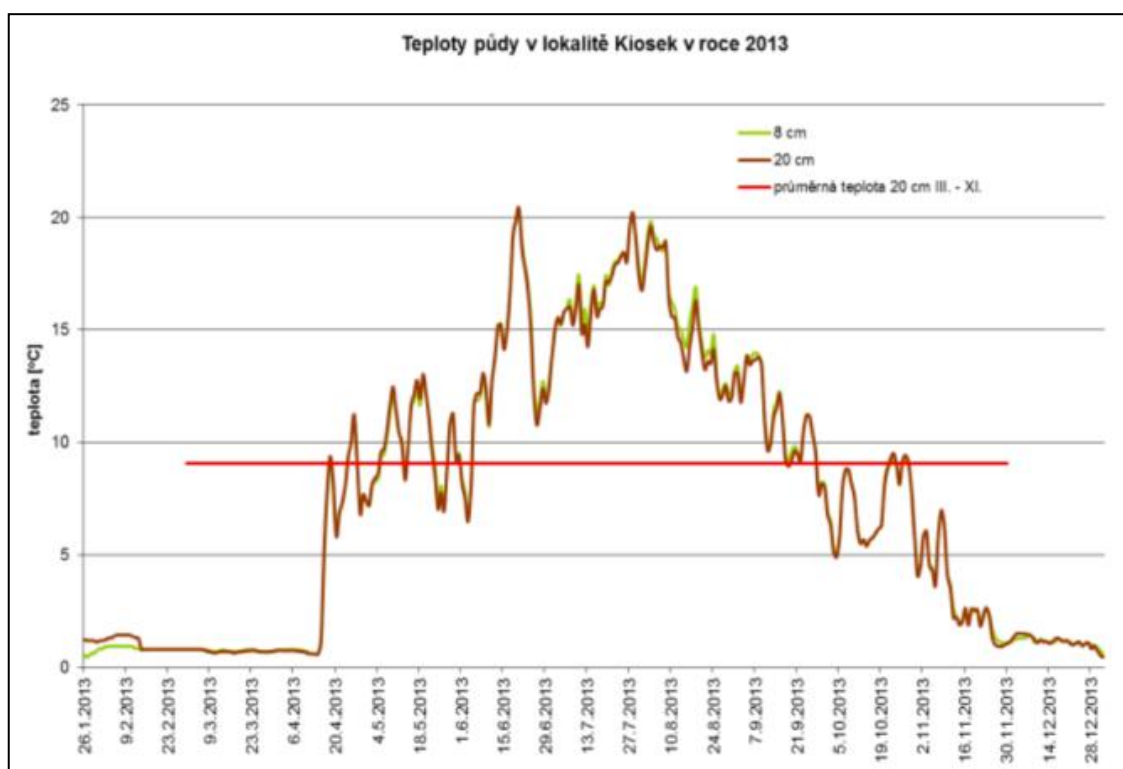
Obr. 12: Klimatická stanička



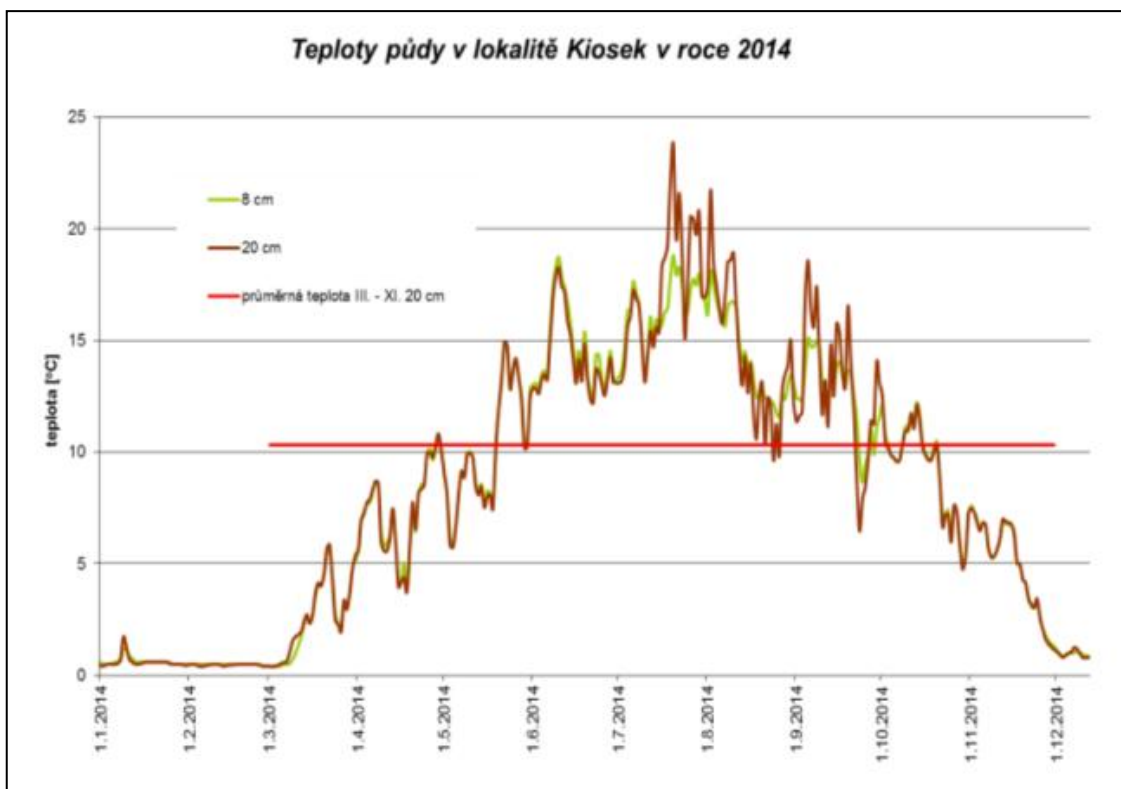
Obr. 13: Počet dnů s teplotou nad 10°C

I když byla za období 2012 – 2014 teplota relativně vyšší, její hodnoty se pohybovaly dlouhodobě na úrovni pod 10°C, včetně letních měsíců. Lze tedy považovat výše uvedené parametry průměrných a kumulativních atmosférických teplot za excesy dočasného charakteru. Paseka je dlouhodobě zalesňovaná a z hlediska chybějících přirozeně vyvinutých holorganických horizontů chybí i významnější produkce biomasy trávobylinného patra. Dochází tedy k jiným podmínkám v procesu pohlcování a vyzařování tepla než pod trávobylinným patrem případně smrkovým porostem.

Průměrná teplota půdy v hloubce 20 cm (10,3°C) je v tomto případě sice relativně nižší, ale maximum v podpovrchových vrstvách 8 cm je významně vyšší v 7. LVS daného degradovaného stanoviště v minulosti ošetřeného skarifikací svrchních půdních vrstev (23,8°C). Vytváří se rizikový faktor, který je nutno definovat a brát v úvahu. Záhřevnost půd úzce souvisí s krytem nadložního surového humusu a krytem trávobylinného patra, které na šetřené lokalitě U Kiosku více méně chybí.



Obr. 14: Teploty půdy U kiosku v roce 2013



Obr. 15: Teploty půdy U Kiosku v roce 2014

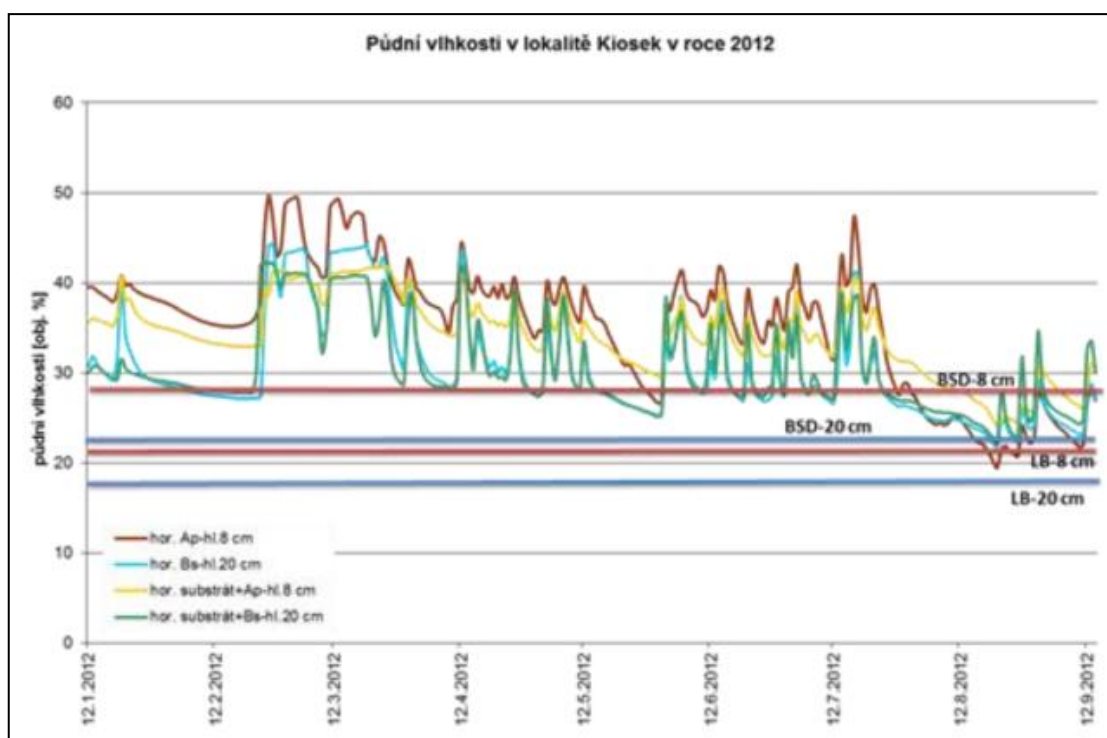
Klasifikačním kritériem dle teplotního režimu a průměrné teploty za březen až listopad v hloubce 20 cm zůstává dané stanoviště v kategorii mírně chladné korelující spíše s hodnotami 5. LVS. V letech 2012 a 2013 se tato průměrná teplota dostává pod hodnotu 10 stupňů (9,1 – 9,7 ° C), což již inklinuje k charakteristikám 6. LVS.

Důležité kritérium půdní vlhkosti, které je vázáno na prostředí lehčích půd kyselého krystalinika s nižším zastoupením fyzikálního jílu kategorie hlinitých písků, je dalším rizikovým faktorem šetřeného stanoviště. Úhrn srážek cca 850 mm za rok se pohybuje na úrovni 5. jedlobukového stupně. Je tedy menší než předpokládá poloha šetřené plochy. Snížený úhrn srážek definovaný pro 7. LVS (1050-1200 mm) s nevyrovnanou dotací a při deficitu nadložního surového humusu má negativní dopad na půdní ekosystémovou složku šetřeného porostu.

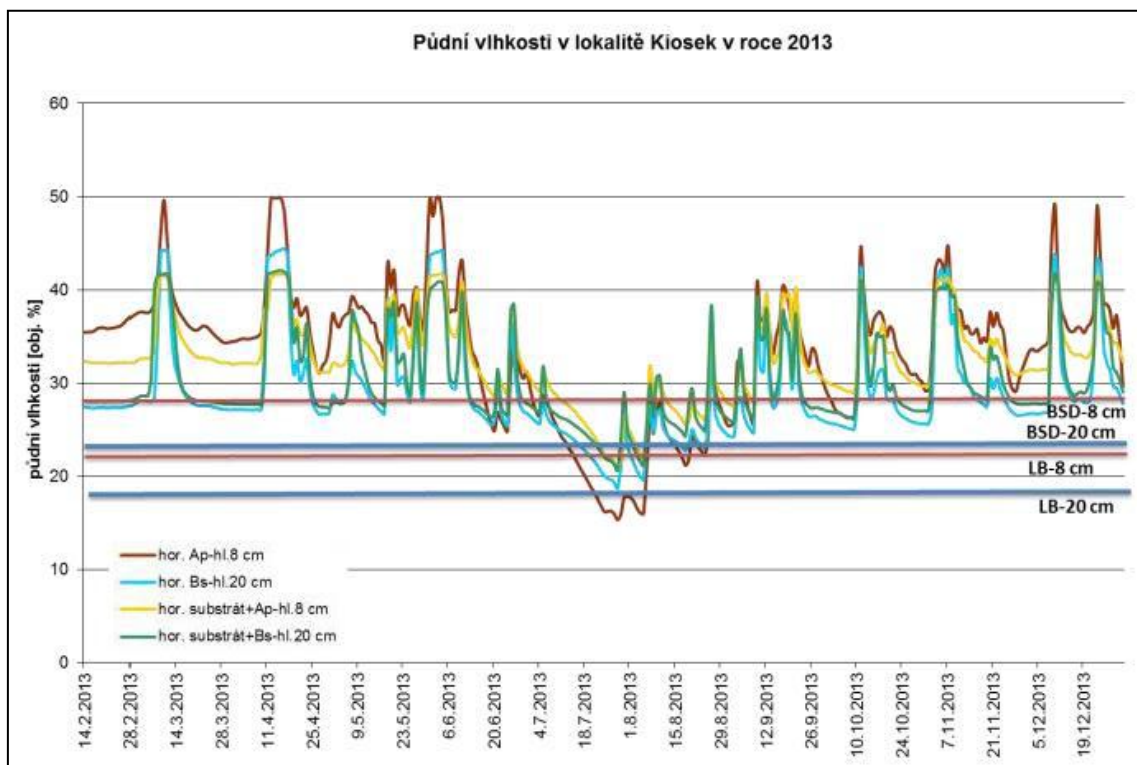
Tab. 11: Půdní hydrolimity pro stanoviště Kiosek

Hloubka (cm)	Bod vadnutí BV	Lentokapilární bod LB	Bod snížené dostupnosti BSD
8	11,5	22,7	28,4
20	8,3	18,3	23,5

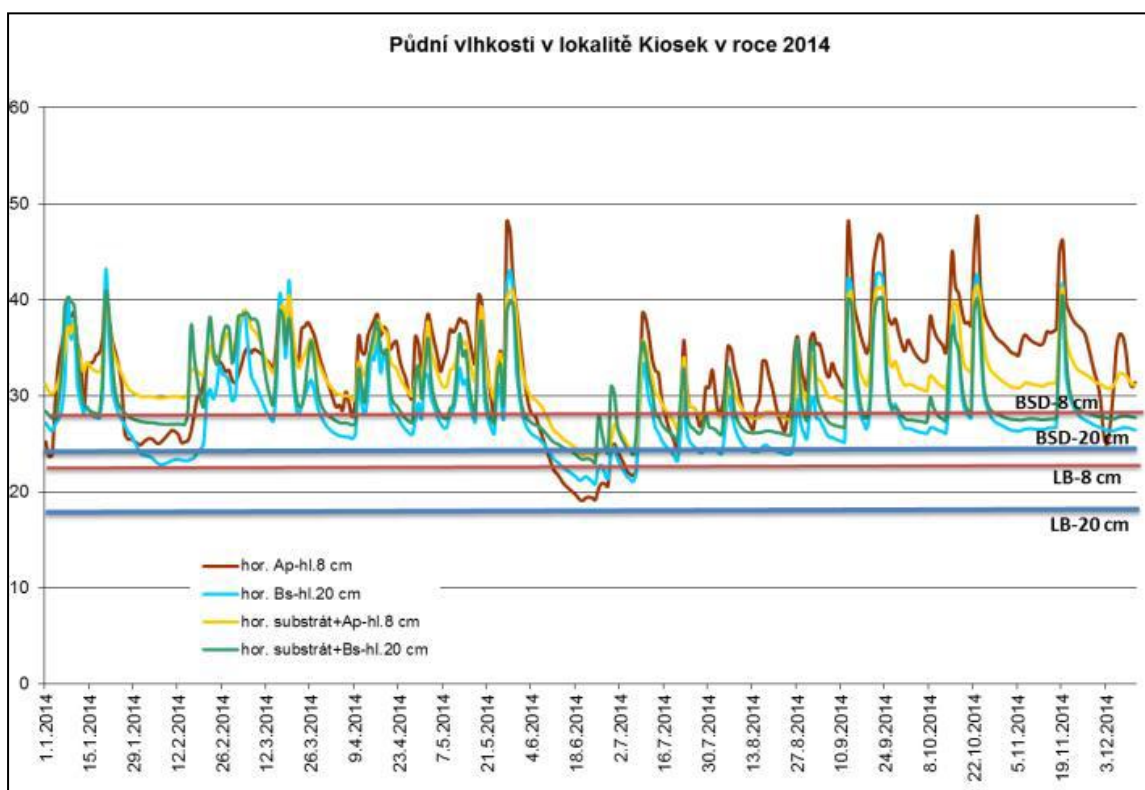
Sumarizačně lze za lokality vyšších poloh konstatovat, že hodnoty půdní vlhkosti se dostávají velice často pod hodnoty základních hydrolimitů () () definovaných sníženou dostupností pro vodu (BSD). Např. v roce 2013 se v 8 cm hloubky okamžitá půdní vlhkost (% obj.) pohybovala pod daným limitem cca 80 dnů, v roce 2014 pak 70 dnů () (). Pro kořenový systém mělce kořenícího *Picea abies* (L.) Karsten je to dlouhé období a může výrazně narušit metabolismus a zejména porostní výživu hořčíkem. Přísušky se projevují i do větších hloubek, kdy ve 20 cm se hodnoty okamžité vlhkosti klesají pod bodem snížené dostupnosti cca 17 dnů v roce 2013 a v roce 2014 dokonce 52 dnů. () () Prosušání půdního profilu a rizika z toho vyplývající jsou pro stanoviště 7. LVS devastující. Ve srovnání s nižšími polohami lesních ekosystémů s podstatně menším úhrnem srážek, je tento výsledek velice zajímavý.



Obr. 16: Půdní vlhkosti U Kiosku v roce 2012



Obr. 17: Půdní vlhkosti U Kiosku v roce 2013



Obr. 18: Půdní vlhkosti U Kiosku v roce 2014

5. Výsledky

5.1 Charakteristika organozemí

5.1.1 Charakteristika organozemí Třeboňské pánve

Rašeliniště na Třeboňsku jsou tradičně těženy pro výrobu substrátů a lázeňství. Mezi rašeliniště těžená na Třeboňsku patří lokality: Branná u Třeboně, Hranice.

5.1.1.1 Lokalita Branná u Třeboně

Rašeliniště v Branné u Třeboně lze charakterizovat jako přechodové. Rašelina je těžena na cca 40 ha a převládá rašelina substrátová tř. III a rašelina zahradnická a kompostová tř. III. Jedná se o rašeliniště mesotrofní spíše kyselé. Podle stupnice Von Post je stupeň rašeliny H6-H7.

5.1.1.2 Lokalita Hranice

Rašeliniště u obce Hrdlořezy s označením Hranice lze charakterizovat jako přechodové. Rašelina je těžena na cca 20 ha a převládá rašelina substrátová tř. II a rašelina zahradnická a kompostová tř. III. Jedná se o rašeliniště mesotrofní spíše kyselé. Podle stupnice Von Post se jedná o rašelinu H5-H6.

5.1.2 Charakteristika organozemí v Krušných Horách

Z rašelinišť v Krušných horách se jedná o lokalitu Hora Sv. Šebestiána. V rámci těžených ploch byly charakterizovány rašeliniště jako vrchovištní na Hoře Sv. Šebestiána. Jedná se o eutrofní rašeliniště. Rašelinu lze klasifikovat jako substrátovou tř. II a tř. III. Podle stupnice Von Post se jedná o rašelinu H3 – H5.

Pro účely testování v substrátech byla vybrána rašelina Substrátová tř. III z Hory Sv. Šebestiána.

5.2 Výběr a charakteristika pokusných ploch pro aplikaci rekultivačních substrátů

5.2.1 Výběr pokusných ploch

Pro potřeby testování substrátů byly vybrány plochy v Krušných horách, které odpovídaly charakteru degradovaných stanovišť. Jedná se o stanoviště, kde je za normálních okolností z důvodu nedostatku organické hmoty ve svrchních částech půdního profilu zakořeňování a odrůstání nově vysazeného sadebního materiálu značně obtížné, či přímo nemožné, jako důsledek degradace humusové vrstvy antropogenní skarifikací v osmdesátých letech dvacátého století.

- Lokalita Windmantel, LS Klášterec, revír Klínovec, porost 260 A3a, GPS souřadnice: (N 50°25'659''; E 13°00'992'')
- Lokalita U Kiosku (Kiosek), LS Klášterec, revír Klínovec porost 317 B3, GPS souřadnice (N 50°23'879''; E 13°01'224'')



Obr. 19: Lokalita Windmantel bez humusové vrstvy.



Obr. 20: Lokalita Windmantel, těžce zalesnitelné stanoviště cca po dobu 30 let.

5.2.2 Charakteristika pokusných ploch

Pro lokalitu Windmantel byla zpracována kompletní pedologická charakteristika. Pro lokalitu U kiosku byly zpracovány fyzikální vlastnosti půdy na stanovišti.

5.2.2.1 Lokalita Windmantel

V základní vrstvě tvoří geologický materiál dvojslídny svor přecházející převážně muskovitického a středně zrnitého charakteru s malou příměsí biotitu. Vytváří písčitou

texturu zvětralin. Písčitá textura s absencí holorganických horizontů morových forem, je zde charakterizována malou iniciální cca 1 – 2 cm silnou vrstvou nadložního humusu. Z hlediska vododržnosti a nutričního potenciálu jsou tyto plochy také velmi rizikové. Stanoviště definované původním lesním typem 7K1 je při velmi nízkém obsahu organické hmoty velmi rizikové. Kořenový systém *Picea abies* (L.) Karsten je podpovrchově distribuován do mělké svrchní vrstvy a je tak vystaven působení krátkodobých přísušků. Paradoxně i v těchto nadmořských výškách s relativně vysokým srážkovým úhrnem může docházet k dílčí hydrické deficienci, zejména pak na konci letního období, kdy klesá půdní vlhkost až na hranici 20 % objemových. Vrstevnicově orientované valy a mírný až střední svah jsou jediným pozitivním faktorem stanoviště. V důsledku svahové laterální vody mohou být po svahu obohacované části ploch a může tak být saturována nejen nutriční, ale v dlouhých svazích i hydrická potřeba těchto podsadeb. Při nízké dotaci organickým materiálem přistupuje riziko nedostatku celkové zásoby přístupných živin, které mohou inkriminovat k výrazně nutriční nerovnováze zejména z pohledu nedostatečné výživy.

5.2.2.1.1 Terén

Lokalita Windmantel se nachází v porostu 260A3 v horní části pravidelného svahu se středním sklonem 10 – 12° ve druhé části plochy přecházející do 15° sklonu, expozice VVJ 100 – 110°, ve svahu příčně nahnuté liniové valy. Stanoviště v nadmořské výšce cca 930 m skarifikované plochy v minulosti povrchově bez výraznějších nerovností přerušované po cca 50 m liniovými organominerálními valy, které jsou vrstevnicovitě uspořádány. Stanoviště je součástí rozsáhlého středního svahu přerušovaného lesní cestou, sadební materiál opět objektivně kvalitního původu PLO 01, LVS 7 výška při výsadbě 25 až 35 cm s kořenovým kuželem.

5.2.2.1.2 Popis porostu

Potlačená smrková mlazina se silnými rozvolněním s diskoloračními znaky. V I. etáži se nachází smrkový porost o stáří třiceti let, jednotlivé stromy se však vyskytují pouze sporadicky na celé ploše. V horní části plochy se nachází ojedinělé břízy, ve spodní části ojedinělé buky, zejména v těsné blízkosti valu.

Bylinné patro vykazuje pokryvnost cca 90 % a je tvořeno zejména druhy *Calamagrostis villosa* (Chaix) J. F. Gmel. cca 70 %, *Vaccinium myrtillus* (L.) cca 10 % *Avenela flexuosa* (L.) Drejer cca 15 %, *Juncus squarrosus* (L.) cca 4 %.

5.2.2.1.3 Půdní typ

Z hlediska půdní klasifikace můžeme stanoviště klasifikovat jako podzol modální antropogenní na svoru s biotitem (Obr. 21).

5.2.2.1.4 Půdní profil

Iniciální humusová vrstva téměř nevyvinutá.

0 – 1 cm opad trav a bylin pomístně SM jehlice.

1 – 4 cm organominerální drnovina silně prokořeněná s různou příměsí humusových látek.

- Horizont Aph

4 – 13 cm hnědá až šedohnědá ve svrchní části horizontu tmavohnědá, nepravidelné barevnosti, hlinitá, písčítá, kyprá, drobivá zemina, středně zrnitá 2 – 3 mm, s náznakem přirozeného hutnění (slída), skelet 30 % převážně ve formě hrubého štěrku až kamene (40 – 60 mm) s příměsí drobného a zvětralého štěrku (10 – 30 mm) a ojediněle drobný kámen 70 – 901 mm, mírně vlhká, mírně prokořeněná $60 - 80 \text{ ks/dm}^2 < 2\text{mm}$, s ostrým 2 cm barevným přechodem dospodu, horizont antropogenně ovlivněný ze skarifikace.

- Horizont Ape

13 – 20 cm hnědorezivá až tmavě rezivohnědá, mírně v barevnosti nepravidelná, písčitohlinitá až hlinitopísčitá, velmi mírně ulehlá, ne příliš obohacená humusem, převážně středně drobtovitá (2 – 4 mm), mírně vlhká, mírně prokořeněná 30 – 40 ks/dm² < 2 mm, skelet 30 %, převážně ve formě středního až hrubého štěrku 30 – 60 mm, horizont s vlnitým zřetelným 4 – 5 cm barevným přechodem dospodu.

- Horizont Bhs

20 – 69 cm rezivá, hlinitopísčitá velmi mírně drobivá, převážně středně zrnitá 2 – 3 mm destičkovitého tvaru, převládajících slídků, vlhká, slabě až mírně prokořeněná 20 – 35 ks/dm², více méně stejnoměrně v celém horizontu, skelet 20 % převážně ve formě středního až hrubého štěrku 30 – 60 mm s ojedinělým drobným kamenem 70 – 90 mm horizont s mírným středně ulehlým 5 – 8 cm barevným přechodem dospodu.

- Horizont Bs

69 – 82 cm šedorezivá, písčitá, mírně ulehlá, drobivá, jemně zrnitá, vlhká zemina, skelet 60 – 70 % převážně ve formě drobného kamene 60 – 90 mm a štěrku 20 – 40 mm do 75 cm ojediněle prokořeněná vysoký podíl zvětralé slídky, horizont s mírným mírně vlnitým 8 – 10 cm barevným přechodem dospodu.

- Horizont B/C

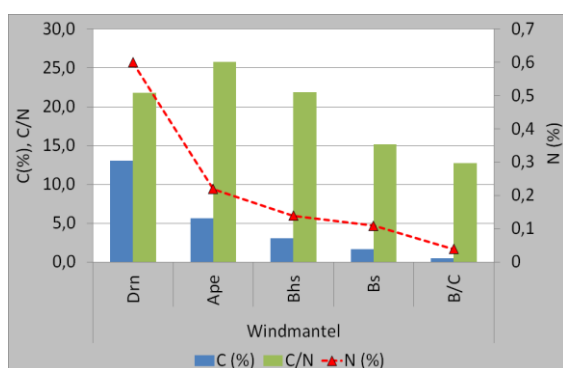
82 – 110 cm šedá rezivošedá, písčitá, slídkatá zvětralina, středně ulehlá, drobivá, elementární až jemně zrnitá neprokořeněná, vlhká, skelet 85 – 95 %, převážně ve formě středního kamene 90 – 170 mm, ojediněle hrubý kámen 250 – 300 mm.



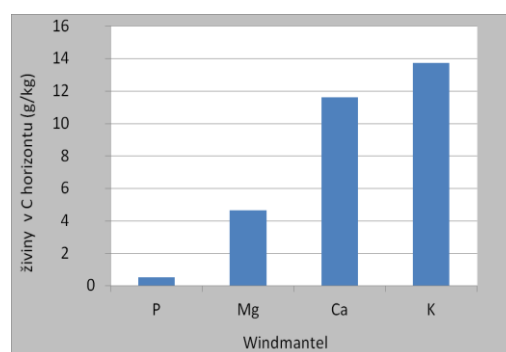
Obr. 21: Půdní profil, porost 260A3, lokalita Windmantel, stanoviště je bez dotace organ. látek a svrchní horizonty jsou v iničiálním stadiu.

5.2.2.1.5 Chemické vlastnosti půdy

Písčítá zvětralina velmi kyselé horniny je na lokalitě Windmantel v důsledku převažujícího muskovitu minerálně slabší horninou. Vytváří půdní prostředí s výraznou predispozicí k podzolizačním procesům. Detekční charakteristika poměru vytváří v rámci přirozeného podzolizačního procesu Feo: Fet = 45 – 50. Dochází ještě k vyšší přirozené degradaci půdy. I v tomto případě je více aktuálním pro celkovou produkci a zdravotní stav rozhodující faktor opírající se o koloběh z organické depozice porostní skladby, která je však v současné době cca po dobu třiceti let na úrovni iniciálního stadia. Drnovina 0 – 3 (4) cm vykazuje relativně nízký obsah C – látek a při vysoké konkurenci kořenového systému drnu je vzhledem k *Picea abies* (L.) Karsten nastavena na rizikově antagonistické prostředí. Poměr C:N (22 – 26) do 30 cm je nevyhovující zejména vzhledem k fixaci N. (Obr. 22) Kořenový systém *Picea abies* (L.) Karsten bude tak v konfrontaci s drnovinou distribuován zejména do periodicky prosychajících (JV expozice) svrchních půdních vrstev 0 – 3 cm. Obsah makrobioelementů v substrátových horizontech C₁ v hloubkách cca 100 cm souvisí s charakterem horniny na lokalitě Windmantel. Muskovitický svor je minerálně slabá hornina, což prokázal i celkově nižší obsah makrobioelementů. Velmi nízký je celkový obsah Mg (4,7 g.kg⁻¹), P (0,5 g.kg⁻¹), ale střední hodnota Ca je (11,6 g.kg⁻¹). (Obr. 23) Draslík je svým celkovým obsahem v substrátových horizontech na středně nižší úrovni, 13,7 g.kg⁻¹ je běžná koncentrace, kterou vykazují horniny kyselého charakteru s vysokým obsahem aluminosilikátů ve formě živců.

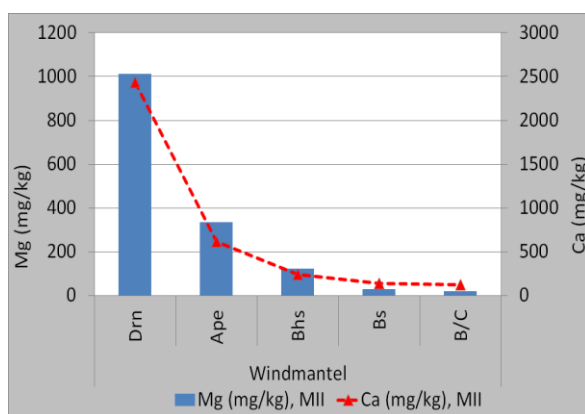


Obr. 22: Obsah C, N a poměr C/N v jednotlivých horizontech půdní sondy na výzkumné ploše Windmantel.

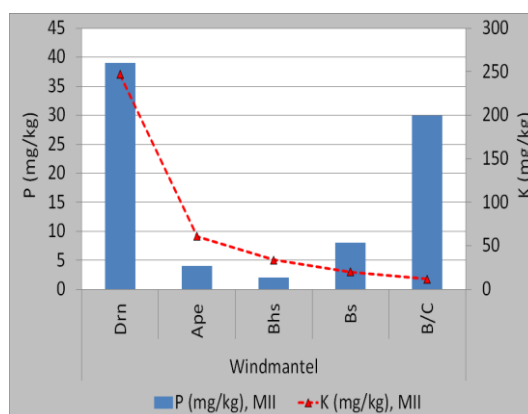


Obr. 23: Obsah celkových živin v substrátovém horizontu C na výzkumné ploše Windmantel.

Obsah přístupných živin na lokalitě Windmantel nekoreluje s celkovou analýzou půdotvorného substrátu. Je to opět otázka související převážně s celoplošným povrchovým vápněním v minulosti. Rizikově navýšil zejména Mg (v organominerálním horizontu 4 – 13 cm na neúnosných 337 mg.kg^{-1} , 13 – 20 cm 127 mg.kg^{-1}), v drnovině (0 – 5 cm), kde převažuje humifikační frakce dokonce na výrazně rizikové hodnoty 1.012 mg.kg^{-1} , které zůstávají vysoké i při přepočtu na humus $486,7 \text{ mg.kg}^{-1}$. Teprve v hloubce cca 30 cm se dostává Mg na středně nízké hodnoty Mg (40 mg.kg^{-1}), které jsou pro soubory lesních typů 7 K stále na velmi dobré úrovni. (Obr. 24) Obsah vápníku je sice také rizikový Ca (619 mg.kg^{-1}), ale pouze do hloubky cca 15 cm lze uvažovat o antagonismu. S hloubkou jeho koncentrace rychle klesá na běžnou úroveň kyselých horských půd. Ve svrchní půdní vrstvě (cca do 30 cm) tvoří dvojjvalentní prvky výrazný antagonistický nárazník pro kationty jednovalentních živin (K^+ , NH_4^+). Zejména pak NH_4^+ , který je preferován ve výživě *Picea abies* (L.) Karsten může působit N – deficienci a diskoloraci asimilátů uvedené dřeviny. Hodnoty K se pohybují v hloubce do 15 cm na střední úrovni. (Obr. 25) Antagonismus se projevil i na sorpčním komplexu. Extrémně vysoký poměr Mg:K je na úrovni 10 – 20:1 a je významně rizikový z aspektu Mg – antagonismu až do hloubky cca 30 cm.



Obr. 24: Obsah přístupného Ca a Mg v jednotlivých horizontech půdní sondy na výzkumné ploše Windmantel.

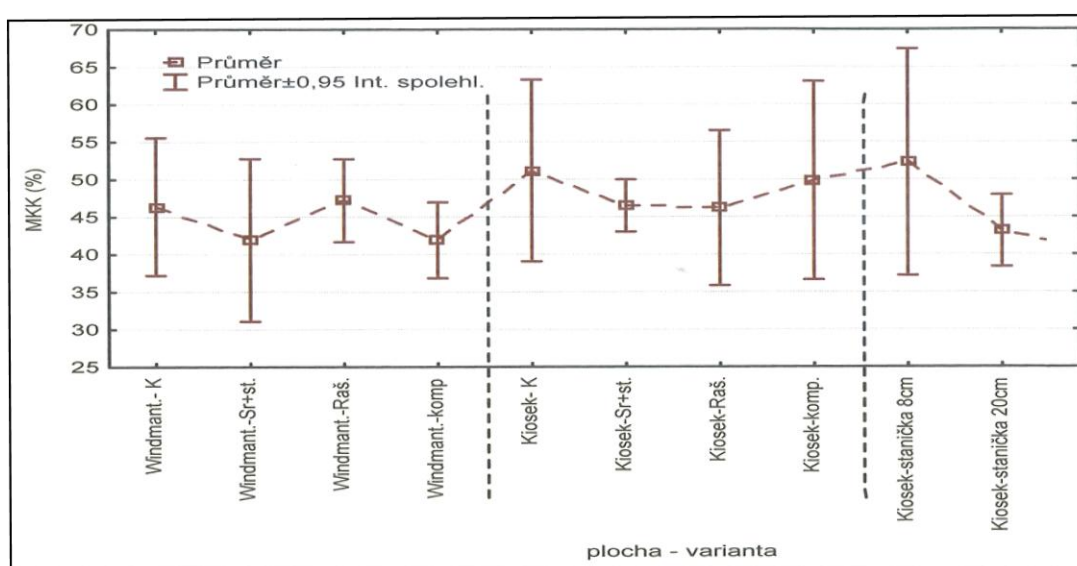


Obr. 25: Obsah přístupného K a P v jednotlivých horizontech půdní sondy na výzkumné ploše Windmantel.

5.2.3.3 Fyzikální vlastnosti půd na pokusných plochách

5.2.3.3.1 Maximální kapilární kapacita (MKK)

Maximální kapilární kapacita (MKK) je hydrolimit, kdy jsou vodou zaplněny kapilární, a část semikapilárních pórů. Je významně ovlivněna jak texturou půdy, tak obsahem humusu. Na lokalitě Windmantel a U Kiosku (Obr. 26) se hodnoty MKK pohybují v rozmezí průměrně od 53 % - lokalita U Kiosku do 42 % lokalita Windmantel. Půdu lze tedy charakterizovat jako silně vododržnou. Mezi jednotlivými variantami nejsou statisticky významné rozdíly.

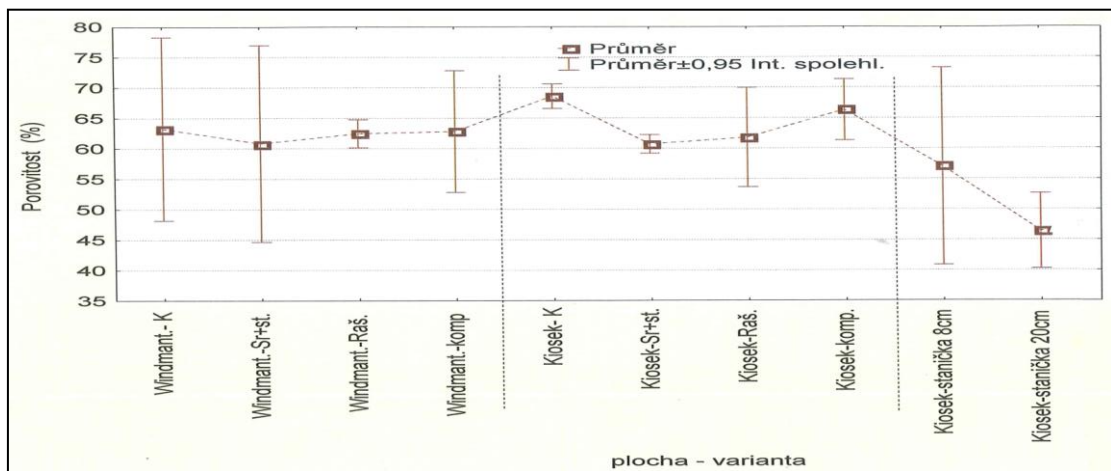


Obr. 26: MKK na jednotlivých plochách lokality Windmantel a U Kiosku

Na obou sledovaných lokalitách se hodnoty MKK pohybují v rozmezích obvyklých pro většinu lesních půd ČR a nedosahují extrémních hodnot, které by významněji mohly ovlivnit účinky aplikovaných substrátů. Na základě předběžného statistického zhodnocení lze konstatovat, že hodnoty MKK jsou na jednotlivých lokalitách srovnatelné a nebyly zde zjištěny významné rozdíly. Maximální kapilární kapacita se mezi jednotlivými lokalitami liší pouze v rámci daném půdotvorným substrátem a přirozenými půdotvornými procesy, charakteristickými pro konkrétní lokalitu. Výchozí fyzikální vlastnosti tak dovolují vzájemné porovnání zkoumaných lokalit i v ostatních sledovaných parametrech.

5.2.3.3.2 Pórovitost (P)

Pórovitost (P) je dána podílem půdních pórů k celkovému objemu půdy. Je ovlivněna řadou faktorů. Mezi které řadíme hlavně obsah humusových látek, které pórovitost zvyšují, stejně jako vyšší obsah jílových částic. Naopak u písčitéch půd pórovitost klesá. Pórovitost má vliv především na teplotní režimy v půdě, dále pak poměrné zastoupení kapilárních / nekapilárních pórů výrazně ovlivňuje infiltraci srážek, rychlost provlhčení půdního profilu srážkami a náchylnost půd k vysychání.

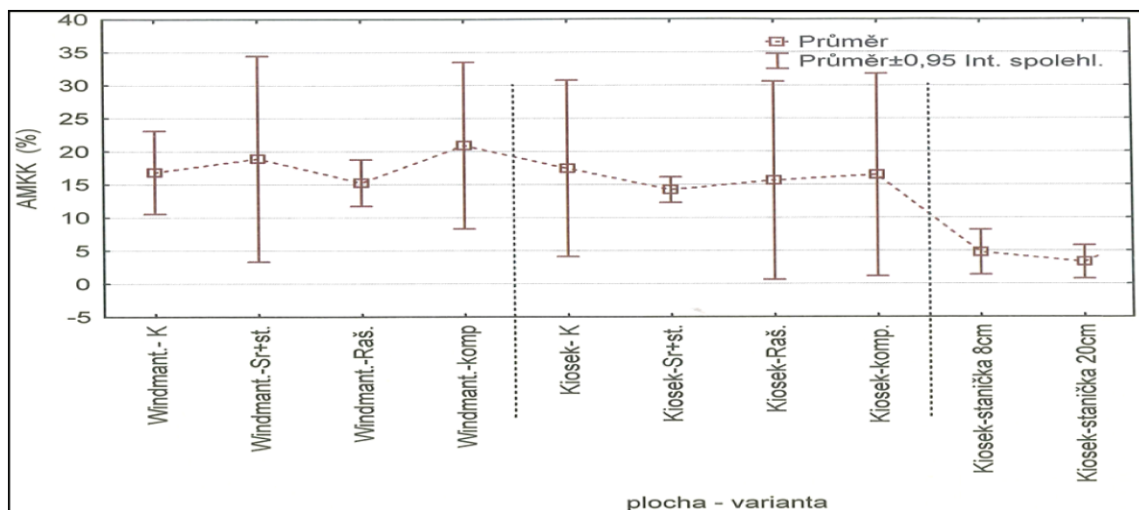


Obr. 27: Pórovitost na jednotlivých plochách lok. Windmantel a U Kiosku

Na lokalitách Windmantel a U Kiosku (Obr. 27) se průměrné hodnoty pórovitosti pohybují v rozmezích 67,5 % lokalita Kiosek až 60,5 lokalita Windmantel (resp. 47,1 % u meteostanice, kde jsou však uvedeny hodnoty z hloubek korespondujících s hl. čidel pro měření vlhkosti). Půdy lze charakterizovat jako středně až vysoce pórovité. Vysoká pórovitost je zde způsobena vyšším obsahem jílnatých částic v půdě. To má však za následek vysoký obsah kapilárních a nižší obsah nekapilárních pórů, projevující se sníženou schopností infiltrace srážkových vod. Hodnoty pórovitosti se na obou sledovaných lokalitách pohybují v rozmezích příznivě ovlivňujících produkční potenciál půd a nevybočují z průměrných hodnot popisovaných pro lesní půdy ČR. Hodnoty pórovitosti jsou u všech sledovaných ploch srovnatelné a dovolují tak vzájemné porovnání zkoumaných lokalit i v ostatních sledovaných parametrech.

5.2.3.3 Minimální vzdušná kapacita (A_{MKK})

Minimální vzdušná kapacita (A_{MKK}) vyjadřuje množství vzduchu v půdě v okamžiku, kdy jsou všechny kapilární póry naplněny vodou. Nízké hodnoty vyjadřují náchylnost půd k zamokřování, zpomalují humifikaci a další biologické procesy v půdě, snižují hloubku prokořenění. Vysoké hodnoty ukazují na náchylnost stanoviště k vysychání.



Obr. 28: A_{MKK} na jednotlivých plochách lokality Windmantel a U Kiosku

Hodnoty A_{MKK} se na lokalitě Windmantel a U Kiosku (Obr. 28) pohybují v rozmezí, které lze charakterizovat jako středně provzdušněné. Hlubší horizonty (viz. u meteostanice) jsou slabě provzdušněné. Hodnoty A_{MKK} zde dosahují průměru 4 %.

5.3 Rekultivační substrát

Na pokusné ploše Windmantel byly aplikovány experimentální substráty EXPM1, EXPM 2 a EXPM 3. () Na pokusné ploše U Kiosku byl aplikován experimentální substrát EXPM1, EXPM 2.



Obr. 29: Sazenice *Picea abies* (L.) Karsten zasazené v různých substrátech a kontrolní výsadba

5.3.1 Vyhodnocení vlivu aplikovaných substrátů na výživu sazenic *Picea abies* (L.) Karsten

5.3.1.1 Rok 2012

5.3.1.1.1 Lokalita Windmantel (W)

- Kontrolní plocha (K)

Z hlediska celkové úrovně výživy na kontrolní ploše lze konstatovat, že výživa hlavními živinami je nevyrovnaná. Obsah dusíku je 0,78 %, obsah fosforu: 1,59 g/kg, obsah draslíku: 7,42 g/kg, obsah vápníku: 3,95 g/kg, obsah hořčíku: 1,32 g/kg.

- Plocha s EXPM 1 (Raš + S.R + st)

Obsah dusíku je: 0,86 %, obsah fosforu: 1,62 g/kg, obsah draslíku: 6,85 g/kg, obsah vápníku: 3,61 g/kg, obsah hořčíku: 1,18 g/kg.

- Plocha s EXPM 2 (Komp.)

Obsah dusíku je: 1,0 %, obsah fosforu: 1,98 g/kg, obsah draslíku: 8,59 g/kg, obsah vápníku: 5,10 g/kg, obsah hořčíku: 1,41 g/kg.

- Plocha s EXPM 3 (Raš + Lh)

Obsah dusíku je: 0,81 %, obsah fosforu: 1,63 g/kg, obsah draslíku: 6,49 g/kg, obsah vápníku: 3,76 g/kg, obsah hořčíku: 1,4 g/kg.

5.3.1.1.2 Lokalita U Kiosku

- Kontrolní plocha (K)

Z hlediska celkové úrovně výživy na kontrolní ploše lze konstatovat, že výživa hlavními živinami je nevyrovnaná. Obsah dusíku je 0,81 %, obsah fosforu: 1,26 g/kg, obsah draslíku: 4,46 g/kg, obsah vápníku: 2,52 g/kg, obsah hořčíku: 1,2 g/kg.

- Plocha s EXPM 1 (Raš + S.R + st)

Obsah dusíku je: 0,73 %, obsah fosforu: 1,26 g/kg, obsah draslíku: 7,2 g/kg, obsah vápníku: 3,53 g/kg, obsah hořčíku: 1,16 g/kg.

- Plocha s EXPM 2 (Komp.)

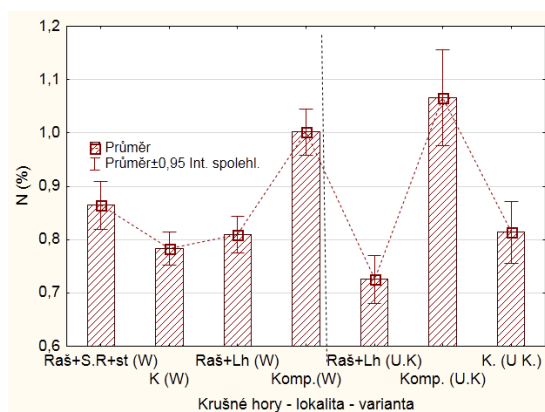
Obsah dusíku je: 1,07 %, obsah fosforu: 1,72 g/kg, obsah draslíku: 6,93 g/kg, obsah vápníku: 3,27 g/kg, obsah hořčíku: 1,02 g/kg.

5.3.1.1.2 Hodnocení

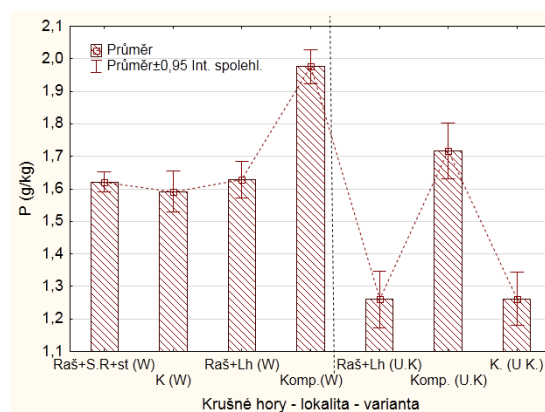
Výrazně deficitní kareční dusíkatou výživu () vylepšuje kompostový substrát EXPM2, který je i z aspektu obsahu živin nejvyšší. Hodnoty, které jsou pod hranicí karence 0,9 – 1,0 % N, se v průběhu vegetačního období dostávají na úroveň přijatelných limitů spodního karečního optima cca 1,0 – 1,1 % N. I takovou výživu však můžeme považovat za nízkou.

Také P () je aplikací kompostové směsi navyšován z $< 1,3 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ na hodnoty optimalizovaných koncentrací cca $1,7 - 1,9 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$. Na skarifikovaných stanovištích jsou pomocí kompostu navyšovány i ty prvky, které jsou na těchto plochách ve výživě bezproblémové. Vápník () na hodnotu $5,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ oproti původním nutričním poměrům na plochách kontrolních, kde kolísá při hranici spodního optima $3,5$. Mg je na optimální až přijatelné úrovni, podobně K (), který se dostává pod limit optimálních hodnot $5,0 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$ pouze na plochách kontrolních. Po aplikaci kompostu je navyšován na $7,0 - 8,5 \text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$.

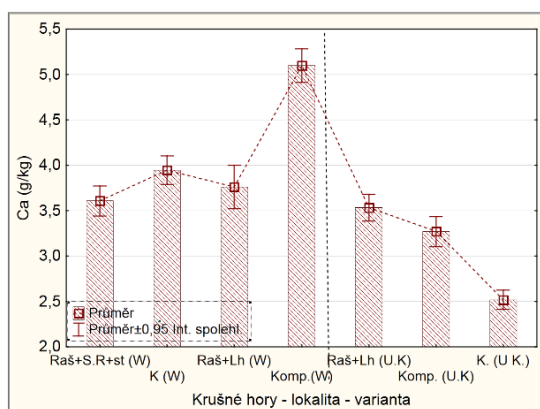
Výrazně degradovaná stanoviště písčitého (písčité hlíny) a přirozeně acidifikačního charakteru bez obsahu organickým materiálem, jsou charakteristická pro plošně významný podíl Krušných hor. V první fázi jednoletého vlivu organických substrátových směsí v rámci revitalizační technologie je neoptimálnější směsí EXPM2. Živiny v tomto substrátu



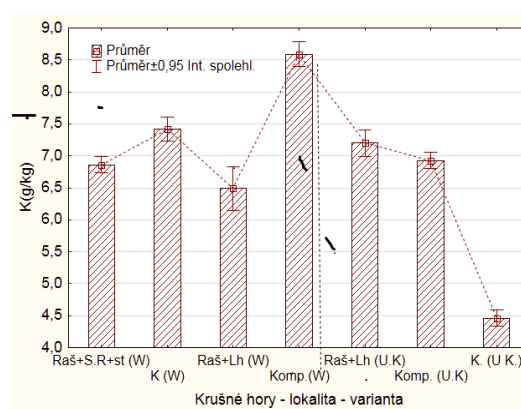
Obr. 30: Foliarní koncentrace N u sazenic na experimentálních plochách.



Obr. 31: Foliarní koncentrace P u sazenic na experimentálních plochách



Obr. 33: Foliarní koncentrace Ca



Obr. 32: Foliarní koncentrace K

výrazně převyšují běžné maximální hodnoty organických podílů (frakcí nadložního surového humusu) na stanovišti, u vápníku cca 20 krát, u důležitého K 4 krát, u Mg 1,5 krát a P 2 krát, N zaujímá 4 % z organické frakce.

5.3.1.2 Rok 2013

5.3.1.2.1 Lokalita Windmantel

- Kontrolní plocha

Obsah dusíku je 1,05 %, obsah fosforu: 1,61 g/kg, obsah draslíku: 4,9 g/kg, obsah vápníku: 4,01 g/kg, obsah hořčíku: 1,39 g/kg.

- Plocha s EXPM1

Obsah dusíku je: 1,09 %, obsah fosforu: 1,48 g/kg, obsah draslíku: 5,09 g/kg, obsah vápníku: 4,63 g/kg, obsah hořčíku: 1,23 g/kg.

- Plocha s EXPM 2

Obsah dusíku je: 1,62 %, obsah fosforu: 1,72 g/kg, obsah draslíku: 5,91 g/kg, obsah vápníku: 5,02 g/kg, obsah hořčíku: 1,34 g/kg.

- Plocha s EXPM 3

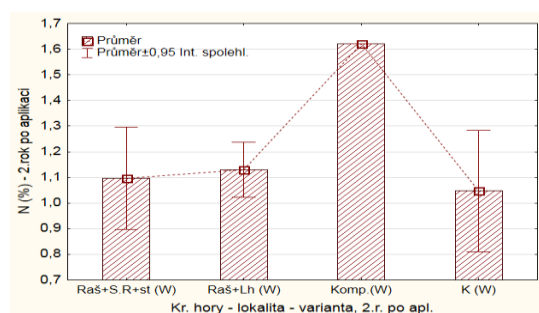
Obsah dusíku je: 1,15 %, obsah fosforu: 1,58 g/kg, obsah draslíku: 5,3 g/kg, obsah vápníku: 4,46 g/kg, obsah hořčíku: 1,38 g/kg.

5.3.1.2.2 Hodnocení

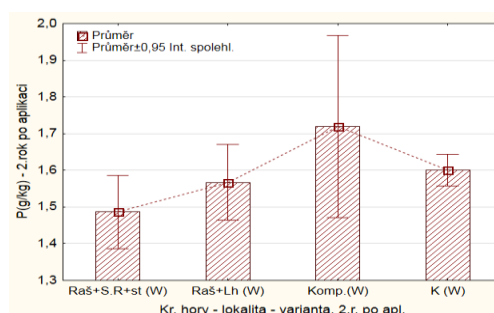
Nutriční poměry byly nejlépe saturovány aplikací kompostu s rašelinou (EXPM2), kde výživa dusíku se z kontrolních karečních limitů 0,9 % N v biomase dostává na úroveň nadstandardní koncentrace těchto porostů 1,6 % N. Výživa při aplikaci cca 10 - 12 l rašelinových substrátů k sazenici s příměsí draselného Silvamixu R se stimulátorem

(EXPM1) a rašelinového substrátu s Lignohumátem (EXPM3) se příliš od kontrolních ploch neliší a pohybuje se na úrovni hraničních hodnot karence 1,0-1,1 % N. Nutriční saturace draslíkem se u těchto směsí navyšuje jen nepatrně. Oproti plochám kontrolním $4,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ překračuje rizikový limit $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ draslíku jen nepatrně.

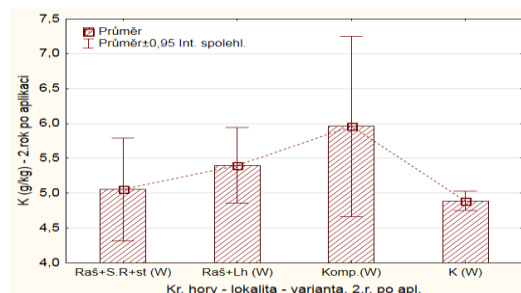
Optimálním substrátem optimalizujícím výživu *Picea abies* (L.) Karsten na výrazně degradovaných stanovištích se stává kompostovaná směs s rašelinou (EXPM2). Navyšuje dusík, fosfor, draslík a také síru, která se dostává z nízkého obsahu cca $0,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ na optimalizovaných $0,8 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$. U všech směsí je hořčík a vápník ve výživě na vysoké úrovni. Souvisí to s celoplošným intenzivním leteckým vápněním v minulosti.



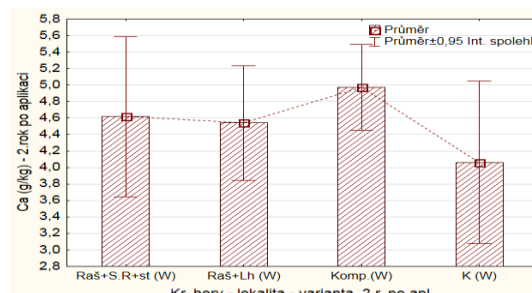
Obr. 34: Porovnání průměrných hodnot koncentrace dusíku v jehličí smrku ztepilého pro jednotlivé varianty substrátu, výzkumná plocha Windmantel



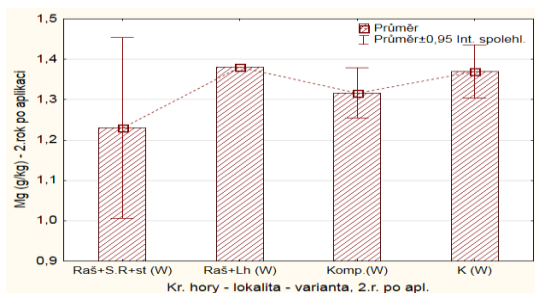
Obr. 35: Porovnání průměrných hodnot koncentrace fosforu v jehličí smrku ztepilého pro jednotlivé varianty substrátu, výzkumná plocha Windmantel



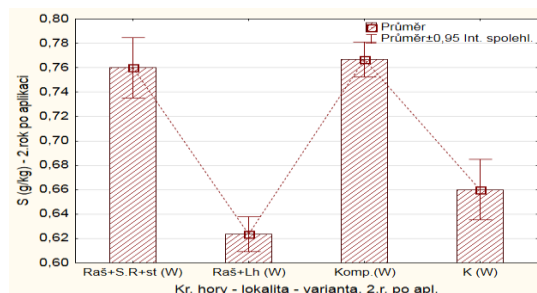
Obr. 36: Porovnání průměrných hodnot koncentrace draslíku v jehličí smrku ztepilého pro jednotlivé varianty substrátů, výzkumná plocha Windmantel



Obr. 37: Porovnání průměrných hodnot koncentrace vápníku v jehličí smrku ztepilého pro jednotlivé varianty substrátů, výzkumná plocha Windmantel



Obr. 38: Porovnání průměrných hodnot koncentrace hořčíku v jehličí smrku ztepilého pro jednotlivé varianty substrátů, výzkumná plocha Windmantel



Obr. 39: Porovnání průměrných hodnot koncentrace síry v jehličí smrku ztepilého pro jednotlivé varianty substrátů, výzkumná plocha Windmantel

5.3.1.3 Rok 2014

5.3.1.3.1 Lokalita Windmantel

- Kontrolní plocha (K)

Obsah dusíku je 0,97 %, obsah fosforu: 1,74 g/kg, obsah draslíku: 4,47 g/kg, obsah vápníku: 4,32 g/kg, obsah hořčíku: 1,41 g/kg.

- Plocha s EXPM1 (Raš + S.R + st)

Obsah dusíku je: 1,27 %, obsah fosforu: 1,87 g/kg, obsah draslíku: 6,63 g/kg, obsah vápníku: 6,06 g/kg, obsah hořčíku: 1,21 g/kg.

- Plocha s EXPM 2 (Komp.)

Obsah dusíku je: 1,15 %, obsah fosforu: 1,73 g/kg, obsah draslíku: 6,21 g/kg, obsah vápníku: 5,26 g/kg, obsah hořčíku: 0,93 g/kg.

- Plocha s EXPM 3 (Raš + Lh)

Obsah dusíku je: 1,2 %, obsah fosforu: 1,95 g/kg, obsah draslíku: 5,07 g/kg, obsah vápníku: 4,72 g/kg, obsah hořčíku: 1,10 g/kg.

5.3.1.3.1 Lokalita U Kiosku

- Kontrolní plocha (K)

Obsah dusíku je 0,79 %, obsah fosforu: 1,32 g/kg, obsah draslíku: 6,88 g/kg, obsah vápníku: 5,7 g/kg, obsah hořčíku: 1,42 g/kg.

- Plocha s EXPM1 (Raš. + S.R + st)

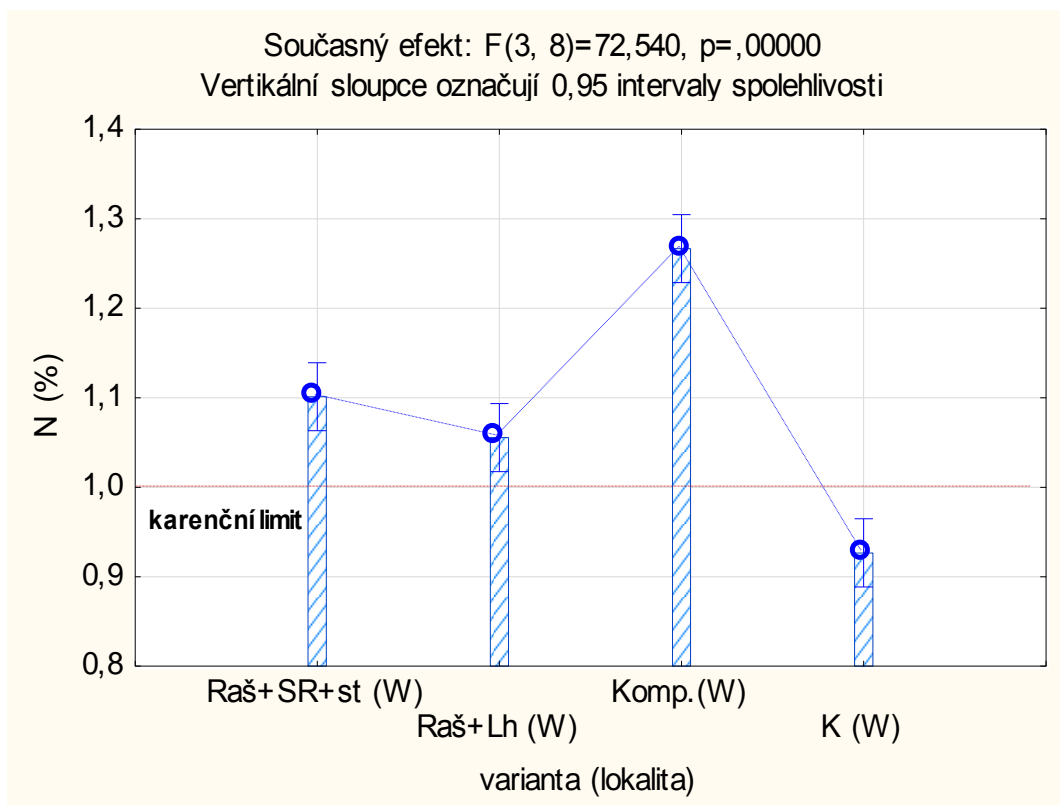
Obsah dusíku je: 1,15 %, obsah fosforu: 1,59 g/kg, obsah draslíku: 6,56 g/kg, obsah vápníku: 4,5 g/kg, obsah hořčíku: 1,34 g/kg.

- Plocha s EXPM 2 (Komp.)

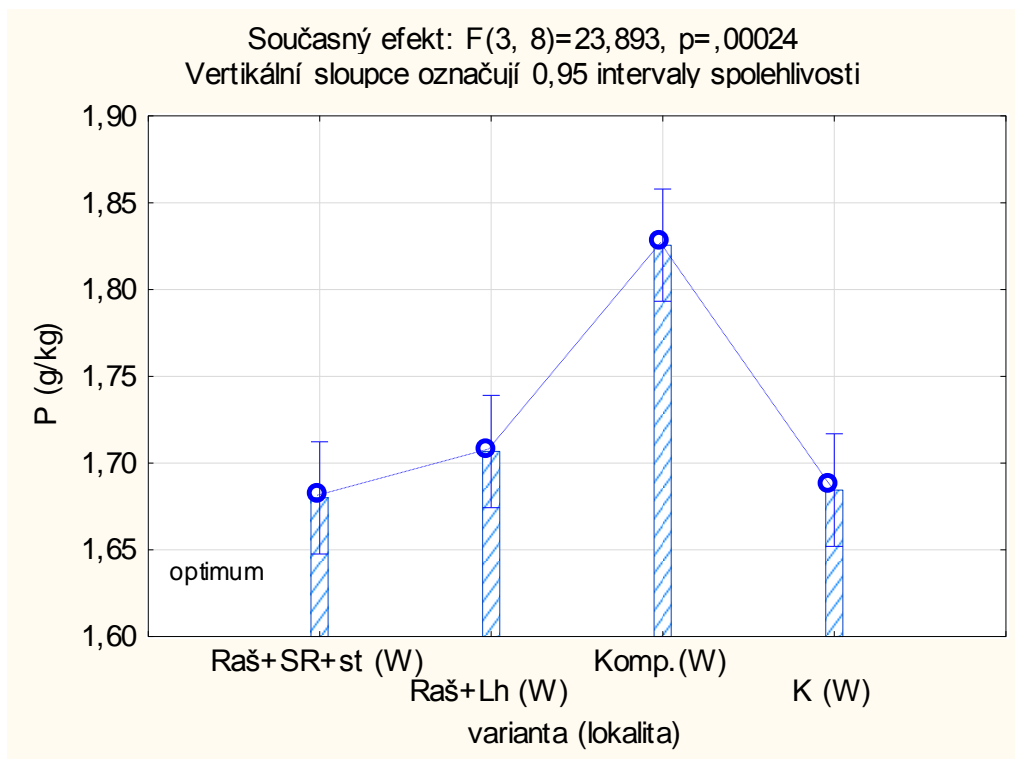
Obsah dusíku je: 1,22 %, obsah fosforu: 1,50 g/kg, obsah draslíku: 6,52 g/kg, obsah vápníku: 4,30 g/kg, obsah hořčíku: 1,16 g/kg.

5.3.1.4 Průměry hodnot za 3 roky řešení

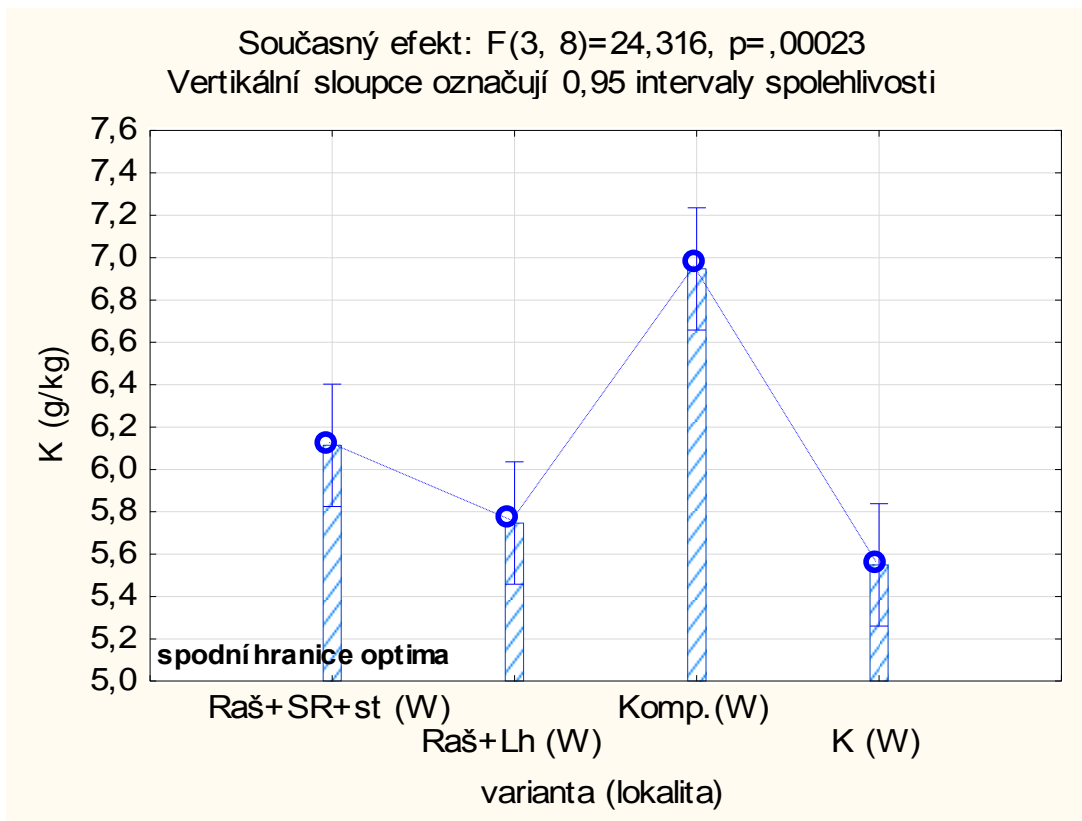
Z pohledu neoptimálnější výživy se nejlépe uplatnila varianta substrátu EXPM2 (Komp.). Ze všech sledovaných substrátů tato varianta vykazovala v celkovém průměru tříletého období, mimo hořčík, nejvyšší hodnoty základních živin (NPK). Dusík se oproti jiným směsím dostává na optimální úroveň 1,3 %. Podobně i fosfor 0,18 %, draslík 0,70 %, vápník 0,52 % i hořčík 0,12 % jsou na velmi dobré optimální úrovni. (Obr. 40) (Obr. 41) (Obr. 42)



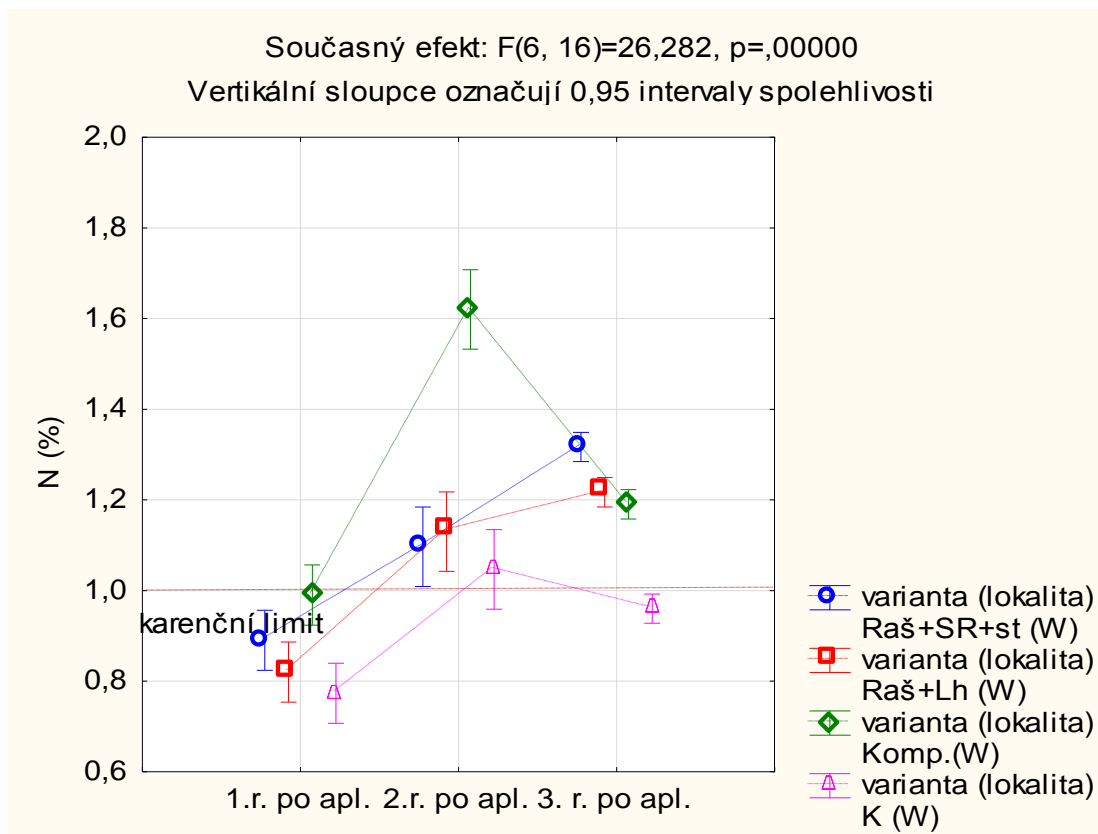
Obr. 40: Stav výživy N na jednotlivých variantách, průměr za 3 roky řešení, Windmantel



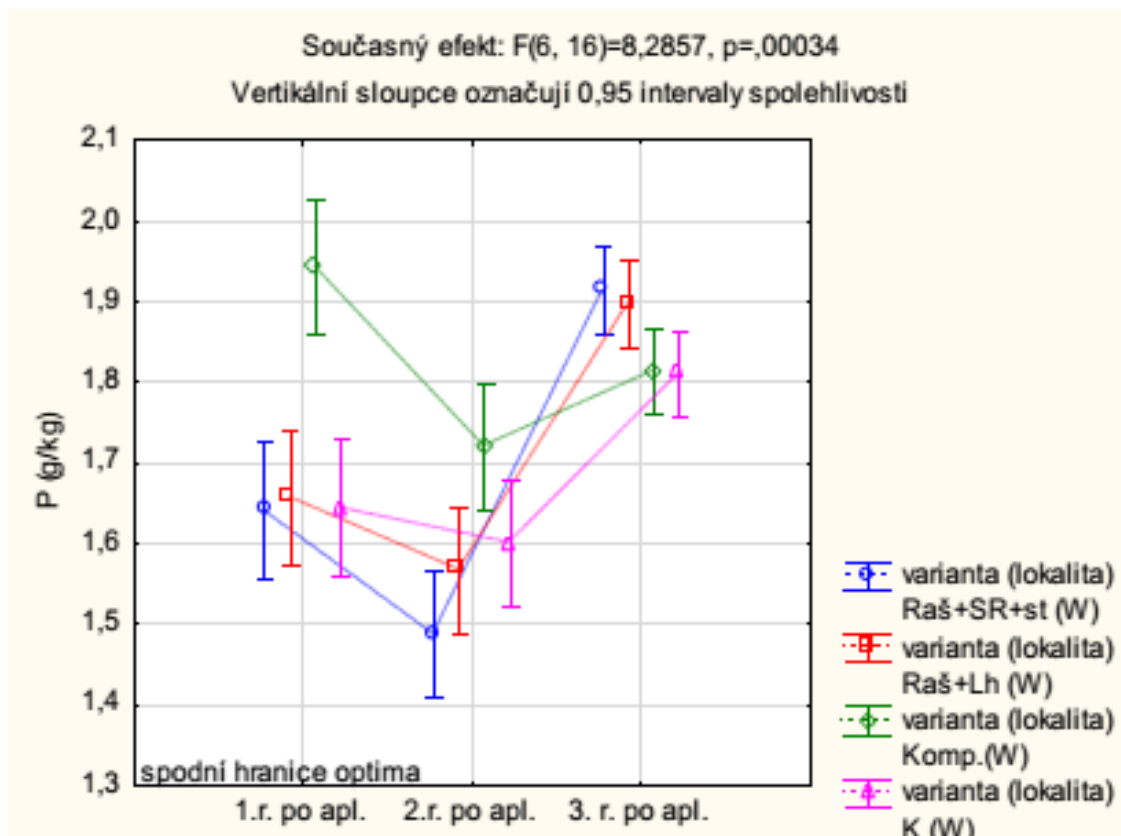
Obr. 41: Stav výživy P na jednotlivých variantách, průměr za 3 roky řešení, Windmantel



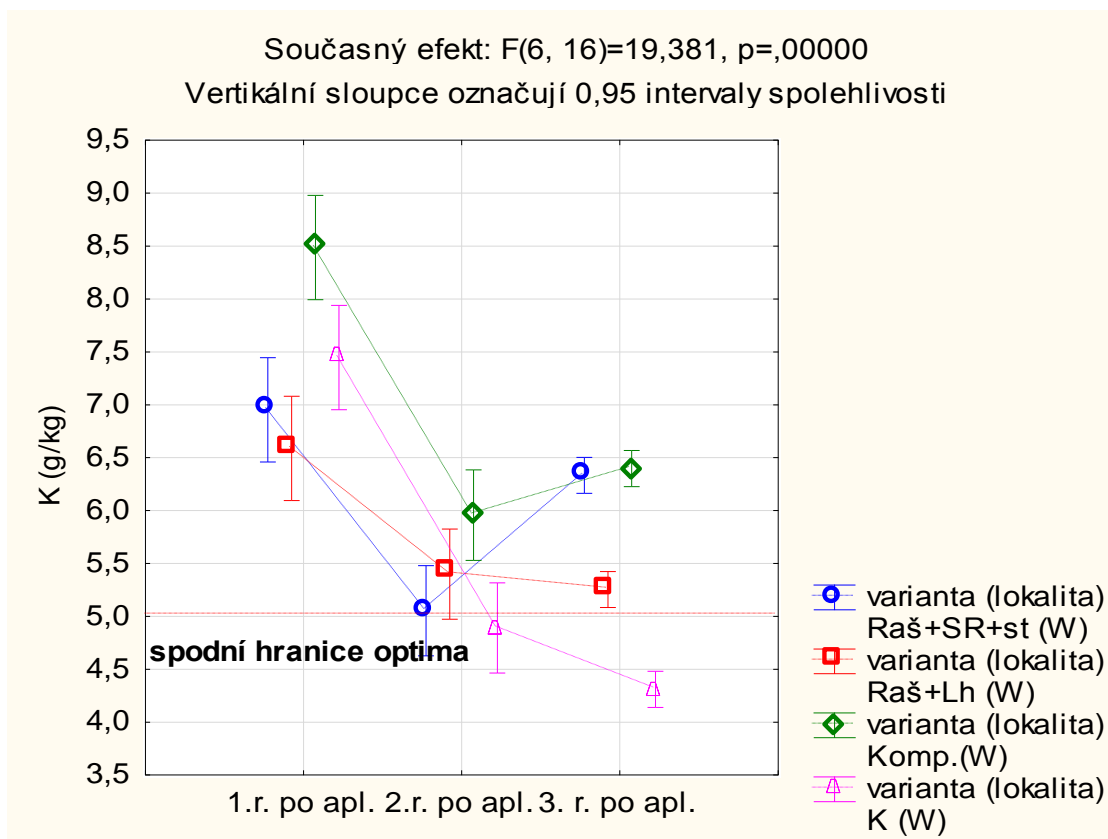
Obr. 42: Stav výživy K na jednotlivých variantách, průměr 3 roky řešení, Windmantel



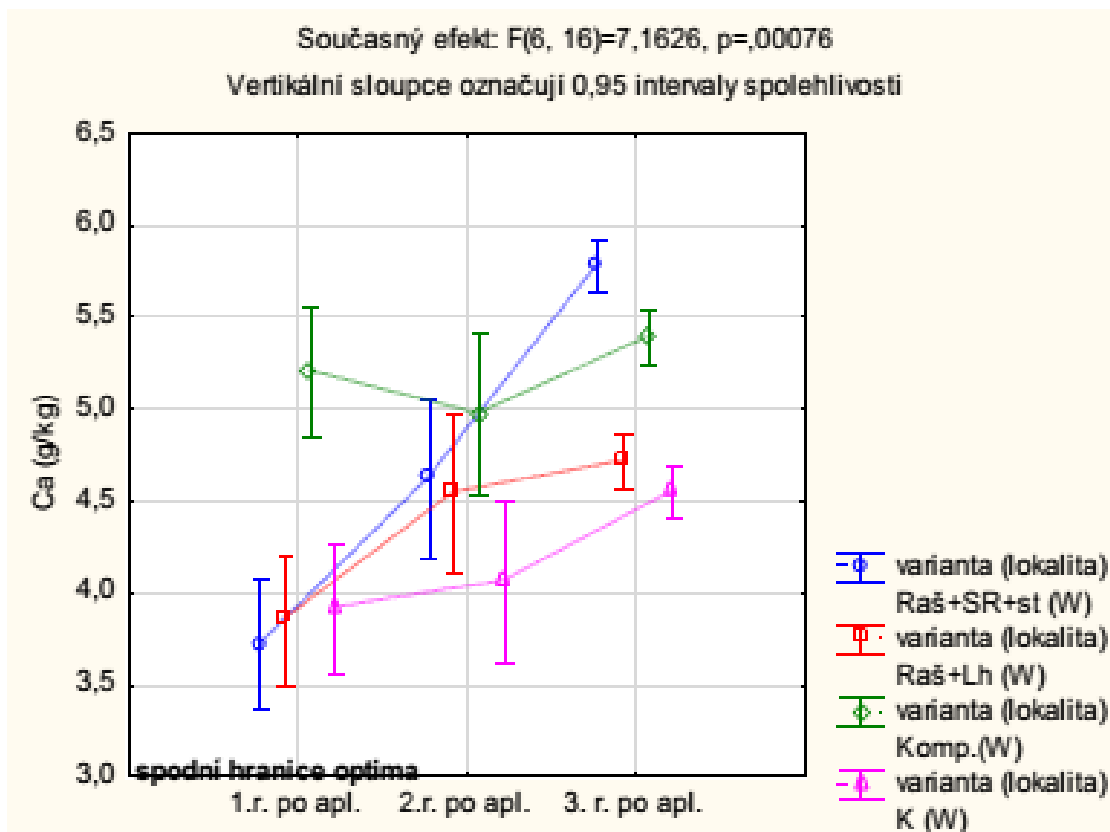
Obr. 43: Průběh stavu výživy N v průběhu 3 let



Obr. 44: Průběh stavu výživy P v průběhu 3 let



Obr. 45: Průběh stavu výživy K v průběhu 3 let



Obr. 46: Průběh stavu výživy Ca v průběhu 3 let

Vápník a hořčík jsou prvky, které byly v minulosti výrazně dotovány z celoplošného povrchového vápnění. Ve výživě na dobré úrovni a místy mohou vytvářet až antagonistické prostředí, které je eliminováno humusovými látkami. Diskolorace, která se na šetřených plochách objevovala, je ve výživě působena zejména nedostatkem dusíku, případně i deficitem draslíku.

5.3.2 Vyhodnocení vlivu aplikovaných substrátů na půdní prostředí v zóně kořenových balů výsadeb *Picea abies* (L.) Karsten

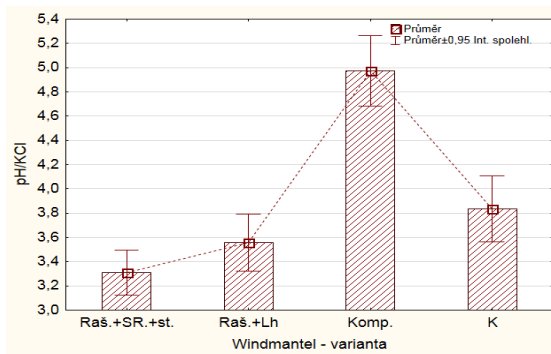
Po aplikaci dochází u kompostu v mnoha parametrech k výrazným změnám oproti kontrole. Půdní reakce a zejména pak poměr C:N i HK:FK jsou ve vztahu k ploše kontrolní nadstandardní. Fosfor, hořčík, vápník i draslík jsou v organominerální zóně kořenového balu na vysoké úrovni. Draslík je na hranici kategorie u Lh, pro dané prostředí je jeho obsah přístupné frakce mírně rizikové. Ostatní směsné substráty saturují půdní prostředí dle ekologických požadavků smrkových ekosystémů nízkou úrovní, včetně fixačně nepříznivého poměru C:N. Pro klasifikační systém a řazení do

kategorie dle Mehlich II. je nutné u těchto vzorků zohledňovat obsah humusu, který svoji objemovou hmotností redukovánou, hodnoty koncentrací prvků navyšuje. Grafické vyhodnocení je provedeno dle přepočtů v tabulce ()

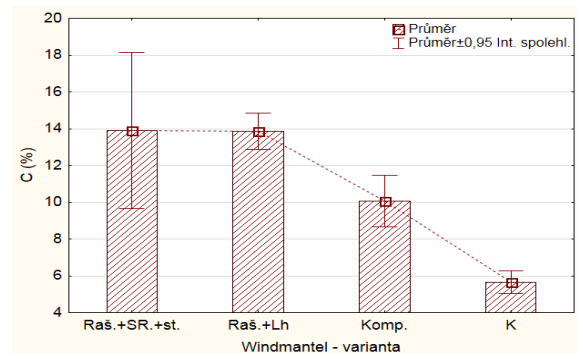
Hodnoty živin v zóně kořenových balů po transformaci dle obsahu humusu jsou objektivní a lze je porovnat s plochou kontrolní, případně s jinými plochami v rámci řešené problematiky.

Tab. 12: Hodnoty živin v zóně kořenových balů po transformaci dle obsahu humusu

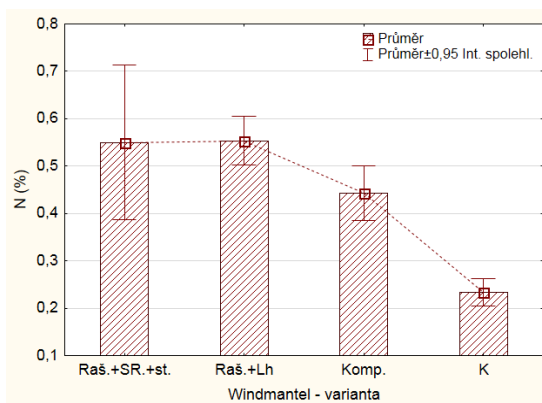
Přepočet živin dle vzorce na obsah humusu $Z = z / (1 / ((100 - \text{hum.}) / \text{hum.}) * 7)$										
	C (%)	Humus (%)	P (mg/kg, MII)	Přepočet na humus	Mg (mg/kg, MII)	Přepočet na humus	Ca (mg/kg, MII)	Přepočet na humus	K (mg/kg, MII)	Přepočet na humus
Rašelina+LH	12,0	20,7	15,0	8,2	278,0	151,9	635,0	347,0	109,	59,6
Rašelina+LH	15,4	26,5	19,0	7,5	403,0	159,7	780,0	309,1	204,0	80,8
Rašelina+LH	14,27	24,6	17,2	7,5	323,8	141,8	727,2	318,4	152,6	66,8
Rašelina+SR	13,9	23,9	29,0	13,2	337,0	152,9	776,0	352,1	968,0	439,2
Rašelina+SR	13,5	23,2	28,0	13,3	357,0	168,9	863,0	408,4	489,0	231,4
Rašelina+SR	14,25	24,6	27,6	12,1	363,7	159,5	837,7	367,5	721,4	316,5
Kompost	10,7	18,4	48,0	30,4	380,0	240,3	3979,0	2515,9	275,0	173,9
Kompost	9,63	16,6	131,0	94,0	597,0	428,4	3285,0	2357,4	496,0	355,9
Kompost	9,85	17,0	92,4	64,5	511,0	356,9	3461,5	2417,5	401,5	280,4
kontrola	5,41	9,3	7,0	7,0	385,0	385,0	543,0	543,0	63,0	63,0
kontrola	5,91	10,2	11,0	11,0	293,0	293,0	500,0	500,0	85,0	85,0
kontrola	5,68	9,8	9,2	9,2	327,0	327,0	517,5	517,5	76,8	76,8



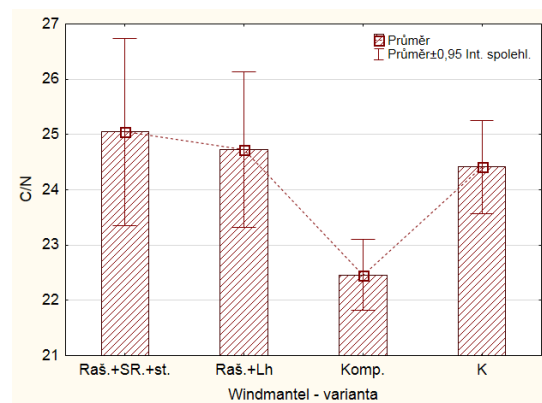
Obr. 47: Porovnání průměrných hodnot půdní reakce potenciální výměnné v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel



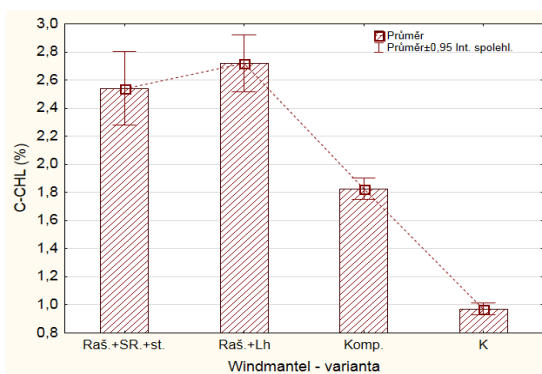
Obr. 48: Porovnání průměrných hodnot obsahu oxidovatelného uhlíku v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel



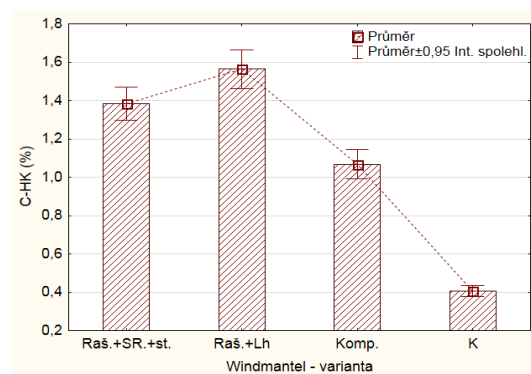
Obr. 49: Porovnání průměrných hodnot celkového dusíku v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel



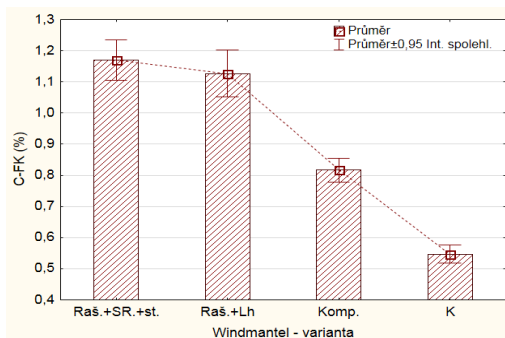
Obr. 50: Porovnání průměrných hodnot poměru C/N v zóně kořenového balu pro jednotlivé hnojivé varianty na výzkumné ploše Windmantel



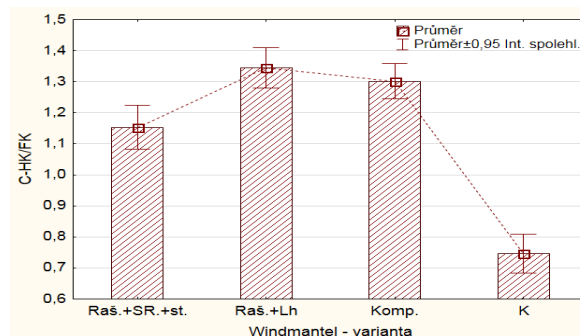
Obr. 51: Porovnání průměrných hodnot obsahu aktivních humusových látek v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel



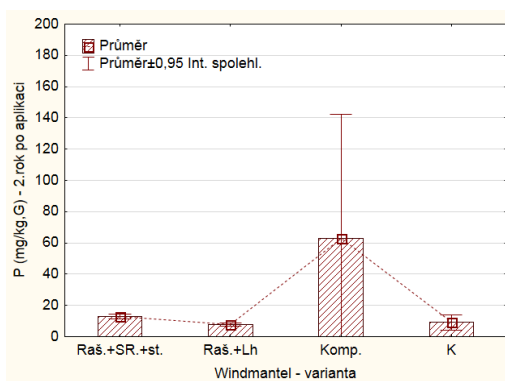
Obr. 52: Porovnání průměrných hodnot obsahu huminových kyselin v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel



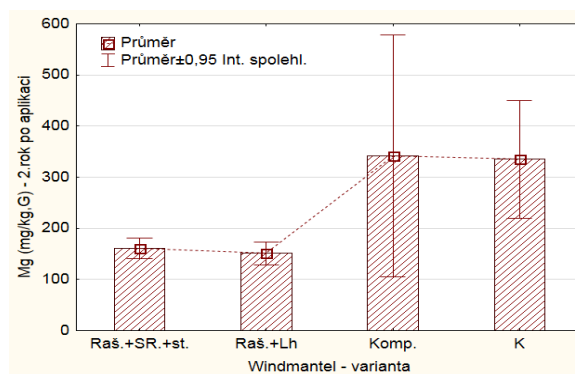
Obr. 53: Porovnání průměrných hodnot obsahu fulvokyselin v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel



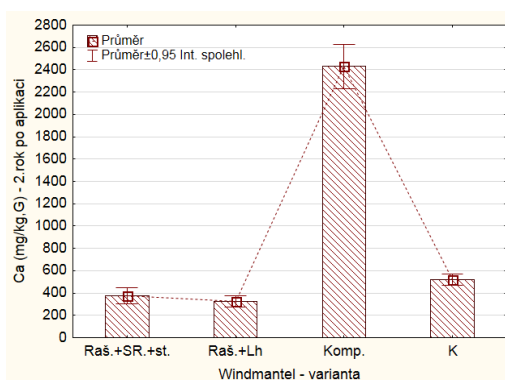
Obr. 54: Porovnání průměrných hodnot HK/FK v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel



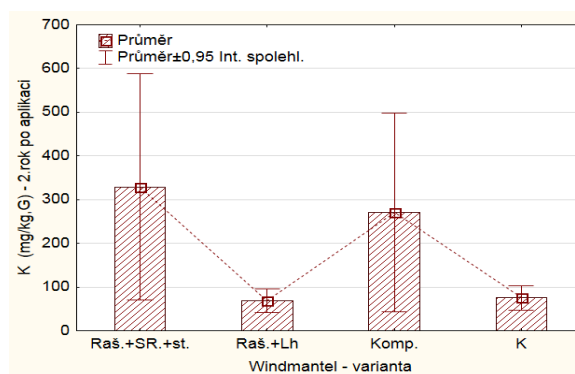
Obr. 55: Porovnání průměrných hodnot obsahu fosforu v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel



Obr. 56: Porovnání průměrných hodnot obsahu hořčíku v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel



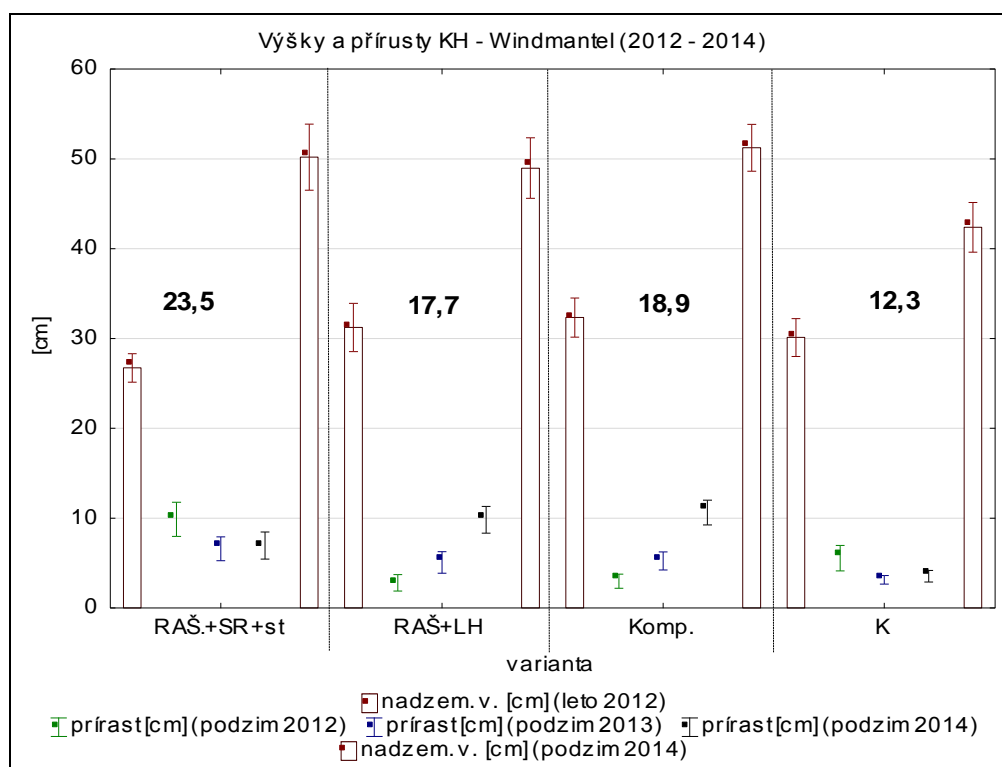
Obr. 57: Porovnání průměrných hodnot obsahu vápníku v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel



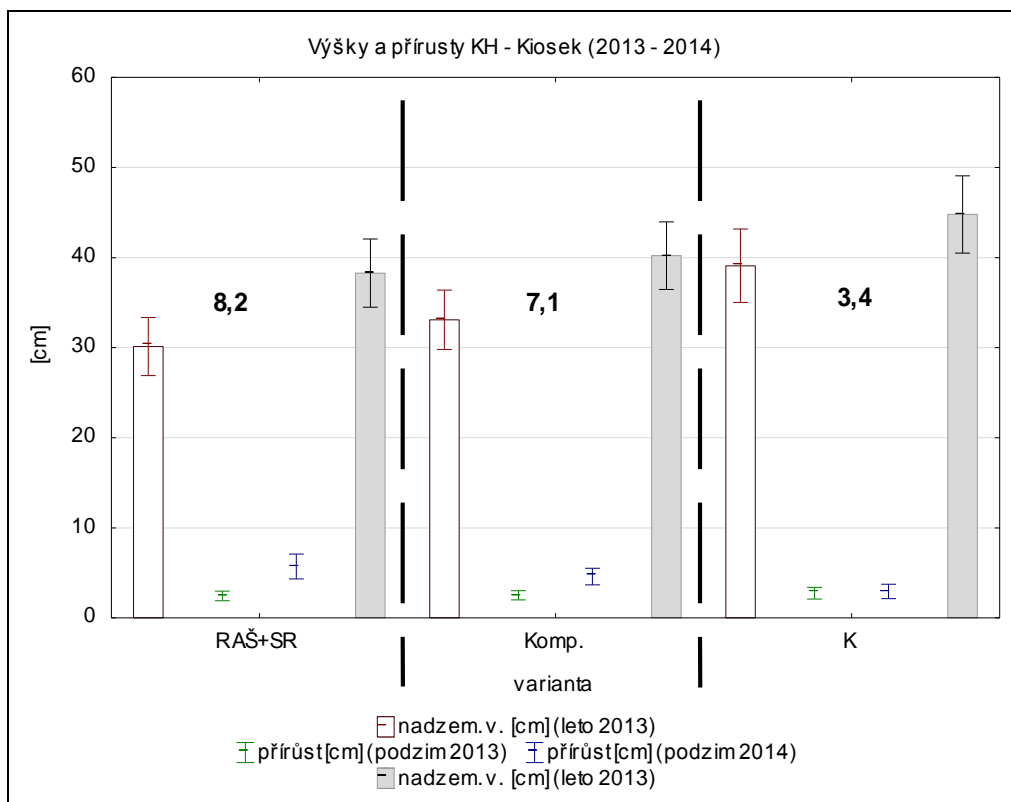
Obr. 58: Porovnání průměrných hodnot obsahu draslíku v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel

5.3.3 Vyhodnocení vlivu aplikovaných substrátů na dynamiku výškových přírůstků sazenic *Picea abies* (L.) Karsten

Výškový přírůst sazenic byl nejvyšší ve variantě EXPM1, kde dosáhl celkové hodnoty 23,5 cm v průběhu let 2012 až 2014 na lokalitě Windmantel. Navýšení oproti kontrolním plochám bylo cca dvojnásobné (Obr. 59). Stejný trend byl pozorován také na lokalitě U Kiosku, kde nejvyšší výškový přírůst 8,2 cm vykázala také varianta substrátu EXPM 1. V tomto případě však byly hodnoceny pouze roky 2013 – 2014. Výše uvedené optimalizaci se blíží rašelina s příměsí Lignohumátu (EXPM3) – navýšení oproti kontrole je cca 1,4 násobek.



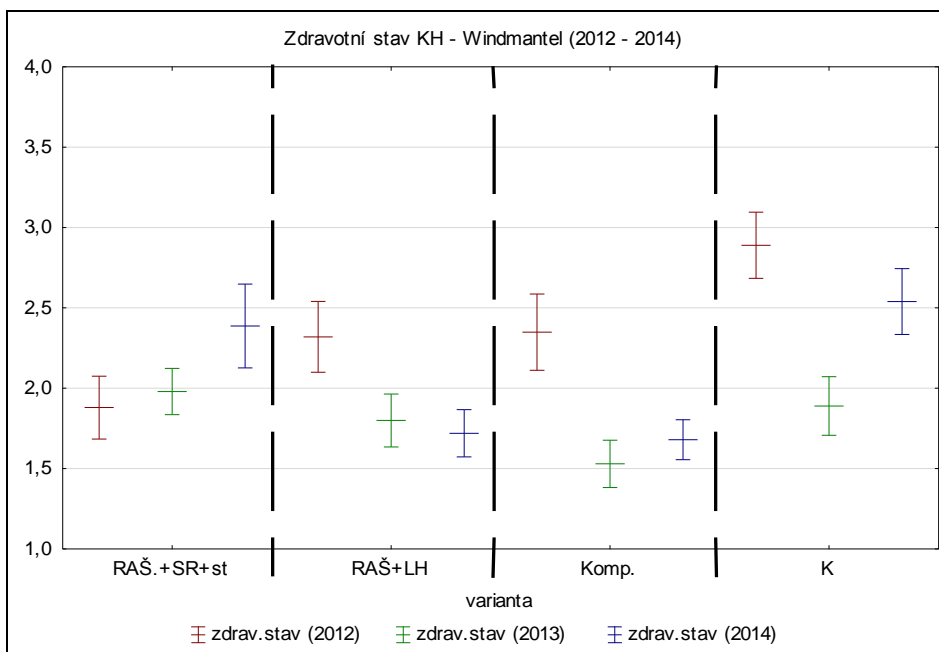
Obr. 59: Biometrické veličiny (výšky a přírůsty) u sazenic v jednotlivých variantách substrátů v letech 2012-2014, lokalita Windmantel



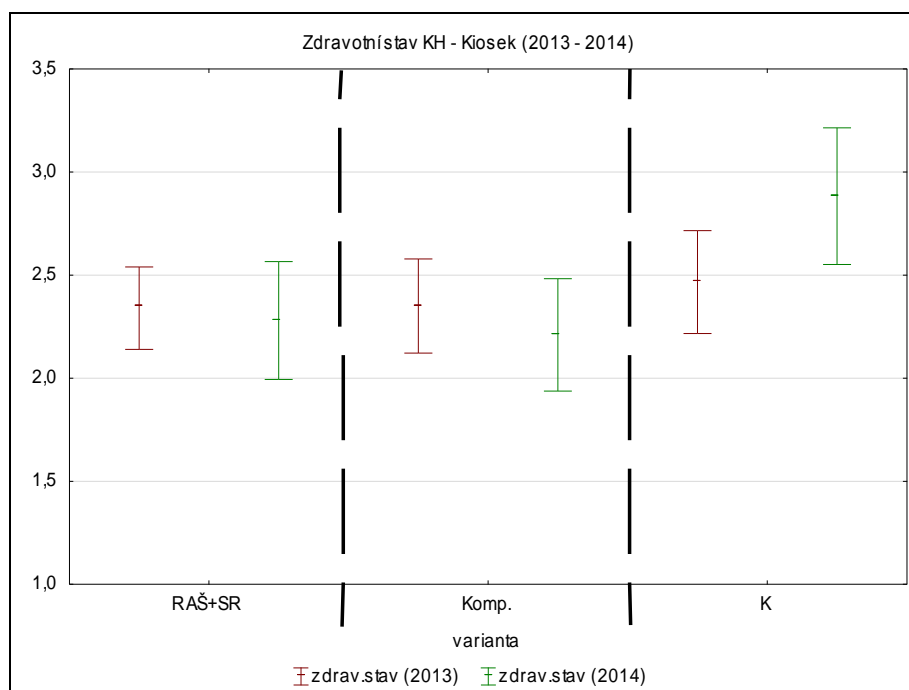
Obr. 60: Biometrické veličiny (výšky a přírůsty) u sazenic v jednotlivých variantách substrátů v letech 2013-2014, lokalita U Kiosku

5.3.4 Vyhodnocení vlivu aplikovaných substrátů na zdravotní stav sazenic *Picea abies* (L.) Karsten

Zdravotní stav byl významně eliminován zejména v konečné fázi šetření, tedy třetí rok po aplikaci. Přibližně stejně se osvědčila směs rašeliny s Lignohumátem (EXPM3) a kompost s rašelinou (EXPM2). Rašelinový substrát s aplikovaným přípravkem Silvamix R+ stimulátor (EXPM1) zůstal na úrovni ploch kontrolních.



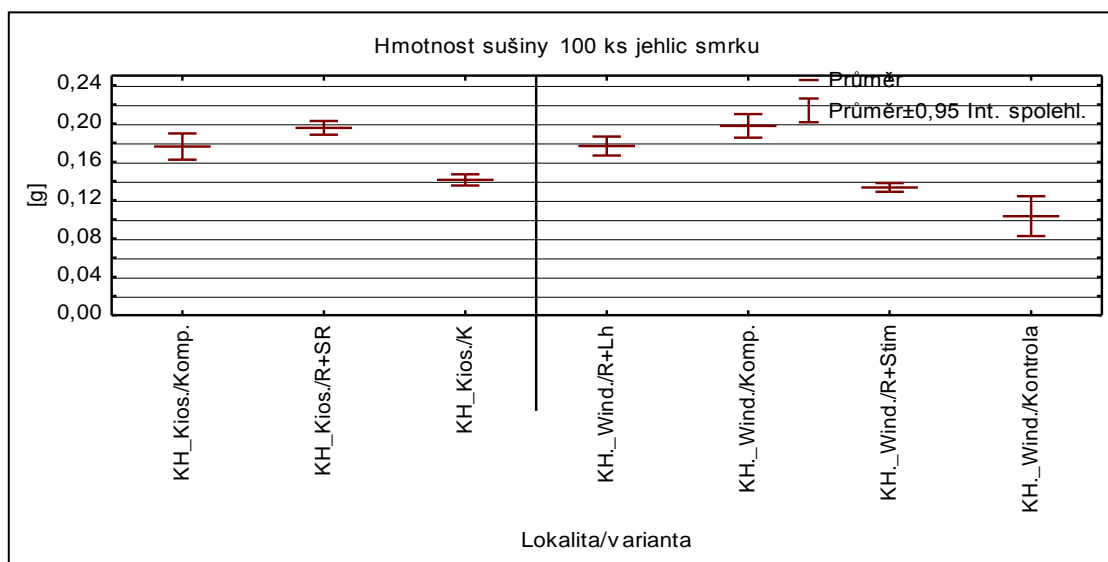
Obr. 61: Zdravotní stav sazenic v jednotlivých substrátech v letech 2012-2014, lokalita Windmantel



Obr. 62: Zdravotní stav sazenic v jednotlivých substrátech v letech 2012-2014, lokalita U Kiosku

5.3.5 Vyhodnocení vlivu aplikovaných substrátů na hmotnost biomasy jehlic sazenic *Picea abies* (L.) Karsten

V produkci, vývoji a zdravotním stavu je důležitým parametrem pro hodnocení hodnota hmotnosti biomasy jehlic.



Obr. 63: Hmotnost sušiny 100 ks jehlic sazenic v jednotlivých substrátech (U Kiosku, Windmantel).

Rozdíly mezi variantami jsou významné. V horských polohách byl zaznamenán významný vliv organického přípravku EXPM2 - Kompost s rašelinou, který ve vztahu k ostatním variantám vytváří podmínky pro statisticky významný nárůst biomasy. Také rozdíly všech ostatních variant byly v komparaci s kontrolními plochami významné. Nejvyšší hmotnost sušiny 100 jehlic na všech šetřených plochách dosahovala varianta se substrátem EXPM2 – (Kompost s rašelinou) 0,2 g, dále 0,15 g EXPM 1 – (Rašelina se Silvamixem R. Na kontrolních plochách se hmotnost pohybovala pouze na úrovni 0,1 g. Dalším kritériem hodnocení a úpravy substrátů byl parametr vybraných biometrických hodnot a zdravotního stavu. Šetřené lokality Krušných hor s půdní degradací holorganických horizontů byly po aplikaci různých variant substrátů významně ovlivněny.

6. Diskuze

Obecně lze akumulaci organických látek z procesu humifikace v porostech v Krušných horách považovat za pomalou, zejména na stanovištích vyšších poloh sedmého lesního vegetačního stupně. Z tohoto důvodů se základními postupy pro stimulaci procesů revitalizace půdního prostředí imisních holin staly chemické a biologické meliorace (Podrázský a kol. 2003).

Jako modifikace chemických a biologických meliorací jsou navrhovány a testovány technologické postupy s použitím různých technologií pro zpracování liniových valů, při kterých se ve valech uskladněná organická hmota dostává do sféry rhizosféry u lesních dřevin (Baláž, 2009). Mechanizované rozpracování valů se za současných podmínek snížené imisní zátěže v obecné rovině projevuje jako využitelná technologie revitalizace stanovišť degradovaných necitlivou a celoplošnou přípravou půdy dozery, pro růst lesních dřevin představují rozhrnuté valy troficky optimálnější podmínky, než podmínky na původních valech, nebo skarifikované degradované plochy (Vavříček a kol. 2006). Substráty EXPM1, EXPM 2 i EXPM 3 v průběhu testování vykazovaly také optimálnější podmínky než skarifikovaná degradovaná plocha, ve kterých probíhaly kontrolní výsadby.

Vavříček (2006) také uvádí, že rozhrnutím valů došlo k nárůstu kationové výměnné kapacity (KVK), především díky zvýšení obsahu Ca^{2+} a Mg^{2+} . Rozhrnutí liniových valů však nezajistilo optimalizaci maximální kapilární kapacity (MKK), pórovitosti (p) ani poměru C : N (Vavříček 2006). Z tohoto pohledu se jeví dotace organickou hmotou v množství 10 – 12 l jako výhodnější.

Bálaž (2009) dále uvádí, že použitá hnojiva na rozhrnutých valech vytváří podmínky, zabezpečující startovací optimalizaci nejen v růstu, ale i ve výživě, nejlépe se při výsadbě sazenic *Picea abies* (L.) Karsten do rozhrnutých valů uplatnilo hnojivo Silvamix řady R a vápnitý dolomit, zejména na stanovištích s menším obsahem humusu (15,5 %) v rozhrnuté vrstvě, podle kritéria hodnocení výškového přírůstu, byla nejlépe hodnocena hnojiva Silvamix R a Silvamix R se stimulatorem, jež byla aplikovaná v množství 50 g k jedné sazenici, pozitivně se projevil i vápnitý dolomit, který byl aplikován v množství 80 g k sazenici. Při porovnání s těmito výsledky je zajímavé, že při hodnoceních obsažených v této práci se z pohledu výživy nejlépe prosadila varianta

s EXPM 2 (Kompost s rašelinou), kdežto z pohledu přírůstků se jeví jako neoptimálnější varianta EXPM 1 (Rašelina se Silvamixem R se stimulatorem).

Hodnocení revitalizací řešil také Podrázský a kol. (2003), který se zabýval účinností technické, biologické a chemické meliorace v delším časovém odstupu po 16 letech od jejího provedení v Krušných horách. Dopady melioračních technik byly hodnoceny měřeními primární produkce různých druhů dřevin a stavem obnoveného humusového horizontu. Při srovnání výsledků nedopadl *Picea abies* (L.) Karsten nejlépe. Z tohoto pohledu by možná bylo vhodnější volit na testování jinou dřevinu.

7. Závěr

Disertační práce si kladla za cíl popsat detailně obor rašelinářství v České republice. Zajímavým zjištěním byl fakt, že se v dnešní době daleko více rašeliny do ČR přiváží ze zahraničí, než je těženo v rámci společnosti Rašelina a.s., či lázeňských provozů. Vzhledem k tomu, že objemy těžené rašeliny nejsou v ČR běžně uváděny z důvodu obchodního tajemství, lze pouze konstatovat, že ČR nepatří k velmocím v těžbě rašeliny, a vzhledem k tomu, že těžba rašeliny probíhá na ploše, jež odpovídá přibližně dvěma procentům rozlohy rašelinišť v ČR, lze také říci, že ČR je z hlediska ochrany rašelinišť, také nadprůměrnou zemí v rámci států EU.

V praktické části byly vytvořeny a odzkoušeny revitalizační substráty na bázi rašeliny a kompostu s možností uplatnění na stanovištích s nedostatkem organické hmoty, a to zejména na stanovištích degradovaných shrnutím svrchních půdních horizontů s humusovými vrstvami do liniových valů, v horských polohách Krušných hor ve druhé polovině dvacátého století, v souvislosti s imisí kalamitou. Organická hmota je svým způsobem zásadní pro úspěšné zakládání porostů. Charakter a parametry humusových forem významně ovlivňují cyklus živin a vlhkostní a teplotní režim svrchních vrstev půdy (Podrázský, 2006).

Z experimentálních substrátů se nejlépe uplatnil z pohledu optimalizace výživy, v časovém úseku tří let, substrát EXPM2, který byl tvořen kompostem s podílem rašeliny. Přírůst sazenic *Picea abies* (L.) Karsten, po dobu tříletého sledování, byl nejpříznivější u varianty substrátu EXPM1, kde byla použita rašelina s příměsí hnojiva Silvamix R s růstovými stimulanty.

Bylo statisticky prokázáno, že dodávka vhodně zvoleného organického substrátu v dávce 10 – 12 l k sadebnímu materiálu může mít značný přínos pro optimalizaci půdního prostředí a odrůstání kultur sazenic *Picea abies* (L.) Karsten na stanovištích s nedostatkem organické hmoty.

SUMMARY

The dissertation has an aim to describe the state of peat production and utilization in The Czech Republic. Interesting finding out was that there is more peat imported than harvested by company Raselina a.s. or by spa resort in The Czech Republic in this days. Taking into consideration that volumes of harvested peat are not published due to business secret, we can pronounce that The Czech Republic is not great power in peat harvesting. And in view of the fact that harvesting of peat is held on the area of two percent of total peatland area, The Czech Republic is above average in peatland conservation and preservation in the European Union.

In the part of theory are described different systems of classification of peat in The Czech Republic and in the world and the state of peatlands and peat harvesting in states of European Union and in the world. Other parts showed problems of the lack of organic matter in the soil in the forests, especially in the areas in the mountains with disturbed soil structure in Krusne Hory. There were problems with acidity of soils due to acid rains in the second part of twenties century which caused dead trees in huge areas. One from revitalization method was take away upper layer of soil which was contaminated by acidity. There were made big walls from upper organic layer of soil, but unfortunately organic layer were absent and developing of new growth of trees has been difficult since that time.

In the practical part of dissertation are described labors, which were made in developing of organic growing media with a part of peat. Peat from different locations in Trebon, from Branna u Trebone and from Hranice was evaluated and characterized. Even characterization was made with peat from Hora Svateho Sebestiana in Krusne Hory. After this evaluation Substrate peat Category III (according CSN 46 5730) and with the stage H4-H5 according Von Post from Hora Sv. Sebestiana was chosen for next trials due to the best structure and because of origin. Tree different experimental materials were developed to be given to planting hole when trees *Picea abies* /L./ Karsten were set in the ground. The main idea was prepare organic substrate, which adjust nutrition and chemic conditions in the planting hole and close to roots of seedling.

Developing of growing media and manufacturing of experimental substrates were made in Raselina Sobeslav. The company owns rights for peat harvesting in The Czech Republic and the facility for peat processing. Automatic production lines for substrates are equipped by exact units for dosing of fertilizer and proportion of main incomes of raw materials. Experimental substrate EXPM1 was prepared from 100 % peat (Substrate peat category III.) and fertilizer Silvamix R with stimulator 3 kg per cubic meter. Substrate EXPM 2 was organic material made by homogenization and composting of materials with organic substances and with the amendment of peat (10% in 2012, 20 % in 2013 a 2014). Growing media EXPM 3 was prepared from peat, 100 % and with humic substance Lignohumat.

The best results in planting trials were reached by substrate EXPM 2 from the point of view of nutrition. The dynamics of planting were the best in the growing media EXPM 1. All figures are presents in graphs and tables. It was proven that amendment of organic substrate with content of nutrition in the volume of 10 – 12 l per seedling, can have significant impact to optimization of soil condition and growth of seedlings *Picea abies* /L./ Karsten in areas with the lack of organic content in forestry soil.

The data were collected from 2012 to 2014 it means in period of three years. Because of better evaluation of data collected in different seasons, in experimental area was installed meteorological station with recording of temperature, humidity, and rain falls. This data were described in separate chapter and are impressive.

SEZNAM LITERATURY

- ALSANIUS, B., 2010. „Life of peat: Biological characterization and evaluation.“ Editor: Gerald Schmilewski. *Peat in Horticulture*. Amsterdam: IPS, 108 s.
- ARDO, J., a kol., 1997. Satellite-based estimations of coniferous forest cover changes: Krusné Hory, Czech Republic 1972-1989. *Ambio*, 26: 3, 158-166.
- BALÁŽ, G., 2009. Nutričně produkční optimalizace smrkových kultur bodovým hnojením na technologicky odlišněrozpracovaných liniových valech a navazujících mezipruzích PLO - 01 Krušné hory. Disertační práce, MZLU v Brně, Brno, 126 s.
- BALL, P., 2000. *H2O: A biography of water*. London: Orion,
- BERTINY LAZNE. *Slatina přírodní zdroj*. 2016.
<https://www.bera.cz/cz/lezeni/slatina-prirodni-lecivy-zdroj> (přístup získán 6. srpen 2016).
- BINKLEY, D., 1984. „Does forest removal increase rates of decomposition and nitrogen availability?“ *Forest Ecology and Management*, 229-233.
- BINKLEY, D., 1986. *Forest Nutrition Management*. New York: J. Wiley. 289 s.
- BOHDANEČ, LL. *Přírodní léčivý zdroj*. Léčebné lázně Bohdaneč a.s. 2016.
<http://www.llb.cz/pro-lekare/prirodni-lecivy-zdroj.htm> (přístup získán 2. srpen 2016).
- BUČEK, A., LACINA, J., 1999. *Geobiocenologie II. - Geobiocenologická typologie krajiny České republiky*. Brno: MZLU.
- BRABEC, M., 2004. Lesní půdy vybraných lokalit smrkových ekosystémů středních ploh a jejich hodnocení v rámci ICP Forests – Level I. In: Remeš, J., Podrázský, V., Neuhoferová, P. (eds.) *Dřeviny a lesní půda. Biologická meliorace a její využití*. ČZU v Praze, Lesnická práce, Kostelec nad Černými lesy, 77 – 89.
- DEMCHUK, T. D., 1995. „Coal character and Tertiary flora: cause and effect, "Origin of Compositional Characteristics in Tertiary Coals: Paleoecology, Paleobotany and Palynology".“ *Proceedings Volume, Geological Society of America Coal Division Symposium*. 71-98.
- DENNY, M. W., 1993. *The Biology and Physics of Life's Media*. Princeton: Princeton University Press.
- DUBSKÝ, M., MEISL, T. 2012. „The effect of clay amendment on substrate properties and growth of woody plants.“ *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*, č. 8. vyd.: s. 163-170.
- EMMER, I., 1999. „Litter decomposition and soil nitrogen dynamics (1995-1996) in the Krkonose National Park.“ *Journal of Forest Science*, 316-327.

- EMMER, I., SEVINK, J., 1994. „Temporal and vertical changes in the humus form profile during a primary succession of *Pinus sylvestris*.“ *Plant and Soil*, 281-295.
- Epagma. *About us*. 2016. <http://www.epagma.eu/about-us> (přístup získán 15. srpen 2016).
- FORMÁNEK, P., VRÁNOVÁ, V., 2003. „A contribution to the effect of liming on forest soils: review of literature.“ *Journal of Forest Science*, 182-190.
- GADONNEIX, P., 2010. *2010 Survey of energy sources*. London: World Energy Council,.
- GERDING, M. A., KAREL E.H., DE VRIES, G.E., 2015. „The history of the peat manufacturing industry in the Netherlands: Peat moss litter and active carbon.“ *Mires and Peat*, 1-9.
- HENEK, M., DYMÁK, R., 2011. „Role organické hmoty v půdě a požadavky na moderní substráty.“ *Zahradnictví*, č. 1. vyd.: s. 56-57.
- HLADÍK, J., 2014. „Oslavy 60. výročí VÚMOP v.v.i. 1954 - 2014.“ *Informační listy*, 4-7.
- HRDLIČKA, P., KULA, E., 2001. Macroelement content in leaves of birch. *Journal of Forest Science*, 2001, vol. 47, s. 97-104.
- HRUŠKA, J., 1997. Estimate of the rate of weathering of base cations in the rock and soils of the Krkonoše National Park. In: Černý, M., Holá, Š., Moravčík, P., Emmer, I.M., (eds.) *Forest damage and related environmental factors in the Krkonoše Mountains*, IFER, Praha, 1997, 152 – 178.
- CHYTRÝ, M., KUČERA, T., KOČÍ, M., 2001. *Katalog biotopů České republiky*. Praha: Agentura ochrany přírody a krajiny ČR,
- IPS. *About US*. 2016. <http://www.peatlands.org/about-us> (přístup získán 2. červen 2016).
- JANDOVÁ, D., 2009. *Balneologie*. Praha: Grada,
- JIRÁSEK, J., SÍVEK, M., LÁZNIČKA, P., 2016. *Ložiska nerostů*. http://geologie.vsb.cz/loziska/loziska/loziska_energetickych_surov.html (přístup získán 1. srpen 2016).
- JOOSTEN, H., DONAL, C., 2002. *Wise use of mires and peatlands*. Saarijarvi: IMCG and IPS,.
- JURGENSEN, M., HARVEY, A.E., 1988. „Soil Organic Matter, Timber Harvesting, and Forest Productivity in the Inland Northwest.“ Editor: S. P. Gessel a D. S. Lacate. *In. Sustained productivity of forest soils: Proceedings of the 7 th North America Forest Soils Conference*. Vancouver: University of the British Columbia, 393-415.
- KLIMO, E., KULHAVÝ, J., 1994. „Nitrogen cycling in Norway spruce stands after clear cutting.“ *Lesnictví - Forestry*, 307-312.

- KOBERG, H., 1972. Hnojící tableta pro hnojení lesních rostlin. AT Patent 188886. 1. 12 1972.
- KUBELKA L., 1992. Zhodnocení vlivu chemické meliorace půd degradovaných imisemi v lesní oblasti Krušné hory za období 1973-1991, [Závěrečná zpráva NAZV d.ú. 06.91-04.92]. Teplice, Severočeské státní lesy, 69 s.
- KULA, E., 2006. Činitelé ovlivňující stabilitu porostů břízy ve východním Krušnohoří. In: Slodičák, M., Novák, J. (eds.): Lesnický výzkum v Krušných horách. Recenzovaný sborník z celostátní vědecké konference, Teplice 20.04.2006, VÚLHM VS Opočno 2006, 111 – 144.
- LAPPALAINEN, E., 1996. *Global peat resources*. Editor: E. Lappalainen. Jyska: International Peat Society,
- LÁZEŇSTVÍ. *České lázeňství*. 2016. <http://www.lecebne-lazne.cz/cs/ceske-lazenstvi/proc-jet-do-ceskych-lazni> (přístup získán 3. srpen 2016).
- LINHART, J., 1999. „Vliv rozpadu smrkových porostů na společenstva rostlin.“ In. *Monitoring výzkum a management ekosystémů Národního parku Šumava*. . Kostelec nad Černými Lesy: ČZU v Praze,
- LOCHMAN, V., 1996. Vliv imisních spadů do lesních ekosystémů u Moldavy v Krušných horách na chemismus vody odtékající do zdroju. *Lesnictví -Forestry*, 42: 10, 437-448.
- MACDONALD,G.,M., BEILMAN, D.,W., 2006. „Rapid Early Development of Circumarctic Peatlands and Atmospheric CH4 and CO2 Variations.“ *Science*, 285-288. Martini, I. P., a W. Chesworth. *Developements in Earth Surface Processes 2, Weathering, Soils & Paleosols*. Amsterdam: Elsevier, 1992.
- MEHLICH, A., 1978. „New extractant for soil test evaluation of phosphorus, potassium, magnesium, calcium, sodium, manganese, and zinc.“ *Commun. Soil Sci. Plant Anal.*, 9. vyd.: 477-492.
- MITSCH, W., J., GOSSELINK, J.,G., 2000. *Wetlands*. Third. New York: John Wiley & Sons,
- MOORE, P., BELLAMY, D., 1974. *Peatlands*. New York: Springer-Verlag,
- MRKVA, R., 2000. Chřadnutí dřevin jako významný a očekávaný problém ochrany lesa. *Lesnická práce*, ročník 79, číslo 6, 246 - 249.
- NĚMEČEK, J., A KOL., 2001. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky. ČZU Praha, VÚMOP Praha, 78 s.
- PLÍVA, K., 1987. *Typologický klasifikační systém ÚHÚL*. Brandýs nad Labem: ÚHÚL,

- PODRÁZSKÝ, V., 1992. Změny chemismu skarifikovaného a neskarifikovaného horského humusového podzolu po vápnění. Zprávy lesnického výzkumu, svazek XXXVII 1, 22-25.
- PODRÁZSKÝ, V., 2006. „Fertilization as an ameliorative measure - examples of the research at the Faculty of Forestry and Environment CUA in Prague.“ *Journal of Forest Science*, 58-64.
- PODRÁZSKÝ, V., 1999. „Opomíjené aspekty kalamity na Šumavě.“ *Lesnická práce*, 15-17.
- PODRÁZSKÝ, V., ULBRICHOVÁ, I., MOSER, W.K., 2001. Ecological impact analysis of mechanised site preparation techniques. *Journal of Forest Science*, 47: 146–149.
- PODRÁZSKÝ, V. V., REMEŠ, J., ULBRICHOVÁ, I., 2003. Biological and chemical amelioration effects on the localities degraded by bulldozer site preparation in the Ore Mts. – Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 49: 141–147.
- PURDON, M., CIENCIALA, E., METELKA, V., BERANOVÁ, J., HUNOVÁ, I., ČERNÝ, M., 2004. Regional variation in forest health under long-term air pollution mitigated by lithological conditions. *Forest Ecology and Management*, 195: 355–371.
- PUUSTJARVI, V., 2004. *Peat and its use in horticulture*. Turveteollisuuliitto, 2004.
- RASELINA. *Profesionalni substraty*. 2016. <http://www.raselina.cz/produkty/profesionalni-substraty/> (přístup získán 3. srpen 2016).
- RASELINA. *Historie*. 2016. <http://www.raselina.cz/o-nas/historie-soucasnost/> (přístup získán 3. leden 2016).
- RASELINA. *Rašelina Soběslav*. 2016. <http://www.raselina.cz/o-nas/soubory-ke-stazeni/> (přístup získán 12. srpen 2016).
- SÁDLO, J., STORCH, D., 1999. *Biotopy České republiky : biologická olympiáda 1999 - 2000, 34. ročník, přípravný text pro kategorie A, B*. Praha: Institut dětí a mládeže MŠMT ČR,
- SALAŠ, P., 2002. „Využití odpadní kůry do pěstebních substrátů I.“ *Lesnická práce*, č. 7. vyd.: s. 312-314.
- SALAŠ, P., 2002. „Využití odpadní kůry do pěstebních substrátů II.“ *Lesnická práce*, č. 8. vyd.: s. 352-353.
- SEVINK, J., 1997. Humus forms and ecosystems studies. *Lesnictví – Forestry*, 43: 547– 552.
- SIMON, M., GIL, C., POLO, A., 1994. Characteristics of the organic matter of

Mediterranean high-mountain soils. In: *Geoderma*. 61:1-2, 119-131.

SLOUP, J., SALAŠ, P., 2007. „Kontejnery a substráty ve školkařské produkci.“ *Zahradnictví*, s 56-57.

SOUČEK, J. a kol., 2010. *Obnova lesa na lokalitách ohrožených introskeletovou erozí*. Strnady: VÚLHM v.v.i., 35 s.

SLODIČÁK, M., 2007. Lesnické hospodaření v imisní oblasti Krušných hor. Souhrn projektu. Grantová služba LČR, 21 s.

SPITZER, K., BUFKOVÁ, I., 2008. *Šumavská rašeliniště*. Vimperk: Správa Národního parku a CHKO Šumava, 2008.

ŠACH, F., 1999. „Problematika introskeletové eroze v Jizerských horách ve vazbě na poznatky z Krkonoš.“ In: *Obnova a stabilizace horských lesů*. Bedřichov: VÚLHM Jíloviště - Strnady, 89-94.

ŠACH, F., 1990. „Introskeletová eroze - nebezpečný proces na kamenitých lesních pozemcích po imisních holinách.“ *Zprávy lesnického výzkumu*, 13-15.

ŠACH, F., PAŠEK, M., 1996. Rozsah a dynamika introskeletové eroze v Krkonoších. In: *Monitoring, výzkum a management na území Krkonošského národního parku*. Jíloviště-Strnady, VÚLHM, VS Opočno: 79–88.

ŠACH, F., PAŠEK, M., 2000. „Rozsah a dynamika introskeletové eroze v Krkonoších.“ In: *Monitoring, výzkum a management ekosystémů na území Krkonošského národního parku*. Opočno: VÚLHM, VS Opočno, 17-27.

ŠENOVSKÁ, A., 2014. „Mumie z bažin na území Skandinávie. Filozofická fakulta Masarykovy univerzity.“ Brno: [Bakalářská diplomová práce], 36 s.

ŠIMKOVÁ, P., 2010. Půdní prostředí s celoplošnou úpravou půdy do extrémních liniových valů ve srovnání s přirozeným edatopem Krušných hor a možností jejich revitalizace, Disertační práce, MZLU v Brně, Brno, 143 s.

ŠRÁMEK, V., FADRHOŇSOVÁ, V., LOMSKÝ, B., 2003. Vápnění lesních porostův ČR v letech 2000 – 2004. In: Porázký, V., Karas, J., Neuhoferová, P. (eds.) *Využití chemické meliorace v lesním hospodářství ČR*. ČZU v Praze, Lesnická práce, Kostelec na Černými lesy, 17 – 21.

ŠTYKAR, J., 2003. *Geobiocenologie a její využití v péči o les a chráněná území*. Brno: Editační středisko MZLU,

TEREN, J., HUTÁR, E., 1978. Tabletované alebo briketované hnojivo s pozvol'nou účinnosťou živín. Československo Patent 201231. 13. 5 1978.

ULBRICHOVÁ, I., PODRÁZSKÝ, V., SLODIČÁK, M., 2005. Soil forming role of birch in the Ore Mts. *Journal Of Forest Science*, 51, (Special Issue): 54–58.

VACEK, S., 2003. Ohlédnutí za mezinárodním rokem hora horské lesy v ČR. Lesnická práce : časopis pro lesnickou vědu a praxi, ročník 82, číslo 1, 464 – 466.

VACEK, S., BALCAR, V., 1999. „Contribution to ecology and health state of birch stands in the Sudeten Mountains.“ *Journal of Forest Science*, 181-185.

VACEK, S., BALCAR, V., 2004. Sustainable management of mountain forests in the Czech Republic. *Journal of Forest Science*, 50, 2004, č. 11, s. 526 - 532.

VACEK, S., MATĚJKA, K., ŠACH, F., 1999. „Vegetační změny na půdách náchylných k intoskeletové erozi.“ *In. Obnova a stabilizace horských lesů*. Bedřichov: VÚLHM Jíloviště - Strnady, 107-112.

VAVŘÍČEK, D., ŠIMKOVÁ, P., 2004. Komparace skarifikovaných ploch mezi valy a přirozeným edatopem 7.LVS Krušných hor. In: NOVÁK, J., SLODIČÁK, M., (eds.), *Výsledky lesnického výzkumu v Krušných horách v roce 2003*. Jíloviště-Strnady, VÚLHM: 29–44.

VAVŘÍČEK, D., SAMEC, P., ŠIMKOVÁ, P., 2005. Soil properties as a component of predisposition factors of Norway spruce forest decline in the Hanušovická highland mountain zone. *Journal of Forest Science*, 51: 527–538.

VAVŘÍČEK, D., ŠIMKOVÁ, P., 2014. *Atlas lesních půd ČR*. Brno: Mendelova univerzita v Brně,

VAVŘÍČEK, D., ŠIMKOVÁ, P., SAMEC, P., FORMÁNEK, P., 2006. Soil aspects of forest site revitalization after windrow cultivation by heavy mechanization on the Krušné hory Mts. Plateau. *J.For.Sci.*, 52, 1:1–12.

VAVŘÍČEK, D., 2011. Péče o úrodnost půd v lesních školkách. In *Péče o půdu v lesních školkách - Sborník referátů přednesených na instruktážním kurzu*. Brno, Tribun EU s.r.o. 46–77.

VON POST, L., 1924. „System of organic sediment classification.“

VON POST, L., GRANLUND, E., 1926. *Sodra Sveriges torvtillgangar*.

ZAHRADNÍK, P., 2011. „Z historie lesnického výzkumného ústavu.“ Editor: Knížek M. *In. Škodliví činitelé v lesích Česka 2010/2011*. Průhonice: VÚLHM v.v.i., 5-7.

ZBÍRAL, J., MALÝ, S., VÁŇA, M., 2004. *Jednotné pracovní postupy - Analýza půd III*. Praha: ÚKZÚZ,

ZBÍRAL, J., MALÝ, S., VÁŇA, M., 2011. *Jednotné pracovní postupy - Analýza půd III*. Brno: ÚKZÚZ,

ZLATNÍK, A., 1975. *Ekologie krajiny a geobiocenologie*. Brno: VŠZ v Brně,

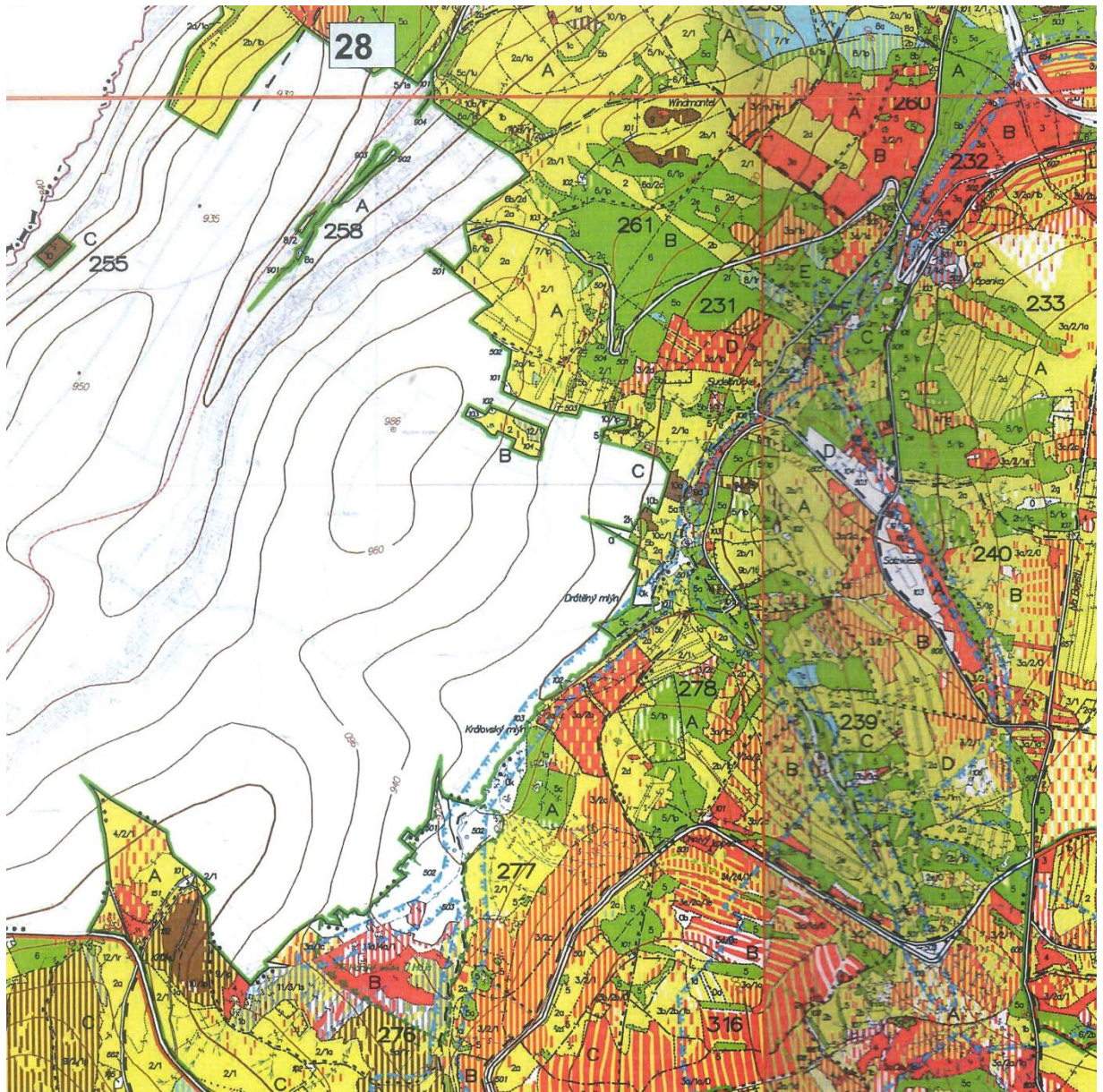
ZLATNÍK, A., 1976. *Lesnická fytoecologie*. Praha: Státní zemědělské nakladatelství,

Přílohy

Příloha č. 1



Obr. 64: Sazenice EXPM 2 – „Kompost“



Obr. 65: Porost 260 A 3a („Lokalita Windmantel“)

Seznam zkratek a symbolů

a.s.	akciová společnost
Al	hliník
Amkk	minimální vzdušná kapacita
atd.	a tak dále
BSD	bod snížené dostupnosti
BV	bod vadnutí
C _{ox}	uhlík oxidovatelný organický
C	celsia
C	uhlík
Ca	vápník
cca	cirka
cm	centimetr
cm	centimetr
CO ₂	oxid uhličitý
č.	číslo
ČR	Česká republika
ČSN	česká technická norma
ČSSR	Československá socialistická republika
Dm	decimetr
EPAGMA	European Peat and Growing Media Association
EU	Evropská unie
Fe	železo
g	gram
GmbH	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
GPS	geografický polohový systém
H ₂ O	voda
H ₂ SO ₄	kyselina sírová
CHKO	chráněná krajinná oblast
IPS	International Peatland Society
K	draslík
KCl	chlorid draselný
Kg	kilogram
km	kilometr
ks	kus
KVK	kationová výměnná kapacita
l	litr
L.	Carl Linné
LB	lentokapilární bod
LČR, s.p.	Lesy české republiky
Lh	lignohumát
LS	lesní správa
LVS	lesní vegetační stupeň
m	metr
Mg	hořčík
mg	miligram
mil	milion
MKK	maximální kapilární kapacita
mld.	miliarda

mm	milimetr
N t	celkový dusík
N	dusík
n. p.	národní podnik
NP	národní park
O ₂	kyslík
Obr.	obrázek
OSVČ	osoba samostatně výdělečně činná
Oy	Osakeyhtio
P	fosfor
P	pórovitost
PE	polyetylen
pH	potenciál vodíku, vodíkový exponent
pH/H ₂ O	půdní reakce aktivní
pH/KCl	půdní reakce potenciální výměnná
PLO	přírodní lesní oblast
r.	rok
S	síra
S	výměnné báze
S.R.	silvamix R
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
Sb.	sbírka
SM	smrk ztepilý (<i>Picea abies</i> (L.) Karsten)
Sv.	svatý
t.	tuna
Tab.	tabulka
tis.	tisíc
tj.	to je
tř.	třída
tzv.	tak zvaný
ÚGP	ústav geologie a pedologie
USA	Spojené státy americké
Vyhl.	vyhláška

Seznam obrázků

Obr. 1: Výskyt rašelinišť podle IPS (Obr. použit se svolením IPS)	18
Obr. 2 Klasifikace rašeliny do tříd podle barvy	21
Obr. 3: Plocha rašelinišť podle využití	28
Obr. 4: Rašelina a.s. Závod Branná	34
Obr. 5: Rašelina a.s. Soběslav.....	35
Obr. 6: Závod Hora Sv. Šebestiána.....	36
Obr. 7: Stanoviště vyšších poloh s absencí holorganických horizontů.....	61
Obr. 8: Průběh teploty vzduchu U Kiosku v roce 2012.....	62
Obr. 9: Průběh teploty vzduchu U Kiosku v roce 2013.....	62
Obr. 10: Průběh teploty vzduchu U Kiosku v roce 2014.....	63
Obr. 11: Klimatická stanička – čidla	64
Obr. 12: Klimatická stanička	64
Obr. 13: Počet dnů s teplotou nad 10°C.....	64
Obr. 14: Teploty půdy U kiosku v roce 2013	65
Obr. 15: Teploty půdy U Kiosku v roce 2014	66
Obr. 16: Půdní vlhkosti U Kiosku v roce 2012.....	67
Obr. 17: Půdní vlhkosti U Kiosku v roce 2013.....	68
Obr. 18: Půdní vlhkosti U Kiosku v roce 2014.....	68
Obr. 19: Lokalita Windmantel bez humusové vrstvy.	70
Obr. 20: Lokalita Windmantel, těžce zalesnitelné stanoviště cca po dobu 30 let.....	70
Obr. 21: Půdní profil, porost 260A3, lokalita Windmantel, stanoviště je bez dotace organ. látek a svrchní horizonty jsou v iniciálním stadiu.	73
Obr. 22: Obsah C, N a poměr C/N v jednotlivých horizontech půdní sondy na výzkumné ploše Windmantel.....	74
Obr. 23: Obsah celkových živin v substrátovém horizontu C na výzkumné ploše Windmantel.....	74
Obr. 24: Obsah přístupného Ca a Mg v jednotlivých horizontech půdní sondy na výzkumné ploše Windmantel.....	75
Obr. 25: Obsah přístupného K a P v jednotlivých horizontech půdní sondy na výzkumné ploše Windmantel.	75
Obr. 26: MKK na jednotlivých plochách lokality Windmantel a U Kiosku	76
Obr. 27: Pórovitost na jednotlivých plochách lok. Windmantel a U Kiosku	77
Obr. 28: A_{MKK} na jednotlivých plochách lokality Windmantel a U Kiosku.....	78
Obr. 29: Sazenice <i>Picea abies</i> (L.) Karsten zasazené v různých substrátech a kontrolní výsadba	79
Obr. 30: Foliární koncentrace N u sazenic na experimentálních plochách.	81
Obr. 31: Foliární koncentrace P u sazenic na experimentálních plochách	81
Obr. 32: Foliární koncentrace K	81
Obr. 33: Foliární koncentrace Ca.....	81
Obr. 34: Porovnání průměrných hodnot koncentrace dusíku v jehličí smrku ztepilého pro jednotlivé varianty substrátu, výzkumná plocha Windmantel	83
Obr. 35: Porovnání průměrných hodnot koncentrace fosforu v jehličí smrku ztepilého pro jednotlivé varianty substrátu, výzkumná plocha Windmantel	83
Obr. 36: Porovnání průměrných hodnot koncentrace draslíku v jehličí smrku ztepilého pro jednotlivé varianty substrátů, výzkumná plocha Windmantel	83
Obr. 37: Porovnání průměrných hodnot koncentrace vápníku v jehličí smrku ztepilého pro jednotlivé varianty substrátů, výzkumná plocha Windmantel	83

Obr. 38: Porovnání průměrných hodnot koncentrace hořčíku v jehličí smrku zteplého pro jednotlivé varianty substrátů, výzkumná plocha Windmantel	84
Obr. 39: Porovnání průměrných hodnot koncentrace síry v jehličí smrku zteplého pro jednotlivé varianty substrátů, výzkumná plocha Windmantel.....	84
Obr. 40: Stav výživy N na jednotlivých variantách, průměr za 3 roky řešení, Windmantel.....	86
Obr. 41: Stav výživy P na jednotlivých variantách, průměr za 3 roky řešení, Windmantel.....	86
Obr. 42: Stav výživy K na jednotlivých variantách, průměr 3 roky řešení, Windmantel	87
Obr. 43: Průběh stavu výživy N v průběhu 3 let	87
Obr. 44: Průběh stavu výživy P v průběhu 3 let	88
Obr. 45: Průběh stavu výživy K v průběhu 3 let	88
Obr. 46: Průběh stavu výživy Ca v průběhu 3 let.....	89
Obr. 47	91
Obr. 48: Porovnání průměrných hodnot obsahu oxidovatelného uhlíku v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel	91
Obr. 49: Porovnání průměrných hodnot celkového dusíku v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel	91
Obr. 50: Porovnání průměrných hodnot poměru C/N v zóně kořenového balu pro jednotlivé hnojivové varianty na výzkumné ploše Windmantel.....	91
Obr. 51: Porovnání průměrných hodnot obsahu aktivních humusových látek v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel	91
Obr. 52: Porovnání průměrných hodnot obsahu huminových kyselin v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel	91
Obr. 53: Porovnání průměrných hodnot obsahu fulvokyselin v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel.....	92
Obr. 54: Porovnání průměrných hodnot HK/FK v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel	92
Obr. 55: Porovnání průměrných hodnot obsahu fosforu v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel	92
Obr. 56: Porovnání průměrných hodnot obsahu hořčíku v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel	92
Obr. 57 Porovnání průměrných hodnot obsahu vápníku v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel	92
Obr. 58: Porovnání průměrných hodnot obsahu draslíku v zóně kořenového balu pro jednotlivé varianty substrátů na výzkumné ploše Windmantel	92
Obr. 60: Biometrické veličiny (výšky a přírůsty) u sazenic v jednotlivých variantách substrátů v letech 2013-2014, lokalita U Kiosku.....	94
Obr. 61: Zdravotní stav sazenic v jednotlivých substrátech v letech 2012-2014, lokalita Windmantel.....	95
Obr. 62: Zdravotní stav sazenic v jednotlivých substrátech v letech 2012-2014, lokalita U Kiosku	95
Obr. 64: Sazenice EXPM 2 – „Kompost“	109
Obr. 65: Porost 260 A 3a („Lokalita Windmantel“)	110
Obr. 66: Porost 317 B 3 („Lokalita U Kiosku“)	111

Seznam tabulek

Tab. 1: Komise International Peatland Society	4
Tab. 2: Rašeliniště v systému NATURA 2000	10
Tab. 3: Ekologické typy rašelinných mokřadů	14
Tab. 4: Typy rašelinišť podle pH.....	17
Tab. 5: Rašeliny Zahradnické a kompostové.....	21
Tab. 6: Rašeliny Substrátové	21
Tab. 7: Vlastnosti experimentálních substrátů v roce 2012.....	50
Tab. 8: Vlastnosti experimentálních substrátů v roce 2013.....	52
Tab. 9: Hodnocení zdravotního stavu	54
Tab. 10: Klasifikační stupnice pro hodnocení obsahu živin v organominerálních a minerálních horizontech (analyzované ve výluhu Melich II.) (Vavříček, 2011).....	57
Tab. 11: Půdní hydrolimity pro stanoviště Kiosek	66
Tab. 12: Hodnoty živin v zóně kořenových balů po transformaci dle obsahu humusu..	90