

Mendelova univerzita v Brně

Lesnická a dřevařská fakulta

Ústav geologie a pedologie

Vliv půdních vlastností na genezi vegetačních typů spontánně regenerovaných a lesnicky rekultivovaných ploch ve vápencovém lomu Mokrá

Disertační práce

2017

Ing. Hana Cihlářová

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem práci: Vliv půdních vlastností na genezi vegetačních typů spontánně regenerovaných a lesnický rekultivovaných ploch ve vápencovém lomu Mokrá zpracovala 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 vědoma, 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 nákladu spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Brně, dne:

Poděkování

Velký dík patří Ing. Kouteckému Ph.D. za mnohá doporučení k této práci, vedení terénních prací a zejména botanické a dendrochronologické části. Děkuji Ing. Donocikovi Ph.D. za možnost spolupráce se společností Českomoravský cement a.s., její finanční podporu a příjemné zázemí. Děkuji Ing. Kučerovi Ph.D. za mnohá doporučení k pedologické části této práce a Ing. Hladkému Ph.D. za pomoc se statistickým zpracováním dat. Děkuji Ing. Juříčkovi za vytvoření map a pomoc s terénními pracemi. Děkuji Ing. Sekaninovi za odborné konzultace k rekultivačním projektům a poskytnutí literatury. Děkuji Ing. Brtnickému za pomoc s vyhodnocením získaných dat. Děkuji doc. Mgr. Kynickému Ph.D. za pomoc s vyhodnocením XRF analýz a možností toto téma zpracovat. V neposlední řadě děkuji své rodině a přátelům, kteří mě v této práci podporovali.

Hana Cihlářová Vliv půdních vlastností na genezi vegetačních typů spontánně regenerovaných a lesnický rekultivovaných ploch ve vápencovém lomu Mokrá

Effect of soil properties on vegetation types genesis of spontaneously regenerated and forestry reclaimed areas in limestone quarry Mokrá

Abstrakt

Vliv půdních vlastností na vývoj vegetace během raných stádií spontánní sukcese a lesnické rekultivace byl studován na území lomu Mokrá (Jihomoravský kraj). Samovolně obnovované plochy byly zkoumány zejména z hlediska dominantního výskytu expanzivního druhu třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*), která se vyznačuje schopností zablokovat sukcesní pochody. U lesnických rekultivací byl výzkum zaměřen na srovnání půdních vlastností chřadnoucích a prosperujících výsadeb. V obou případech byly jako hlavní půdní charakteristiky studovány: vzdušný a vodní režim, textura, pH, obsah oxidovatelného uhlíku (C_{ox}), celkového dusíku (N_t) a obsahy hlavních makroživin (Ca, Mg, P, K). Ze statistického zpracování získaných dat vyplynulo, že vzdušný a vodní režim půdy, půdní textura, obsah C_{ox} a N_t jsou statisticky významné pro plochy s dominantním výskytem třtiny křovištní. Třtina křovištní měla tendenci dominovat na půdách jemnozrnných a těžkých s vyšším obsahem C_{ox} a N_t . U lesnický rekultivovaných ploch byl statisticky významný obsah písku, jílu a přístupného draslíku, avšak žádná z půdních vlastností nemohla být označena jako příčina chřadnutí či prosperity výsadeb.

Klíčová slova: lom Mokrá, spontánní sukcese, lesnická rekultivace, půdní vlastnosti, třtina křovištní, prosperita

Abstract

The role of soil properties for the vegetation development during early spontaneous succession and forest reclamation was studied in a limestone quarry Mokrá (south of Moravia). Spontaneously regenerated areas were studied mainly with the aim to detect the soil environment features supporting the swards formation of expansive reed grass (*Calamagrostis epigejos*), which is able to arrest a succession process. Forestry reclaimed areas were study with the aim to compare soil properties of prosperous and decline sites. We examined water–air regime, soil reaction (pH), soil texture, soil organic carbon content (SOC), total nitrogen content (N_{tot}) and content of available Ca, Mg, K and P. The multivariate statistical approach revealed the fact that soil texture, SOC, N_{tot} and water air regime were statistically significant for the spontaneously regenerated vegetation types. Reed grass preferred fine grained soils with higher SOC and N_{tot} content. Content of clay, sand and available K were statistically significant for decline and prosperous sampling sites. However any soil property could be called as a cause of prosperity or decline.

Key words: quarry Mokrá, spontaneous succession, forest reclamation, soil properties, reed grass, prosperity

Obsah

1 Úvod.....	8
2 Cíl práce a základní hypotézy.....	10
3 Současný stav řešené problematiky.....	11
3.1 Spontánní sukcese.....	11
3.2 Lesnické rekultivace.....	13
3.3 Přehled vybraných realizovaných rekultivačních a výzkumných prací ve vápencovém lomu Mokrá.....	14
3.4 Problematika klasifikace antropických půd.....	16
4 Metodika.....	17
4.1 Studované území.....	17
4.1.1 Lokalizace a geomorfologie lomu Mokrá.....	17
4.1.2 Geologická charakteristika vápencového lomu Mokrá.....	18
4.1.3 Hydrologická charakteristika vápencového lomu Mokrá.....	19
4.1.4 Pedologická charakteristika širšího území vápencového lomu Mokrá.....	19
4.1.5 Klimatické podmínky vápencového lomu Mokrá.....	19
4.1.6 Biogeografická charakteristika.....	20
4.2 Sběr dat.....	22
4.2.1 Podrobná charakteristika studovaných ploch a výběr odběrných míst.....	25
4.3 Metodika půdních analýz.....	30
4.4 Analýza získaných dat.....	36
4.4.1 Analýza výsledků pedologického šetření.....	36
4.4.2 Analýza struktury fytocenóz.....	37
4.4.3 Dendrochronologické analýzy.....	37
5 Výsledky.....	38
5.1 Spontánně obnovované plochy.....	38
5.1.1 Pedologická část.....	38

5.1.2 Botanická část	47
5.2 Lesnicky rekultivované plochy	49
5.2.1 Pedologická část	49
5.2.2 Dendrochronologická část	68
6 Diskuze	71
7 Závěr	78
8 Seznam použité literatury	81
9 Summary	91
10 Přílohy.....	94

1 Úvod

Více než 1 % území ČR je dotčeno těžební činností s největšími plochami na Mostecku, Sokolovsku a Ostravsku (Frouz et al. 2006; Prach 2012; Řehounek a Hátle 2015). Obnovou člověkem narušených oblastí se zabývá vědní obor ekologie obnovy, která je v České republice zaštiťována pracovní skupinou ekologie obnovy pod vedením prof. RNDr. Karla Pracha, CSc.

Za velmi efektivní metodu regenerace degradovaných oblastí, která zvyšuje biologickou rozmanitost a zároveň snižuje finanční náklady, je považována spontánní sukcese (Hodačová a Prach 2003; Mudrák a Frouz 2012; Prach a Pyšek 2001; Řehounek a Řehounek 2012; Tropek et al. 2012). Sami autoři však uvádějí, že tato metoda není vhodná zcela vždy a na celém území postižené oblasti. Prach a Hobbs (2008) obecně definovali, že využití spontánní sukcese není vhodné v extrémních podmínkách prostředí, a to jak extrémně chudých (sucho, kontaminace, eroze, extrémní pH atp.) tak bohatých (dostatek srážek, živin, jemnozeme). U deponií jemnozrného živinami zásobeného substrátu hrozí zablokování spontánní sukcese konkurenčně silnými invazními a expanzivními druhy. Jedním z nejproblematictějších konkurenčně silných druhů je třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*) (Wiegand a Felinks 2001). Pokud hrozí zastavení postupného zarůstání silně konkurenčními druhy, jeví se jako vhodnější využití technické rekultivace např. lesnické.

Lesnická rekultivace je jako metoda obnovy těžbou degradovaných oblastí v posledních letech kritizována. Široká část vědecké společnosti ji považuje za značně nákladnou a snižující biologickou rozmanitost území (Hodačová a Prach 2003; Prach a Pyšek 2001; Prach 2009, 2015; Tropek et al. 2012). Často se však jedná o velmi nevhodně provedené rekultivace, které nerespektují přírodní procesy (Prach 2015).

První hypotéza této práce vznikla při účasti v soutěži Quarry Life Award na počátku roku 2014 pořádané společností Českomoravský cement a.s, kde botanik doc. Mgr. Tichý PhD. vyslovil myšlenku, zda by bylo možné pedologicky definovat půdu, na které mají tendenci převážít expanzivní a invazivní druhy zejména třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*). Další otázky pak vznikaly na základě spolupráce se společností Českomoravský cement a.s., ve snaze využití výsledků k obnově dotěžených částí vápencového lomu Mokrá.

Předkládaná práce se zabývá studiem vybraných spontánně obnovovaných a lesnicky rekultivovaných ploch lomu Mokrá. Spontánně regenerované plochy jsou zkoumány zejména z hlediska výskytu silně konkurenčního druhu třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*) a cílem této části je pokusit se odhalit souvislosti mezi výskytem tohoto druhu a vlastnostmi půdního substrátu. U lesnických rekultivací se práce zaměřuje zejména na srovnání půdních vlastností chřadnoucích a prosperujících výsadeb.

Pro tento lom se jedná o vůbec první ucelený pedologický průzkum, jehož přínos předpokládáme jak ve vědecké hodnotě, tak v praktickém využití pro následné rekultivační plány a zvýšení úspěšnosti obnovy lomu.

2 Cíl práce a základní hypotézy

Prvním cílem této práce je pokusit se na spontánně obnovovaných plochách definovat odlišnosti půdního substrátu, na němž dominuje silně konkurenční druh třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*).

Druhým cílem je srovnat půdní vlastnosti prosperujících a chřadnoucích výsadeb a vyhodnotit jejich vliv na růst sazenic.

Základní řešené otázky:

- 1) Vykazují v rámci studovaného lomu Mokrý plochy s převahou konkurenčně silného druhu třtiny křovištní jiné půdní vlastnosti ve srovnání s plochami, na nichž tento druh nedomínuje?
- 2) Jaké jsou vlastnosti půd na lesnický rekultivovaných plochách lomu Mokrý a lze je označit za možnou příčinu chřadnutí výsadeb?

3 Současný stav řešené problematiky

Jedním z pilířů problematiky obnovy těžbou degradovaných oblastí je mladá věda tzv. ekologie obnovy (Restoration ecology). V roce 1987 byla v USA založena Společnost pro ekologickou obnovu (Society for ecological restoration - SER), která spojuje vědecké pracovníky celého světa, zabývající se touto problematikou. Od roku 1993 také vychází časopis Restoration ecology. Stejnojmennou publikaci podává Van Andel a Aronson (2006), ve které jsou nastíněny jak základní principy této vědy, tak konkrétní příklady obnovy různých ekosystémů. Komplexní studii zaměřenou na ekologii obnovy a regeneraci ekosystémů publikoval Walker a Moral (2003). Mezi další významné zahraniční autory patří např. Bradshaw (1997, 2000), Lavelle et al. (1997). V české literatuře se tématem ekologie obnovy zabývá např. Frouz et al., (2001, 2006); Frouz a Nováková (2005); Gremlica et al. (2013); Hodačová a Prach (2003); Chodak et al. (2009); Prach a Pyšek (2001); Prach (2009, 2015); Prach et al. (2012), Šourková et al. (2005); Tropek et al. (2012).

3.1 Spontánní sukcese

Samovolná obnova je v posledních letech často studována zejména jako způsob obnovy člověkem degradovaných oblastí (Prach a Pyšek 2001; Prach 2009, 2015; Prach et al. 2012; Řehounek a Hátle 2015, Tropek et al. 2012). Spontánní sukcese bývá často diskutována z hlediska faktorů, které ovlivňují její průběh. Tyto faktory můžeme rozdělit do dvou základních skupin: 1) vlastnosti stanoviště (klimatické faktory, geologické podloží území, pedologické podmínky a hydrologické podmínky) 2) vlastnosti okolí např. dostupnost hodnotných ekosystémů v degradované oblasti (Kiehl et al. 2010).

Mnoho autorů (Doležalová et al. 2012; Hodačová a Prach 2003; Tropek et al. 2012) se zabývá srovnáním uměle rekultivovaných a spontánně regenerovaných oblastí. Většina dostupných studií poukazuje na vyšší ekosystémovou a druhovou diverzitu spontánně obnovených ploch. Spontánně regenerované a uměle rekultivované plochy mají odlišná stádia vývoje v čase. Umělá rekultivace je rychlá a druhově relativně bohatší pouze v prvotních stádiích, zatímco postupem času se situace obrací ve prospěch spontánní sukcese (Hodačová a Prach 2003). Vyšší druhová rozmanitost byla prokázána například na hlušinových odvalech v okolí Ostravy (Koutecký 2011). Přírozenou obnovu doporučuje Prach (2015) také na většině výsypek po těžbě uhlí na

Mostecku, kde díky členitému terénu dochází k vytvoření tůňek v prohlubních a zároveň stepních společenstev na jejich okrajích. Pro výběr vhodné metody obnovy území existuje mnoho dalších faktorů jako například: poloha území vzhledem k zastavěným plochám a obytným zónám a zejména časové a finanční možnosti.

Pro tuto práci jsou podrobněji rozebrány půdní vlastnosti. Za pedologické podmínky, které mají přímý vliv na druhové zastoupení rostlin a celkově trajektorii sukcesních pochodů, byly označeny: půdní organická hmota, vodní kapacity půdy, půdní reakce (Wiegleb a Felinks 2001), pórovitost (Bröring a Wiegleb 2005), hloubka půdního profilu (Dana a Mota 2006), půdní vlhkost, objemová hmotnost půdy a obsah makrobiogenních prvků (N, P, K, Ca, Mg, Na) (Tishew a Lorenz 2005). Tishew a Lorenz (2005) také upozorňují na důležitost fyzikálních vlastností půdy, které hrají klíčovou roli ve formování nově vznikajících půd a ovlivňují většinu půdních vlastností.

Prach et al. (2007) považuje za nejdůležitější faktory ovlivňující efektivitu a vůbec proces spontánní sukcese klimatické faktory oblasti (srážky, teplota, počet slunných dnů atd.) a půdní reakci. Řehouňková a Řehounek (2012) při studiu pískoven v České republice prokázali, že hladina podzemní vody je nejvýznamnějším stanovištním faktorem ovlivňujícím průběh spontánní sukcese na těchto stanovištích. Za důležité dále považují půdní texturu, půdní reakci, makroklima a přítomnost společenstev a půdního pokryvu v širším okolí pískoven.

Půdní organická hmota je často považována za klíčový faktor pro posouzení kvality půdy a je používána jako měřítko úspěšnosti regenerace dané oblasti (Bodlák et al. 2012; Bartuška et al., 2015; Frouz et al. 2001; Frouz a Nováková 2005; Frouz et al. 2006). Celkově má obsah půdní organické hmoty tendenci narůstat s přibývajícím délkou průběhu sukcesních pochodů (Bodlák et al. 2012; Frouz a Nováková 2005; Šourková et al. 2005), kdy se zároveň zvyšuje zápoj dřevin a množství opadu (Zhang a Chu 2011). Na druhou stranu půdní reakce (pH) vykazuje na spontánně obnovovaných plochách klesající tendenci (Frouz a Nováková 2005; Šourková et al. 2005). Překvapivou korelaci zjistil Bodlák et al. (2012), a to negativní závislost mezi množstvím oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) a jemnozrnnou frakcí půdy a pozitivní korelaci mezi C_{ox} a hrubozrnnou frakcí půdy.

3.2 Lesnické rekultivace

Lesnické rekultivace jsou v České republice nejčastějším způsobem obnovy těžbou postižených oblastí (Hodačová a Prach 2003; Prach a Pyšek 2001; Prach 2009; Tropek et al. 2012). Zejména členy společnosti pro ekologickou obnovu (viz. výše) jsou klasické lesnické rekultivace vnímány negativně. Důvodem je zejména snižování rozmanitosti obnovovaného území v porovnání s přirozenou obnovou a vysoká finanční nákladnost. Často se však jedná o velmi nevhodné provedení lesnické rekultivace. Např. nešetrná technická příprava zeminy a výsadba monokultur, do již vznikajících přírodě blízkých a rozmanitých porostů. Tyto případy jsou velmi podrobně zpracovány např. Řehounek et al. (2015). Velmi kritizovaným způsobem lesnických rekultivací je umělé vytvoření málo členitého terénu a založení monokulturních výsadeb, které nejsou vhodné pro dané území. Často také dochází k výsadbám nepůvodních a dokonce i invazivních dřevin (Gremlica et al. 2013).

Ve světové literatuře jsou lesnické rekultivace vápencových lomů diskutovány mnoha autory (např. Almendro - Candel et al 2007; Clemente et al, 2004; Cohen-Fernández, 2013; Davis et al., 1985; Gunn a Bailey 1993; Richardson a Evans 1986; Ruthrof 1997). Většina prací se zaměřuje na specifické, často extrémní půdní podmínky a na metody zvýšení vhodnosti pro růst rostlin. Půdní substráty vápencových lomů jsou klasifikovány jako antropozemě, azonální půdy, které jsou obvykle ochuzeny o humusový horizont. Častým důvodem omezeného růstu rostlin ve vápencových lomech je hutněný půdní substrát, s omezenou půdní strukturou, vysoké hodnoty pH a nedostatek živin (Cohen-Fernández 2012; Naeth et al. 2012). Podle Kishchuka (2000) vysoké hodnoty pH společně s vysokými koncentracemi karbonátů způsobují imobilizaci oxidů železa a nedostatek přístupného fosforu. Locppert a Hallmark (1985); Pessarakli (2010) a Strom et al. (1994) potvrzují ochuzení alkalických půd o železo, Kinzel (1983) přidává zinek a fosfor. Gunn et al. (1992) také upozorňuje na důležitost obsahu fosforu, draslíku a dusíku ve vápencových lomech.

Pro hodnocení úspěšnosti lesnických rekultivací je nejčastěji používaná půdní biologická aktivita (Harris a Birch 1989; Šiša 1993; Šiša et al. 1997; Voříšek et al. 1997). Méně pozornosti je věnováno fyzikálním a chemickým vlastnostem půd, které také hrají klíčovou roli pro odrůstání dřevin (Parker 1974). Tyto podmínky jsou obsaženy v základních nárocích rostlin na půdu tedy: dostatek netoxického půdního substrátu, jež je schopen udržet a poskytovat vodu, živiny a vzduch (Moffat 2004).

3.3 Přehled vybraných realizovaných rekultivačních a výzkumných prací ve vápencovém lomu Mokrá

Sledováním sukcese na netěžených stěnách lomu Mokrá se zabývala Paukertová (2009). Čtrnáct různě dlouho přírodními procesy obnovovaných lomových stěn (od 30 do 15 let) bylo sledováno v letech 2005 – 2009. Ke každé stěně byl zhotoven soupis rostlinných druhů a jejich rozdělení na lesní, stepní a ruderalní. Souvislosti mezi délkou probíhající sukcese a rostlinným složením zatím nebyly prokázány (Paukertová 2009).

Možnostmi zvýšení biodiverzity v lomu Mokrá se zabýval Tichý (2010, 2013). Publikace přináší podrobný popis a časový harmonogram rekultivačních prací, důraz je kladen na rozvrstvení jednotlivých frakcí zeminy a druhové složení sazenic.

Technickou rekultivací části lomu Mokrá se také zabýval Šmerda (2013) v projektu sanačních a rekultivačních prací. Práce je velmi vhodným vodítkem postupu šetrné rekultivace, která by měla spíše podpořit spontánní vývoj s drobným usměrněním zejména invazivních druhů a dosázením druhů žádoucích podle potenciální vegetace vyjádřené skupinami typů geobiocénů (Buček, Lacina 2007). Avšak v závěru se konkrétní návrh pro upravení této parcely velmi odlišuje od těchto principů a autor navrhuje celou plochu vyžnout a biomasu spálit. Dále navrhuje použití přípravku Roundup, místo deratizovat a po té vysadit sazenice, které navrhuje silně uměle vyhnojit. (Šmerda, 2013). Realizace tohoto projektu byla významně usměrněna ve prospěch šetrné rekultivace organizací Rezekvítek.

Plán péče o zrekultivovanou část lomu Mokrá vypracovali Tichý a Jurek (2011). Na svazích této plochy byl vytvořen zajímavý experiment (Tichý a Donocik 2012), kdy byly vybrané plochy obohaceny jemnou vrstvou půdy, která zde byla přemístěna ze starého polopřírodního dubohabrového lesa. Půda byla mozaikovitě rozprostřena po ploše. Jiné plochy byly obohaceny o lesní organickou hmotu, zejména o listí. Poslední typ ploch byl ponechán nedotčen (po technické rekultivaci) jako kontrolní stanoviště. Na počátku experimentu v bylinném krytu převažovaly termofilní a ruderalní druhy. Po třech letech byl pozorován silný nárůst lesních druhů na plochách obohacených lesní půdou. Zatímco ostatní plochy vykazovaly podobné druhové složení jako na počátku. Tato práce navrhuje používání lesní půdy pro podpoření a urychlení lesnické rekultivace a strategické plánování při rekultivacích dotěžených částí lomu před skácením lesa pro další rozšíření těžby (Tichý a Donocik, 2012).

Fotodokumentaci významných krajinných prvků v DP lomu Mokrý vytvořil Dvořák a Dvořáková (2004). Cílem je sledování změn území v čase.

Sekanina a Musilová (2011) podávají velmi podrobnou studii o současném stavu dotěžených ploch lomu Mokrý a navrhují plán péče o rekultivované plochy. Za konečný, cílový stav autoři považují dostatečně druhově pestré a stabilní ekosystémy lesostepi, stepi, lesa a extrémních stanovišť.

Z hlediska fauny a obnovy těžebních prostor považují Sekanina a Musilová (2011) za nejvýznamnější posouzení půdního edafonu a možnosti okusu dřevin zvěří. Na takto člověkem degradovaných plochách dochází desítky let k obnově půdního edafonu, proto je navrženo využití tzv. přípravných dřevin pro lesnické rekultivace; nejlépe listnatých stromů a keřů odolných přežít v antropogenních podmínkách.

Okus zvěří patří k závažným problémům obnovy tohoto území. Škody páchá zejména muflon, daněk, srna a jelen. Možné řešení je spatřováno v omezení chovu daňka a muflona na území Moravského krasu (Sekanina a Musilová 2011). Autoři studie se zaměřují na odolnost dřevin z hlediska odolnosti proti okusu. Výsledky na studovaných rekultivovaných plochách byly následující: Dub uhynul téměř ve 100 %, zůstalo jen několik silně okousaných jedinců, úhyn javoru činil 75 %, zde je brán v úvahu také stres suchem, který se přidal k okusu. Borovice trpí na okus daleko méně, avšak zde bylo patrné poškození kůry srnci. Lípa byla hodnocena jako nejvíce odolná dřevina vůči okusu zvěří a také lomovým klimatickým podmínkám. Díky příznivému opadu je velmi vhodnou dřevinou pro lesnické rekultivace a vůbec obnovu člověkem degradovaných oblastí. Velmi kladně byla také hodnocena bříza, která okusem de facto netrpí a velmi dobře se vypořádává s výkyvy v post - těžebních oblastech. Jedná se o známou pionýrskou dřevinu, která je krátkověká, a proto je dřevinou přípravnou. Další známou pionýrskou dřevinou je modřín, který zde také velmi dobře prospívá, problém je však s jeho nepůvodností a maximálním zastoupením v lesním porostu do 10 %. Zapomínat by se nemělo na důležitou přípravnou funkci keřů (brslen, svída, hloh, růže atd.), které v těchto podmínkách dobře odrůstají a připravují podmínky pro další dřeviny. Topoly autoři hodnotí (topol černý, topol osika a kříženec topol šedý) jako vhodné přípravné dřeviny, které zde dobře odrůstají, avšak je nutné je z porostu zavčas odstranit. Stejně je hodnocena také vrba jíva. Neprodlené odstranění je doporučeno pouze u invazivních druhů jako je trnovník akát a škumpa (Sekanina a Musilová 2011).

Zajímavým zjištěním autorů byla preference zvěře k sazenicím oproti náletovým dřevinám stejného druhu.

3.4 Problematika klasifikace antropických půd

Z hlediska půdní taxonomie se práce bude zabývat antropickými půdami a z důvodu okrajového pojetí těchto půd z hlediska taxonomického klasifikačního systému půd ČR (Němeček a kol. 2011), je níže uvedena krátká rešerše také k tomuto tématu. Antropozemě (AN) jsou půdy vytvořené lidskou činností nakupením substrátů, které byly získány při těžební nebo stavební činnosti. Vlastnosti těchto půd jsou dány jak charakterem substrátů, tak jejich vrstvením a dalšími kultivačními procesy (Němeček a kol. 2011). Pokud jsou materiály pouze navrstveny, vznikají antropické substráty (haldy, výsypky, deponie). Na základě množství organické hmoty, zrnitostního složení, kontaminace redoximorfních znaků atp. bylo určeno 15 subtypů antropozemě (Němeček a kol., 2011). Diagnostické horizonty, jež byly brány v úvahu pro v studované antropozemě jsou následující:

a) Organominerální povrchové horizonty – **iniciální (Ai)** s mocností do 0,05 m a obsahem humusu do 1 %; **humózní lesní (Ah)** s mocností do 0,10 m a **humózní drnový (Ad)**, jež vzniká činností trvalé travní vegetace (Němeček a kol. 2011).

b) Podpovrchové horizonty – **antropický (Bz)** lidskou činností navrstvený hnědý horizont, pod nímž půda pokračuje běžným sledem; **půdní sediment (M)**; **pevná hornina (R)**; **podložní hornina**, která je výrazně odlišná od substrátu (**D**); **skeletovitý rozpad pevné horniny (Cr)** (Němeček a kol. 2011).

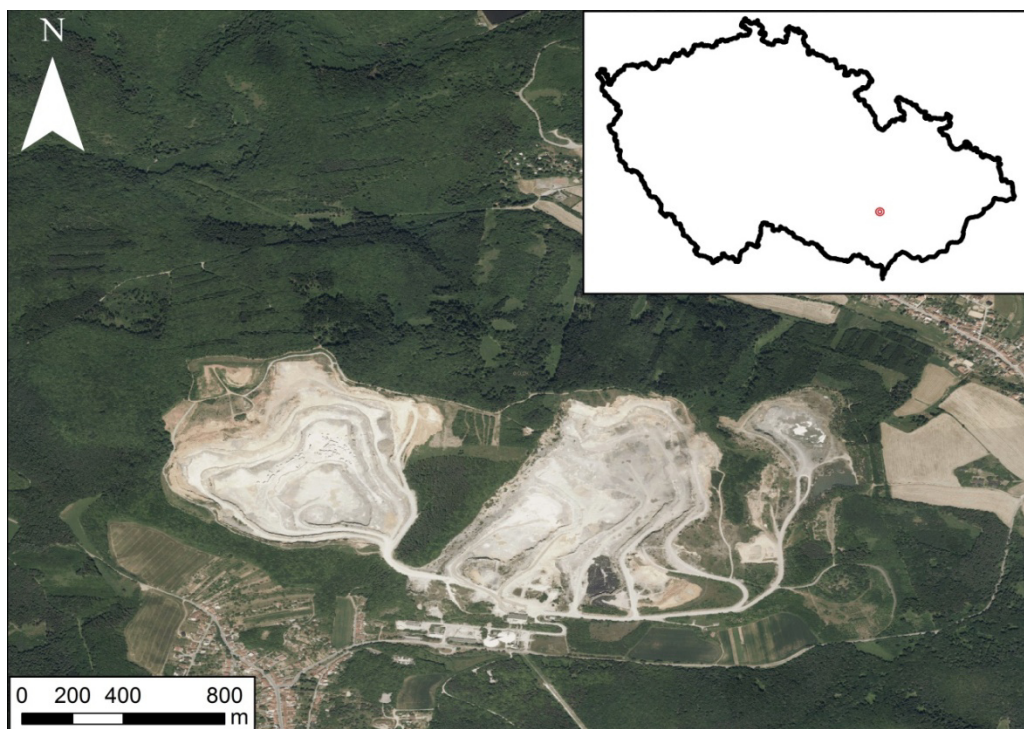
4 Metodika

4.1 Studované území

4.1.1 Lokalizace a geomorfologie lomu Mokrá

Vápencový lom Mokrá se nachází na území třech obcí v okrese Brno venkov do 16 km od města Brna. Jedná se o obce Hostěnice, Mokrá a Sivice. Lomová jáma je rozdělena na Západní lom („Troják“) Střeni lom („Korál“) a Východní lom („Břidla“) s celkovou plochou překračující 150 ha. Ve směru V – Z lom měří 1840 m a ve směru S – J 800 m (obr. 1). Lom Mokrá patří mezi největší vápencové lomy v České republice a podléhá značné vědecké pozornosti. Při současné těžbě Středního a Západního lomu dochází k obnově území dotěžených ploch především Východního lomu, kde těžba probíhá už jen sporadicky.

Lom Mokrá je situován na rozhraní jižního cípu Moravského krasu a Drahanské vrchoviny, podoblast konická vrchovina. Reliéf území je význačný ostrými lomovými stěnami a rovnými plochami. Dno lomu leží v nadmořské výšce 360 m, nejvyšší bod studovaného území se nacházel na východním okraji v nadmořské výšce 449 m (dnes je již odtěžen, Sekanina a Musilová 2011).



Obr. 1. Mapa širšího okolí a lokalizace lomu Mokrá (ESRI 2016).

4.1.2 Geologická charakteristika vápencového lomu Mokrá

Území lomu Mokrá je tvořeno vápencovým náhorním platem, které je na západě omezeno údolím Říčky. Na jihu se nacházejí bazální klastika, východní část je tvořena lomovým prostorem (skrývky a etáže). Na vápence ve východní a severní části nasedají kulmské horniny (zejména břidlice a droby). V důlním prostoru Mokrá (DP Mokrá) se těží především vilémovické vápence (devon - frasn). V nadloží Prostředního lomu a severně od DP Mokrá se vyskytuje tenká vrstva křtinských vápenců (devon – famen). V severní části DP Mokrá a v okolí vesnice Hostěnice se vyskytují hádsko – říčské vápence (spodní karbon – tournai). Ve východním lomu se vyskytují břidlice karbonského stáří (Sekanina a Musilová 2011).

Studované území je přiřazováno k J – JV okraji Moravského krasu, tvořeného 25 km dlouhým pásem devonských vápenců. Vápence nasedají na granitoidní intruzivní masiv proterozoického stáří. Ve středním devonu došlo k poklesu východní části tohoto masivu, čímž vznikla sedimentační pánev. Nejdříve se na mořském dně začaly usazovat pískovce, arkózy a slepence. Tato vrstva je označována jako výše zmiňovaná bazální klastika devonu. Přínos tohoto materiálu byl ukončen ve středním až svrchním devonu, kdy se podmínky změnila ve prospěch korálů a stromatoporů, jejichž vápnité schránky tvoří základní hmotu devonských vápenců. Vápence jsou rozlišovány na Josefovské, ty jsou považovány za nejstarší. Mají tmavošedou barvu a jsou uloženy v deskovitých vrstvách. Jsou tvořeny sedimenty příbřežní zóny. Lažánecké vápence se liší zejména zastoupením odlišných rodů stromatopor a strukturou horniny. Největší komplex Moravského krasu je však tvořen vilémovskými vápenci. Tyto jsou jemně zrnité, lavicovité až masivní, barvy světle šedé. Jedná se o velmi čisté vápence. Formování Moravského krasu bylo ukončeno ve spodním karbonu sedimentací tzv. Líšeňského souvrství. V nadloží tohoto souvrství se nachází sedimenty karbonského flyše, především slepenců, drob a břidlic. V Moravském krasu se také nacházejí terciární jíly, písky a štěrky. Ložisko Mokrá je tvořeno výrazným hřebenem ve směru V – Z. Zejména západní část ložiska je charakteristická dvěma systémy zlomů ve směru SZ – JV. Doškovitou stavbu ložiska způsobují vrásové a kerné přesmyky ve směru SSV – JJZ. Zejména na zlomové linie jsou vázány krasové jevy (Sekanina a Musilová, 2011).

4.1.3 Hydrologická charakteristika vápencového lomu Mokrá

Lom Mokrá je ohraničen především údolnicemi toků Říčky, Hostěnického potoka a Vlašnovského potoka. Povrchová voda tedy přirozeně stéká do těchto toků. Studované území náleží do dvou povodí, a to Hostěnického potoka, který ústí do toku Říčky a Mokerského potoka ústícího do Rokytnice, která se s Říčkou stéká níže. Většina srážkové vody je v širším okolí využita porosty nebo se propustným podložím dostává do vod podzemních. Celkově je území hodnoceno jako vysychavé, kdy je celkový úhrn srážek nižší než výpar. Tato situace je dána zejména propustností hornin a otevřenou velkou plochou slunečnímu záření (Sekanina a Musilová 2011). Autoři v práci vyslovují domněnku, že pod bází lomu, v nadmořské výšce 335 m již může docházet k výskytu hladiny podzemní vody.

Rozborem důlních vod se zabývala Jeglová (2007, 2014). Na základě měření povrchových důlních vod v oblasti lomu Mokrá (Jeglová 2007, 2014) nebyly stanoveny žádné nepřipustné hodnoty znečištění. Režimem podzemních vod se zabýval Kudělásek (2012). Měření neodhalila žádné významné ovlivnění hladin podzemních vod v prostoru lomu Mokrá těžební činností.

4.1.4 Pedologická charakteristika širšího území vápencového lomu Mokrá

V širším okolí lomu se vyskytují zejména oligotrofní, středně kyselé hnědé půdy a mělké hnědé půdy (kambizemě). Podél toků a na úpatí svahů se vyskytují půdy oglejené až zrašelinělé. Na vápencích se vyskytují převážně rendziny (Sekanina a Musilová 2011). Tyto půdy jsou většinou mělké typické výskytem úlomků hornin. Živinami jsou středně bohaté až bohaté. Půdy jsou spíše těžšího charakteru. Na kulmských horninách, které jsou zde zastoupeny zejména břidlicemi a pískovci se vyskytují lehké, mělké, kyselé a živinami chudší půdy (Sekanina a Musilová 2011).

4.1.5 Klimatické podmínky vápencového lomu Mokrá

Společnost Českomoravský cement a.s. zajišťuje monitoring mikroklimatu v prostorách lomu Mokrá od roku 2005. Každoročně dochází k měření teploty vzduchu, průběhu srážek, rychlosti a směru větru a relativní vlhkosti vzduchu (např. Jeglová, 2013).

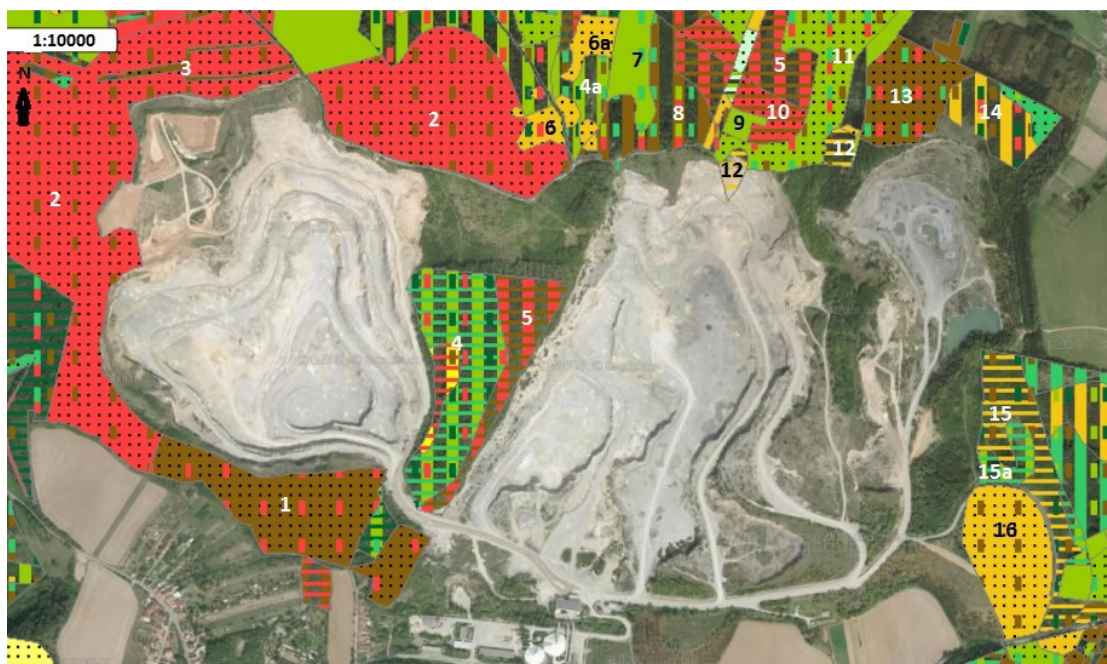
V roce 2012 byl monitoring proveden v období od 1.1 do 31. 12. 2012 na dvou meteorologických stanicích, tak jako v předchozích letech; první stanice je umístěna na volném prostranství na okraji pracovní plošiny v dobývacím prostoru na stožáru ve

výšce 2 m nad terénem (Mokrá č. 1 – Terasa), druhá v prostoru Starého lomu, kde monitoruje klima nejvíce podobné závětrné straně lomu a kde nedochází k přímému slunečnímu záření (Mokrá č. 2 – starý lom). Z výsledných měření vyplývá, že průměrná teplota v roce 2012 byla na první stanici (Mokrá č. 1 – Terasa) 9,4 °C. Úhrn srážek pro tento rok činil 388 mm. Na druhé měřící stanici (Mokrá č. 2 – Starý lom) byla naměřena průměrná teplota 9,8 °C. Roční úhrn srážek činil 453,7 mm. Průměrná měření za rok 2013 (měřeno od 1.1 do 31. 12. 2013) na první stanici (Mokrá č. 1 – Terasa) byla následující: průměrná teplota 8,9 °C, roční úhrn srážek činil 469,9 mm. Druhá stanice (Mokrá č. 2 – starý lom) naměřila průměrnou roční teplotu 9,3°C a 535,2 mm srážek.

Mikroklimatem vápencového lomu Mokrá se zabývala Vymazalová (2007). Podle předběžných výsledků z měření v létě roku 2007 vyplývá, že teplota v oblasti lomu Mokrá může být v letním období v průměru o 1 - 1,5 °C vyšší, než teplota okolní. Studii zaměřenou na tepelný ostrov DP (důlního prostoru) lomu Mokrá a srovnání s měřeními z roku 2007 podává tato autorka v roce 2013 (Vymazalová 2013). Výsledky měření dokládají výskyt tepelného ostrova lomu Mokrá jak na lokalitě rekultivace, tak v místě xerofilních trávníků již od dubna. Zejména v létě je oblast DP lomu Mokrá vystavena vyšším denním teplotám a tím i evapotranspiraci a suchu.

4.1.6 Biogeografická charakteristika

Z biogeografického hlediska území náleží do provincie středoevropských listnatých lesů, podprovincie Hercynské. Dochází zde k přechodu bioregionu Macošského do Drahanského. Pro Macošský bioregion jsou typické bučiny, dubové bučiny a suťové lesy, na výchozech vápencového podloží i exklávní výskyt teplomilných společenstev, často s dealpínskými druhy. Jižní a jihovýchodní okraj Drahanského bioregionu se vyznačuje vyšším zastoupením teplomilných druhů na permských sedimentech a křídových pískovcích. Na spraších se vyskytují acidofilní doubravy, dubohabřiny a ostrůvky teplomilných doubrav (Culek et al. 2013).



Obr. 2. Druhová skladba okolních lesních ekosystémů z roku 2013 (ÚHÚL, 2015).

Legenda

1	Dominantní dub/jilm/lípa, příměs ostatní listnáč (D5P9x)
2	Dominantní ostatní listnáč/příměs dub/jilm/lípa (D9xP5)
3	Dominantní dub/jilm/lípa (D5)
4	Majoritní smrk, základní borovice, příměs modřín a ostatní listnáč (M1Z3P4P9x)
4a	Majoritní smrk, příměs borovice a modřín a dub/jilm/lípa (M1P3P4P5)
5	Majoritní ostatní listnáč, základní dub/jilm/lípa (M9xZ5)
6	Dominantní buk/javor/třešeň, příměs modřín a ostatní listnáč (D6P49x)
6a	Dominantní buk/javor/třešeň (D6)
7	Čistý smrk, příměs borovice (C1P3)
8	Majoritní dub/jilm/lípa, příměs smrk a borovice a ostatní listnáč (M5P1P3P9x)
9	Čistý smrk, příměs modřín (C1P4)
10	Dominantní ostatní listnáč, základní dub/jilm/lípa (D9xZ5)
11	Dominantní smrk, příměs borovice a dub/jilm/lípa a ostatní listnáč (D1P3P5P9x)
12	Základní buk/javor/třešeň, příměs dub/jilm/lípa (Z6P5)
13	Dominantní dub/jilm/lípa, příměs borovice a ostatní listnáč (D5P3P9x)
14	Majoritní buk/javor/třešeň, příměs modřín a dub/jilm/lípa a ostatní listnáč (M6P4P5P9x)
15	Základní buk/javor/třešeň, příměs modřín a dub/jilm/lípa (Z6P4P5)
15a	Majoritní smrk, základní borovice (M1Z3)
16	Dominantní buk/javor/třešeň, příměs dub/jilm/lípa (D6P5)

V zájmovém území převažují společenstva 2. vegetačního stupně (VS), na krasové plošině nad lomem je zastoupen také 3. VS. Mezi skupinami typů geobiocénů (Zlatník 1976, Buček a Lacina 2007) převládají lipové bukové doubravy (*Fagi-querqueta tiliae*), na kulmských drobách pak bukové doubravy (*Fagi-querqueta*). Xerothermní biotopy jižních svahu na mělkých půdách na vápencích lze zařadit do dřínových doubrav vyššího stupně (*Corni-querqueta petraeae-pubescentis superiora*). Náhorní plošinu pokrývají zejména lipové dubové bučiny (*Querci-fageta tiliae*). Současný stav je silně poznamenán těžební činností, která podminila vznik biotopů, na kterých probíhá primární sukcese. Na zahluobených dnech těžeben západního, středního i východního lomu je pravděpodobný vznik hydrocenóz.

4.2 Sběr dat

Na základě terénního šetření a projektu Paukertové (2009) bylo vybráno šest spontánně obnovovaných lomových stěn. V rámci každé lomové stěny byla vymezena odběrná místa s převahou silně konkurenční třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*) a míst, na nichž třtina nedominovala. Na těchto odběrných místech se nejčastěji vyskytovaly ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius*), jestřábník chlupáček (*Hieracium pilosella*) a kostřava žlábkatá (*Festuca rupicola*). Celkem bylo vymezeno čtrnáct odběrných míst o velikosti 10*10 m, na šesti byla třtina křovištní dominantním druhem (CED), na sedmi odběrných místech nedominovala (CEN), na posledním odběrném místě se vyskytoval přirozeně se obnovující lesní porost (nálet – NF). Do výběru nebyly zařazeny plochy, na nichž převažovala iniciální stadia sukcese (nejčastěji z důvodů častých sesuvů či vlivu těžké techniky). Současně s pedologickým a fytoecologickým průzkumem byl zahájen projekt „Botanicko-pedologický průzkum netěžených stěn lomu Mokrá“ a průběžné výsledky byly poskytovány společnosti Českomoravský cement a.s. (Cihlářová et al. 2014).

Studium lesnických rekultivací bylo zahájeno na počátku roku 2015 v rámci projektu „Botanicko-pedologický průzkum spontánně regenerovaných a lesnický rekultivovaných ploch lomu Mokrá“ (Cihlářová et al. 2015). Na základě tohoto projektu a práce Sekaniny a Trnečky (2001) bylo vybráno pět lesnický rekultivovaných ploch a na každé vymezeno jedno až šest odběrných míst, se záměrem sledování chřadnoucích a naopak prosperujících výsadeb nejčastěji vysazovaných druhů dřevin v lomu Mokrá. Konkrétně se jednalo o modřín opadavý (*Larix decidua*), borovici lesní (*Pinus sylvestris*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), dub letní (*Quercus robur*), dub zimní

(*Quercus petraea*) a lípu srdčitou (*Tilia cordata*). Celkem bylo vymezeno šestnáct odběrných míst, o velikosti 10*10 m, na devíti odběrných místech výsadba prosperovala (P), na sedmi odběrných místech sazenice chřadly nebo již byly uhynulé (Ch).



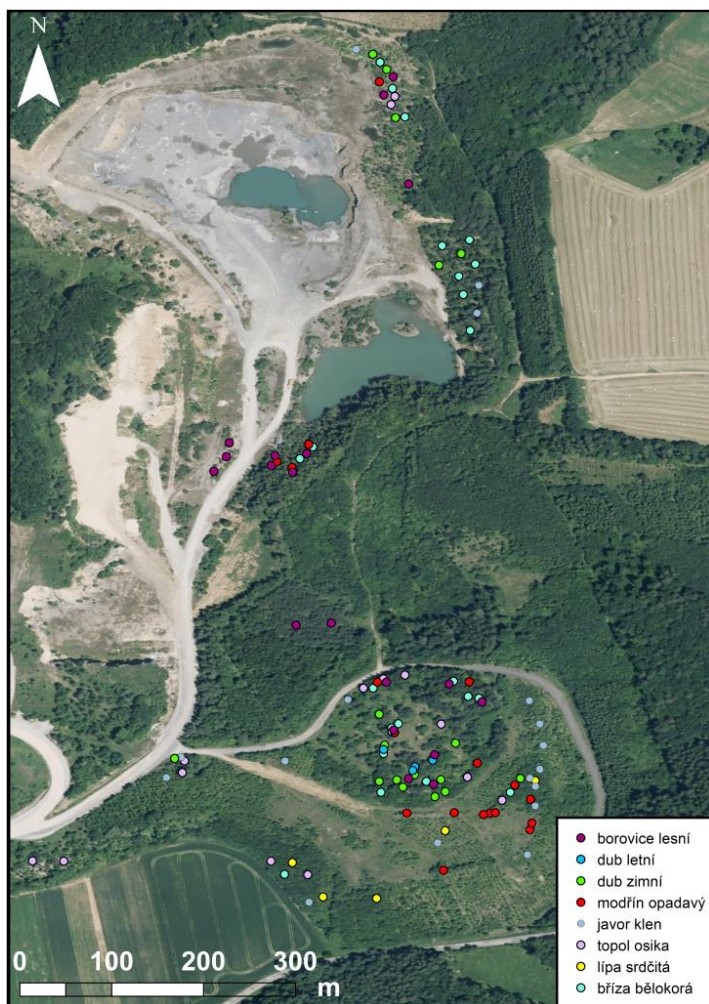
Obr. 3. Mapa zájmového území s vyznačením studovaných odběrných míst (ESRI 2016).

Odběrná místa byla rozdělena do čtyř kvadrantů, v nichž byly náhodně odebrány půdní vzorky. Na každém odběrném místě byly ze svrchní vrstvy půdního horizontu 0,02 m – 0,1 m odebrány tři až šest neporušených půdních vzorků (fyzikálních válečků) o objemu 100 cm³. Na sedmi lesnicky rekultivovaných odběrných místech byly vykopány půdní sondy, kde byly fyzikální válečky odebrány z každého horizontu. Na vybraných odběrných místech byla v první polovině roku 2016 instalována půdní vlhkostní a teplotní čidla (VIRRIB), pro sledování hodnoty objemové vlhkosti půdy a teploty. V časových intervalech přibližně dvou měsíců byla čidla kontrolována a data stahována pomocí programu ALA.

V rámci projektu „Botanicko-pedologický průzkum spontánně regenerovaných a lesnicky rekultivovaných ploch lomu Mokrý“ (Cihlářová et al. 2015) byly Ing. Tomášem Kouteckým PhD. na všech odběrných místech zhotoveny fytoecologické

snímky a pro stanovení heterogenity vegetace byly navíc v místech odběru fyzikálních válečků osnímkovány podplochy o roměrech 1 x 1 m.

Za účelem posouzení tloušťkového přírůstu nejvíce zastoupených dřevin proběhl u vybraných vzorníků odběr vývrtů pomocí Presslerova přírůstového nebozezu. Sledovány byly nálety a výsadby v lomu Břidla a výsypky na J a JV okraji areálu lomu Mokrá. Za vzorníky byli vybíráni průměrní jedinci vyskytující se pokud možno v zápoji (zvláště u mladších porostů však nebylo možné tuto podmínku vždy splnit). Odběr probíhal na ploše celého sledovaného území. Vzorky byly odebírány ve výšce 0,25 m nad zemí (z důvodu zachycení letokruhové řady postihující i počáteční fáze růstu). Vzorkováno bylo celkem 138 stromů (21 lip, 20 modřínů, 20 klenů, 17 dubů zimních, 4 duby letní, 20 borovic lesních, 22 bříz a 14 osik (obr. 4 a 5).



Obr. 4. Mapa zájmového území s vyznačenými místy odběru dřevních vývrtů jednotlivých dřevin (ESRI 2016).

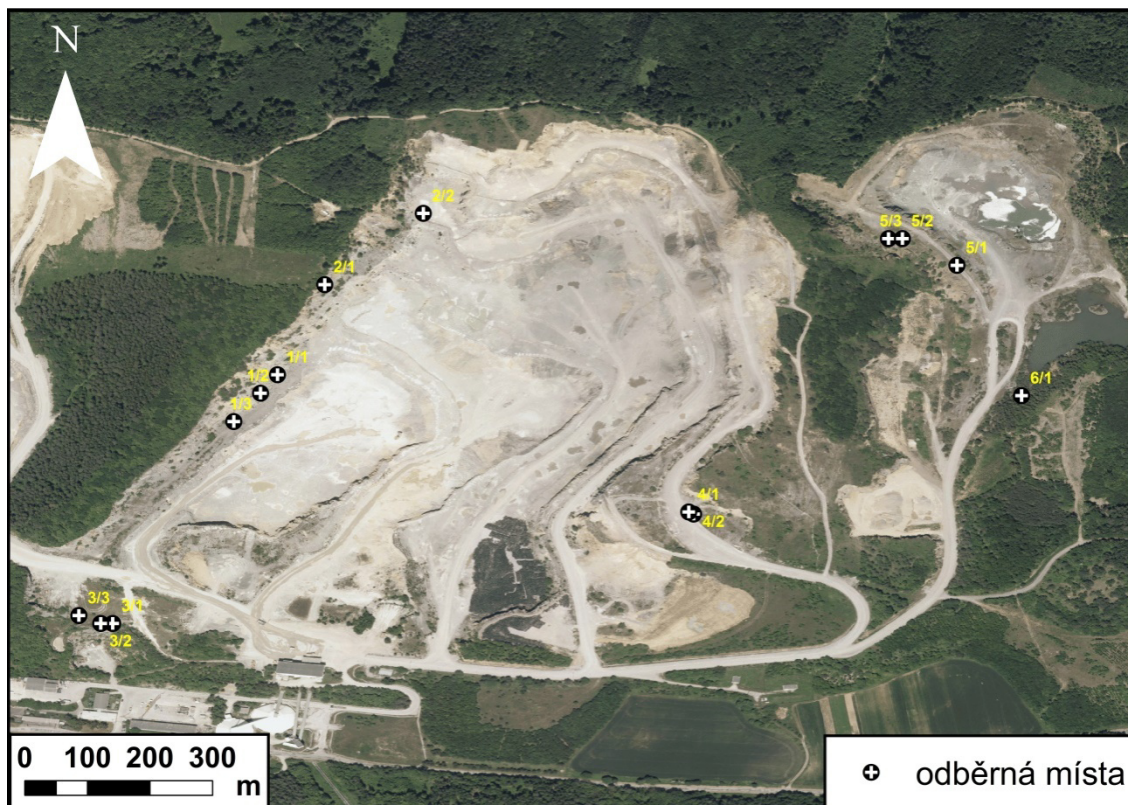


Obr. 5. Mapa zájmového území s vyznačenými místy odběru dřevních vývrstů jednotlivých dřevin (ESRI 2016).

4.2.1 Podrobná charakteristika studovaných ploch a výběr odběrných míst

Spontánně regenerované plochy

Celkem bylo studováno šest spontánně regenerovaných ploch číslovaných od Středního lomu k Východnímu: 1, 2, 3, 4, 5, a 6. Na těchto plochách bylo vymezeno čtrnáct odběrných míst (obr. 6), jejichž GPS souřadnice jsou uvedeny v příloze 1.



Obr. 6. Mapa odběrných míst spontánně obnovovaných ploch (ESRI 2016).

Plocha č. 1 se nachází na jihozápadě Středního lomu. Tato etáž je netěžena od roku 1970 – 1975 (Paukertová 2009). Bylo zde vymezeno jedno odběrné místo s převahou třtiny křovištní (CED) (1/3) a dvě odběrná místa, kde třtina nedominovala (CEN) (1/1 a 1/2).

Plocha č. 2 se nachází v severozápadní části středního lomu (Paukertová 2009). Tato plocha je netěžena od roku 1983 a odlišuje se od ostatních vyšší heterogenitou. Dochází zde ke střídání raných sukcesních stádií vznikajících sesuvem svahu a míst, která jsou stabilní a vyskytují se zde stepní a sukcesně pokročilé druhy. Na ploše č. 2 byla vymezena dvě odběrná místa: první místo (2/1) se nacházelo v jižní části této plochy, kde převažovalo již pokročilejší sukcesní stádium s keří, zejména svídou krvavou (*Cornus sanguinea*). V bylinném patře dominoval jestřábník chlupáček (*Hieracium pilosella*). Druhé odběrné místo (2/2) bylo určeno v severní části této plochy s dominancí třtiny křovištní (CED).

Plocha č. 3 byla vymezena nedaleko plochy 1, těžební práce zde byly ukončeny v letech 1975 – 1980. Byla zde vytyčena tři odběrná místa: První odběrné místo (3/1) bylo tvořeno porostem třtiny křovištní (CED). Druhé odběrné místo (3/2) se nacházelo v bezprostřední blízkosti prvního odběrného místa a bylo zvoleno z důvodu výskytu

odlišné vegetace – dominovala zde namísto třtiny kostřava žlábkatá (*Festuca rupicola*); xerotemnní vegetace na velmi podobném půdním substrátu. Bylo však později zjištěno, že se jedná o umělý výsev založený mulčováním dovezeným senem na vyžnutou plochu. Toto odběrné místo je ve výsledcích přiřazováno k CED plochám. Třetí odběrné místo se vyskytovalo na drobné vyvýšenině hrubozrnnějšího materiálu, halda byla přibližně 2 m vysoká a převažoval zde ovsík vyvýšený (CEN).

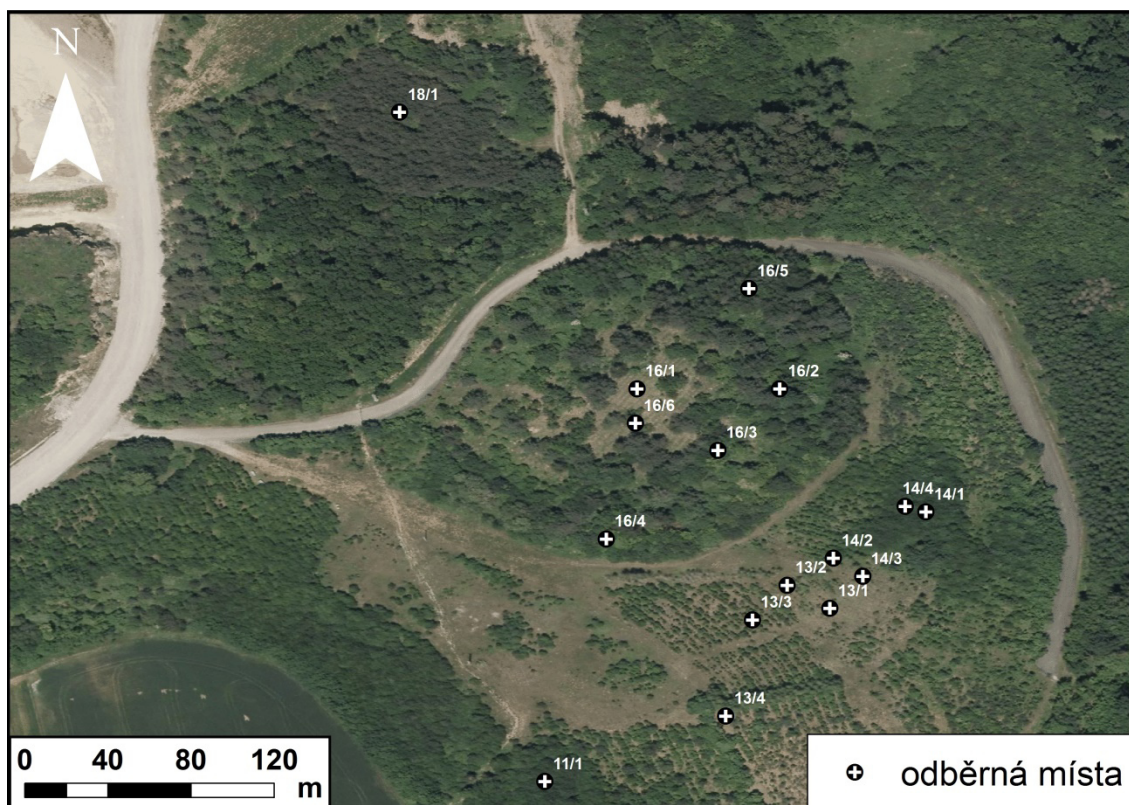
Plocha č. 4 se nachází ve východní části Středního lomu (Paukertová 2009). Pro odběr půdních vzorků byla tato plocha omezena jen na její jižní část, kde byla těžba ukončena v roce 1985. Byla zde vymezena dvě odběrná místa. První odběrné místo (4/1) se nacházelo na suťovém kuželu na patě této stěny a třtina zde nebyla dominujícím druhem (CEN). Druhé odběrné místo (4/2) se nacházelo jen několik metrů pod prvním. Jednalo se o dno této etáže, na kterém se zejména v drobných sníženinách vyskytovala v monocenózním porostu třtina křovištní (CED).

Plocha č. 5 se nachází v severozápadní části Východního lomu. Těžební činnost zde byla ukončena v roce 1990 (Paukertová 2009). Na ploše č. 5 byla vymezena tři odběrná místa. První odběrné místo (5/1) bylo vymezeno v jižní části této plochy, třtina zde nebyla dominantním druhem (CEN). Druhé odběrné místo (5/2) leží přibližně v polovině této plochy na 1 m valem zeminy (CED). Třetí odběrné místo (5/3) bylo vybráno nedaleko odběrného místa dvě. Na podobném substrátu zde převažoval ovsík vyvýšený (CEN).

Plocha č. 6 se nachází ve východní části Východního lomu, je netěžena od roku 1980 (Paukertová 2009). Bylo zde vymezeno pouze jedno odběrné místo, neboť se jednalo o homogenní porost i substrát. Tuto plochu popisuje Sekanina a Trnečka (2001) jako spontánně regenerovaný porost z náletu, ve kterém převažuje modřín, borovice bříza a osika.

Lesnický rekultivované plochy

Plochy, které jsou obnovovány lesnickými rekultivacemi, byly vybírány na základě terénního průzkumu a projektu Sekaniny a Trnečky (2001). Číselné označení těchto ploch je taktéž ponecháno podle Sekaniny a Trnečky (2001). Celkem bylo zkoumáno pět lesnických rekultivací s číselným označením 11, 13, 14, 16 a 18, na nichž bylo vymezeno šestnáct odběrných míst (obr. 7), jejichž GPS souřadnice jsou uvedeny v příloze 1.



Obr. 7. Mapa odběrných míst lesnicky rekultivovaných ploch Východního lomu (ESRI 2016).

Rekultivovaná plocha č. 11 je tvořena svahem nad hlavní cestou do obce Hostěnice. Tato rekultivace byla založena na výsypkách po provedení technické rekultivace. Jedná se o silně zapojený porost lípy (*Tilia sp.*) a v menší míře borovice (*Pinus sp.*). Na této ploše bylo vymezeno pouze jedno odběrné místo, (11/1) neboť se jedná o homogenní porost i substrát. Jedná se o prosperující porost (P).

Rekultivovaná plocha č. 13 je tvořena plošinou a svahem nad hlavní cestou do obce Hostěnice. V roce 1997 zde byla provedena technická rekultivace srovnáním a převrstvením menší vrstvy půdy. Sekanina a Charvát (1997) navrhuji výsadbu kontejnerových sazenic lípy srdčité, javoru kleny, dubu zimního, modřínu opadavého a keřů svídy. Původní výsadba, která byla vysázena po provedení technické rekultivace, pravděpodobně z větší míry uhynula. Nyní zde převládá mladší javor klen (*Acer pseudoplatanus*) a lípa (*Tilia sp.*). V horní části této plochy bylo vymezeno odběrné místo 13/1. Jedná se o porost třtiny s uhynulými kleny a borovicemi (Ch). Mezi nimi se zde vyskytují špatně prosperující jedinci těchto druhů o výšce 2-3 m (borovice) a 1,5 m (klen). O několik metrů severněji bylo vymezeno odběrné místo 13/2, které bylo tvořeno porostem ovsíku vyvýšeného s mezernatým výskytem nedobře prosperujících

lip (Ch). Odběrné místo 13/3 bylo vymezeno několik metrů Z směrem v relativně prosperujících lípách (P). Poslední odběrné místo na této ploše (13/4) bylo vymezeno v porostu dobře prosperujících modřínů (P).

Rekultivovaná plocha č. 14 byla založena na výsypce po provedení technické rekultivace. V roce 1997 – 1998 byla plocha srovnána k zamezení vzniku bezodtokých depresí a navezena velmi malá vrstva zeminy (Sekanina 1999). V současnosti je tato plocha tvořena několika ostrůvky zapojeného porostu javoru kleny a lípy srdčité. V místech úhynu původní výsadby (navrženy byly: lípa srdčitá, javor klen, dub zimní, javor babyka a dřín obecný) byly dosázeny borovice a lípy po roce 2001. Nové porosty jsou často mezernaté, špatně prosperující s hojným výskytem třtiny křovištní.

Odběrné místo 14/1 bylo vymezeno ve velmi dobře prosperujících lípách (P). Odběrné místo 14/2 bylo vymezeno několik metrů na Z v neprosperujících modříněch (Ch), v podrostu převažoval ovsík vyvýšený. Přímo vedle této plochy se nachází souvislý porost třtiny s chřadnoucími duby a kleny, v níž bylo vymezeno odběrné místo 14/3 (Ch). Odběrné místo 14/4 se nachází v menším porostu velmi dobře prosperujících javorů klenů (P).

Rekultivovaná plocha č. 16 byla založena na výsypce po provedení technické rekultivace stejným způsobem jako u plochy 14 (Sekanina a Trnečka 2001). Plocha se nachází na vrcholu kopce, který je hodnocen jako výsušné stanoviště s proměnlivou tloušťkou překryvu, povrch byl v roce 2001 značně kamenitý a šterkovitý (Trnečka 2001). Pro výsadbu Trnečka (2001) navrhuje lípu srdčitou (*Tilia cordata*), javor mleč (*Acer platanoides*), dub zimní (*Quercus petraea*), javor babyka (*Acer campestre*) a ptačí zob obecný (*Ligustrum vulgare*). V současnosti je rekultivace poměrně nezdařilá s hojným výskytem třtiny křovištní a uhynulých borovic. Sekanina a Trnečka (2001) hovoří o úhynech v rozsahu 15 – 25 % a navrhuje dosadbu odrostky lípy (*Tilia sp.*), chráněné tubusem proti okusu, opatřené kůlem a do jamek by měl být dodán humus. Na této ploše bylo vymezeno 6 odběrných míst. Na prvním odběrném místě (16/1) dominovala třtina křovištní s výskytem uhynulých borovic (Ch). Odběrné místo 16/2 bylo vymezeno několik metrů východním směrem. Jedná se o menší plochu se špatně prosperujícími nově vysazenými lípami (Ch). Třetí odběrné místo (16/3) bylo vymezeno pod zápojem netvárných dubů (Ch). Čtvrté odběrné místo (16/4) bylo vymezeno na mírném svahu s prosperujícími duby JZ směrem od odběrného místa 16/3. V SSV cípu plochy 16 bylo vymezeno odběrné místo 16/5, na němž se vyskytovaly pravděpodobně

vyseté prosperující borovice s nálety břízy (P). Pod odběrným místem 16/1 bylo později vymezeno odběrné místo 16/6 za účelem instalace půdních čidel. Byly zde odebrány půdní vzorky, avšak nebyly provedeny všechny půdní analýzy.

Rekultivovaná plocha č. 18 se nachází v jihozápadní části Východního lomu. Jedná se o rostlý terén, na kterém dominuje homogenní porost borovice lesní (P), (Sekanina a Trnečka 2001) a proto zde bylo vymezeno pouze jedno odběrné místo (18/1).

4.3 Metodika půdních analýz

V rámci půdního šetření byly studovány základní fyzikální vlastnosti (maximální kapilární kapacita, hmotnostní vlhkost, obsah sušiny, objemová hmotnost, objemová hmotnost redukováná, měrná hmotnost, pórovitost, objemová vlhkost, provzdušněnost a minimální vzdušná kapacita). Laboratorní postupy a následné vyhodnocení bylo provedeno podle metod sepsaných Rejškem (1999) a metodiky JPP ÚKZÚZ (Zbíral a kol. 2010).

Z fyzikálně - chemických vlastností půd bylo měřeno pH. Z chemických vlastností půd byl studován obsah oxidovatelného uhlíku (Cox) podle metodiky JPP ÚKZÚZ (Zbírala kol. 2011). Obsah celkového dusíku (Nt) byl stanoven v akreditované laboratoři podle Kjeldahlovi metody. Přístupné obsahy vápníku (Ca), hořčíku (Mg), draslíku (K) a fosforu (P) byly taktéž stanoveny v akreditované laboratoři podle metody Mehlich II.

Půdní vzorky spontánně obnovovaných odběrných míst byly podrobeny detailní chemické analýze (XRF – rentgenofluorescenční spektrometrie). Tato měření byla provedena na Mendelově univerzitě v Brně, Agronomické fakultě pod vedením Ing. Hladkého Ph.D.

Podrobná metodika laboratorních prací

Stanovení a následné výpočty pro určení a vyhodnocení půdních vlastností byly provedeny na základě metodiky Rejšek (1999); Zbíral a kol. (2010) a Zbíral a kol. (2011).

Půdní válečky byly váženy ve stavu čerstvém, plně nasyceném a po odsávání vody ve třech časových intervalech (0,5 hod., 2 hod., 24 hod). Poslední potřebnou

hodnotou je váha vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti při 105 °C a pro výpočet půdních hydrolimitů po nasátí vzdušné vlhkosti.

Výpočty:

Maximální kapilární kapacita (MKK)

$$\text{MKK} = \frac{m_{\text{MKK}} - m_2}{V} * 100 (\%)$$

kde:

m_{MKK} – je hmotnost nasyceného vzorku po dvou hodinách odsávání

m_2 – je hmotnost půdního vzorku vysušeného do konstantní hmotnosti při 105°C

V – je objem půdního válečku (100 cm³)

Půdní vododržnost byla hodnocena na základě maximální kapilární kapacity podle Rejška (1999, tab. 1).

Tab. 1 Hodnocení půdní vododržnosti na základě hodnot maximální kapilární kapacity.

MKK (%)	Půdní horizont
<5	Velmi slabě vododržný
5-10	Slabě vododržný
10-30	Vododržný
30-50	Silně vododržný
>50	Velmi silně vododržný

Hmotnostní vlhkost (w)

$$w = \frac{m_1 - m_2}{m_2} * 100 (\%)$$

Kde:

m_1 – hmotnost čerstvého půdního vzorku

m_2 – hmotnost vysušeného půdního vzorku do konstantní hmotnosti

Hmotnostní vlhkost byla vyhodnocena podle Rejška (1999), tab. 2.

Tab. 2 Vyhodnocení hmotnostní vlhkosti.

Lehké půdy	Střední půdy	Těžké půdy	Půdní horizont
hmotnostní vlhkost w (%)			
2 – 4	4 – 8	8 – 15	suchý
4 – 8	8 – 15	15 – 25	mírně vlhký
8 – 12	15 – 25	25 – 35	čerstvě vlhký
12 – 18	25 – 35	35 – 45	vlhký
18 – 30	35 – 45	45 – 55	mokrý
Více než 30	Více než 45	Více než 55	zbahnělý

Obsah sušiny (S)

$$S=100 - w (\%)$$

Kde:

w – hmotnostní vlhkost (%)

Objemová hmotnost (ρ_w)

$$\rho_w = \frac{m_1}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

kde:

m_1 – hmotnost čerstvého půdního vzorku

V – objem vzorku

Objemová hmotnost redukováná (ρ_d)

$$\rho_d = \frac{m_2}{V} \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

kde:

m_2 – hmotnost vysušeného půdního vzorku do konstantní hmotnosti

V – objem vzorku

Měrná hmotnost (ρ_s)

Měrná hmotnost byla zjišťována pyknometrickou metodou (Rejšek 1999, Zbiral a kol. 2010). Pro výpočet bylo potřeba určit hmotnosti vodou naplněných pyknometrů se zátkami a hmotnosti pyknometrů opět zcela naplněných vodou, avšak s provařeným vzorkem půdy o známé hmotnosti.

$$\rho_s = m_1 / (m_1 + m_2 - m_3) \text{ (g/cm}^3\text{)}$$

kde:

m_1 – hmotnost vysušeného vzorku jemnozeme I (navážka)

m_2 – hmotnost vodou naplněného pyknometru

m_3 – hmotnost pyknometru s provařeným vzorkem a doplněnou destilovanou vodou

Pórovitost

$$P = (\rho_s - \rho_d / \rho_s) * 100 \text{ (\%)}$$

kde:

ρ_s – měrná hmotnost půdního vzorku

ρ_d – objemová hmotnost redukováná

Pórovitost byla vyhodnocena dle tabulky 3 (Rejšek 1999).

Tab. 3 Vyhodnocení půdní pórovitosti.

P (%)	Pórovitost
<35	velmi nízká
35 – 45	nízká
45 – 55	střední
55 – 70	vysoká
>70	velmi vysoká

Objemová vlhkost (Θ)

$$\Theta = w * \rho_d (\%)$$

kde:

w – hmotnostní vlhkost

ρ_d – redukovaná objemová hmotnost

Provzdušněnost

$$A = P - \Theta (\%)$$

kde:

Θ – objemová vlhkost

P – pórovitost

Minimální vzdušná kapacita

$$A_{MKK} = P - MKK (\%)$$

kde:

P – pórovitost

MKK – maximální kapilární kapacita

Tab. 4 Vyhodnocení minimální vzdušné kapacity (Rejšek 1999).

A_{MKK} (%)	Minimální vzdušná kapacita	Půdní horizont
<5	velmi nízká	neprovzdušněný
5 – 10	nízká	slabě provzdušněný
10 – 20	střední	středně provzdušněný
20 – 40	vysoká	silně provzdušněný
>40	velmi vysoká	velmi silně provzdušněný

Půdní hydrolimity byly vypočteny podle následujících rovnic (Vavříček a Kučera, 2014)

Bod vadnutí (BV)

$$BV = (Z - m_2) * 3$$

Kde:

Z – hmotnost vzorku po znovu nasátí vzdušné vlhkosti

m_2 – hmotnost vysušeného půdního vzorku do konstantní hmotnosti

$(Z - m_2)$ – číslo hygroskopicity

Lentokapilární bod (LB)

$$LB = [(RVK - BV) * 0,33] + BV$$

Kde:

RVK – retenční vodní kapacita

Bod snížené dostupnosti (BSD)

$$BSD = [(RVK - BV) * 0,5] + BV$$

Stanovení zrnitostního složení bylo provedeno na základě metodiky JPP ÚKZÚZ (Zbíral a kol 2010). Půdní částice se dispergují varem s alkalickým roztokem $[(NaPO_3)_6 + Na_2CO_3 + H_2O]$ na suspenzi. Vlastní stanovení bylo provedeno pipetovací metodou a půdní druh určen na základě trojúhelníkového diagramu (USDA).

Půdní reakce byla stanovena aktivní (pH/H₂O) a potenciálně výměnná (pH/KCl). Do 50 ml kádinek byly odváženy dva sety vzorků jemnozeme I po 10 g. Měření probíhalo pH metrem, u pH/H₂O po dvou hodinách v suspenzi s vodou, u pH/KCl po 24 hodinách v suspenzi s 0,5 mol KCl (Rejšek 1999).

Tab. 5 Hodnocení půdní reakce lesních půd (Rejšek 1999).

pH/KCl	pH/H ₂ O	Typ reakce
více než 7,0	více než 7,2	mírně alkalická
6,1 – 7,0	6,6 – 7,2	neutrální
5,1 – 6,0	5,6 – 6,5	mírně kyselá
4,1 – 5,0	4,5 – 5,5	středně kyselá
3,0 – 4,0	3,5 – 4,4	silně kyselá
méně než 3,0	méně než 3,5	velmi silně kyselá

Stanovení oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) bylo provedeno spektrofotometricky po oxidaci chromsírovou směsí podle metodiky JPP ÚKZÚZ (Zbírál a kol. 2011).

Detailní chemické analýzy půdních vzorků probíhaly nedestruktivní metodou XRF spektrometrie. Měření bylo provedeno v laboratoři u homogenizovaných a vysušených vzorků. Tato metoda je založena na reakci vzorku se zářením o vysoké energii, při níž dochází k excitaci a vyzáření fotonu. Touto metodou analyzujeme pouze svrchní část vzorku do hloubky přibližně 5 mm. Měření probíhala v módu „Geochem“ pro analýzu půdy, hornin a lehké matrice. V tomto módu je možné analyzovat jak jílovité, tak sypké (písčité) půdy; vlhké i vysušené (Kalnický et. al. 2001).

4.4 Analýza získaných dat

4.4.1 Analýza výsledků pedologického šetření

Získaná pedologická data byla standardně statisticky zpracována v programu STATISTICA 12. Nejdříve byla ověřena normalita dat na základě S – H testu. Pro popisnou statistiku byly zvoleny hodnoty mediánu, rozptylu, aritmetického průměru a směrodatné odchylky. Statisticky významné proměnné pro studované faktory (CED, CEN, Ch a P) byly odhaleny na základě t - testu a jednofaktorovou analýzou (ANOVA). U statisticky významných proměnných byla provedena korelační analýza. Veškeré statistické postupy a následná tvorba grafů byla prováděna v souladu s Melounem a Militkým (2006). Pedologické analýzy byly vyhodnoceny a zpracovány pro ucelenou charakteristiku přítomných půdních substrátů. Důraz byl kladen na rozdíly v půdních charakteristikách na odběrných místech s dominancí třtiny křovištní. Na lesnicky rekultivovaných plochách jsou zejména srovnávány půdní vlastnosti prosperujících a chřadnoucích odběrných míst.

4.4.2 Analýza struktury fytoceenóz

Výzkum probíhal v rámci sběru dat pro práci Cihlářová et al. (2017) a byl zhotoven Ing. Tomášem Kouteckým Ph.D.

Terénní zápisy fytoceenologického šetření byly digitalizovány s využitím programu TURBOVEG (Hennekens a Schaminée 2001), příprava dat pro analýzy proběhla v programu JUICE (Tichý 2002). Vztah bylinného patra a vybraných parametrů půdního prostředí byl následně analyzován pomocí mnohorozměrných analýz v programu CANOCO 4.5 (ter Braak a Šmilauer 2002). Bylo využito nastavení bez transformace se snížením váhy vzácných druhů. Následovala detrendovaná korespondenční analýza DCA. Vzhledem k zjištěné délce gradientu první osy (> 4) byl pro následující analýzu zvolen unimodální přístup – kanonická korespondenční analýza CCA (Hillovo škálování, Monte Carlo test s 999 permutacemi) a testován vliv jednotlivých proměnných na druhové složení postupným výběrem (manual selection). Dle odběrných míst byly definovány bloky snímků a variabilita s nimi spojená byla zadána jako kovariáta. Grafické výstupy byly zpracovány v programu CanoDraw 4.12. Zvláštní pozornost byla věnována zastoupení konkurenčně silných druhů.

4.4.3 Dendrochronologické analýzy

Získané vzorky vývrtů byly nalepeny na dřevěné lišty, vysušeny a zbroušeny. Následně proběhla letokruhová analýza pomocí měřicího systému VIAS TimeTable s přesností 0,01 mm. Měření letokruhových křivek bylo provedeno v programu PAST4 (©SCIEM). Ze získaných dat byly na základě mediánů hodnot šířek letokruhů sestaveny přírůstové křivky.

5 Výsledky

5.1 Spontánně obnovované plochy

5.1.1 Pedologická část

Výsledky pedologických analýz vykazují na základě S – H testu normální rozdělení. Korelační analýzy odhalily pozitivní korelaci mezi retenční vodní kapacitou (RVK) a množstvím jílových částic a oxidovatelného uhlíku (C_{ox}). Retenční vodní kapacita, množství písčitéch částic a skeletu vykazují naopak negativní korelaci. Stejná závislost byla potvrzena pro pórovitost (P). Jako statisticky významné ($\alpha < 0.05$) proměnné pro převažující vegetační typ byly shledány: plná vodní kapacita, polní vodní kapacita, maximální kapilární kapacita (MKK), RVK, minimální vzdušná kapacita (A_{MKK}), zrnitost (množství jílových, písčitéch a prachových částic) a obsah organické hmoty (oxidovatelný uhlík C_{ox} a celkový dusík N_t). Na základě jednofaktorové analýzy (ANOVA) je vegetační typ (CED, CEN) významný pro půdní vlastnosti a naopak nemá vliv na odběrné místo. Jako statisticky významné pro odběrná místa byly shledány obsahy dostupných makroživin Ca, Mg, P a K, které do jisté míry korespondují s rozložením odběrných míst na rozhraní dvou různých podloží.

Tab. 6 Hodnoty F a p pro vybrané statisticky významné půdní vlastnosti.

	F	p
Maximální kapilární kapacita (MKK)	12.54421	0.000010
Retenční vodní kapacita (RVK)	13.44162	0.000005
Minimální vzdušná kapacita (A_{MKK})	3.04366	0.041568
Jíl (< 0.002 mm)	4.43382	0.009619
Prach (0.002 - 0.05 mm)	8.03601	0.000333
Písek (0.05 - 2 mm)	7.25522	0.000657
Oxidovatelný uhlík (C_{ox})	4.80459	0.006616
Celkový dusík (N_t)	3.58406	0.023272

Na základě procentuálního zastoupení kapilárních pórů byly půdní vzorky vyhodnoceny jako vododržné až silně vododržné. Ve většině případů byly jako silně vododržné půdy s obsahem kapilárních pórů nad 30 % označeny vzorky na odběrných místech s převahou třtiny křovištní (CED). Půdní vzorky odebírané z míst, kde třtina křovištní nebyla dominantním druhem, obsahovaly naopak pod 30 % kapilárních pórů.

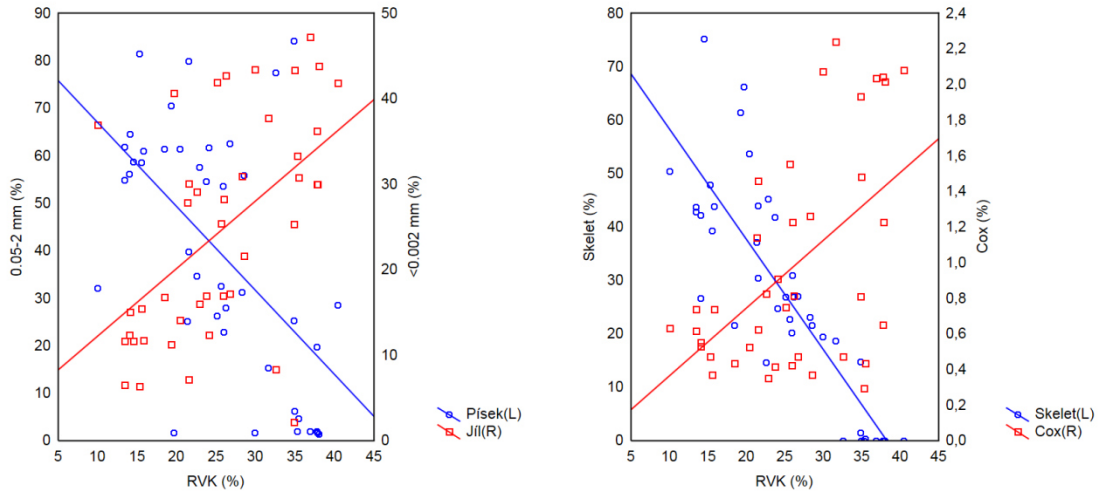
Pórovitost dosahovala spíše nižších hodnot. Střední hodnoty (45-55 % pórů) vykazovala pouze dvě CED odběrná místa. Na ostatních odběrných místech byla pórovitost nízká až střední, nízká a velmi nízká. S těmito vlastnostmi souvisí minimální vzdušná kapacita (A_{MKK}), která na čtyřech odběrných místech CED a jednom CEN vykazovala hraničně nízkých hodnot s hodnocením jako neprovzdušněné. Tyto půdy obsahují méně než 5 % póru, které poskytují půdní vzduch.

Nejvyšší hodnoty A_{MKK} a naopak nejnižší hodnoty maximální kapilární kapacity (MKK) a retenční vodní kapacity (RVK) byly zjištěny u půdních vzorků samovolně se obnovujícího lesa. Průměrné hodnoty zmiňovaných půdních charakteristik jsou uvedeny v tab. 7.

Tab. 7 Průměrné hodnoty (Aver.) a směrodatné odchylky (SD) retenční vodní kapacity (RVK), pórovitosti (P), minimální vzdušné kapacity (A_{MKK}), a maximální kapilární kapacity (MKK). Legenda: CEN – vegetační typ bez dominance třtiny křovištní, CED – vegetační typ s dominancí třtiny křovištní, NF – samovolně obnovený lesní porost.

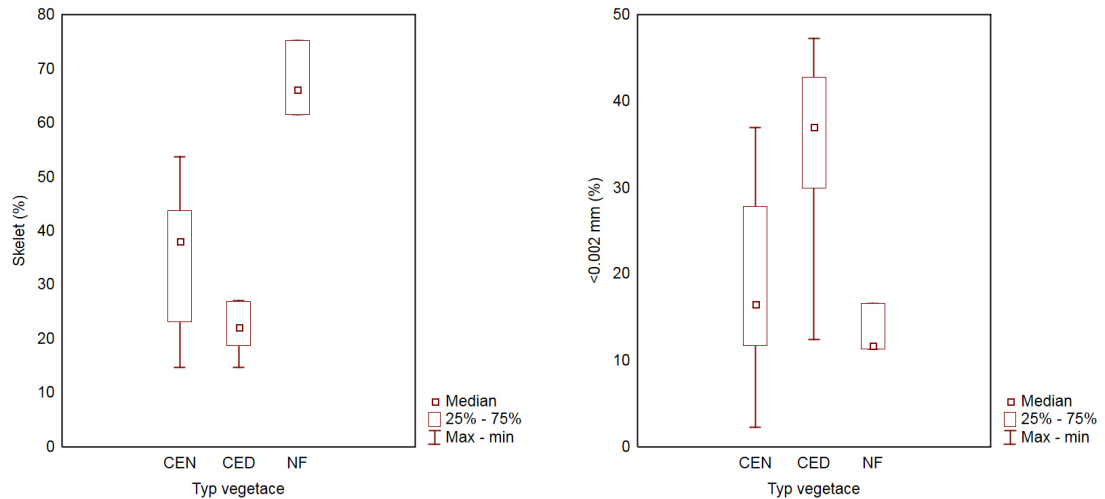
Vegetační typ	RVK (%)		P (%)		A_{MKK} (%)		MKK (%)	
	Aver.	SD	Aver.	SD	Aver.	SD	Aver.	SD
CEN	20,7	6,3	36,2	7,5	11,7	5,4	25,2	6,8
CED	34,1	5,7	43,3	6,8	4,0	3,9	39,3	5,8
NF	17,8	2,9	36,2	1,8	12,7	4,3	23,5	2,7

RVK vykazovala vyšší hodnoty na odběrných místech s dominancí třtiny křovištní (tab. 7). RVK nabývala rostoucích hodnot s rostoucím obsahem jílu a C_{ox} . S rostoucím obsahem písku a skeletu naopak RVK klesala (obr. 8).



Obr. 8. Závislost retenční vodní kapacity (RVK) na obsahu písku (0,05 – 2 mm), jílu ($\leq 0,002$ mm), skeletu (≥ 2 mm) a oxidovatelného uhlíku (C_{ox}), R – pravá osa, L – levá osa.

Nejvyšší obsahy jílových částic byly zjištěny u půdních vzorků vegetačního typu CED. Nejnížší hodnoty byly naměřeny v přirozeně obnoveném lese, kde byl naopak obsah skeletu nejvyšší. CEN odběrná místa obsahovala vyšší množství skeletu, než odběrná místa vegetačního typu CED. Naměřené hodnoty jsou uvedeny v následujícím grafu.



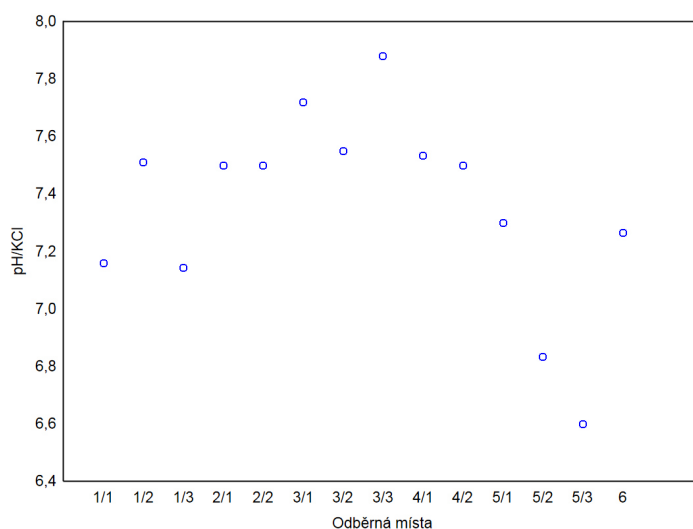
Obr. 9. Krabicový graf pro obsahy skeletu (≥ 2 mm) a jílu ($\leq 0,002$ mm) pro studované vegetační typy: Legenda: CEN – vegetační typ bez dominance třtiny křovištní, CED – vegetační typ s dominancí třtiny křovištní, NF – samovolně obnovený lesní porost.

Půdní textura byla vyhodnocena podle texturního trojúhelníkového diagramu USDA. Půdní vzorky z CEN odběrných míst byly obvykle hodnoceny jako půdy s vyšším obsahem písčité frakce, konkrétně převažoval hlinitý písek a písčité hlína. Naopak vzorky z CED odběrných míst byly zahrnuty v texturních třídách bohatých na jílové a prachové částice, nejčastěji se jednalo o prachovitou – jílovitou hlínu (tab. 8).

Tab. 8 Vyhodnocení půdní textury podle trojúhelníkového diagramu USDA, Legenda: CEN – vegetační typ bez dominance třtiny křovištní, CED – vegetační typ s dominancí třtiny křovištní, NF – samovolně obnovený lesní porost.

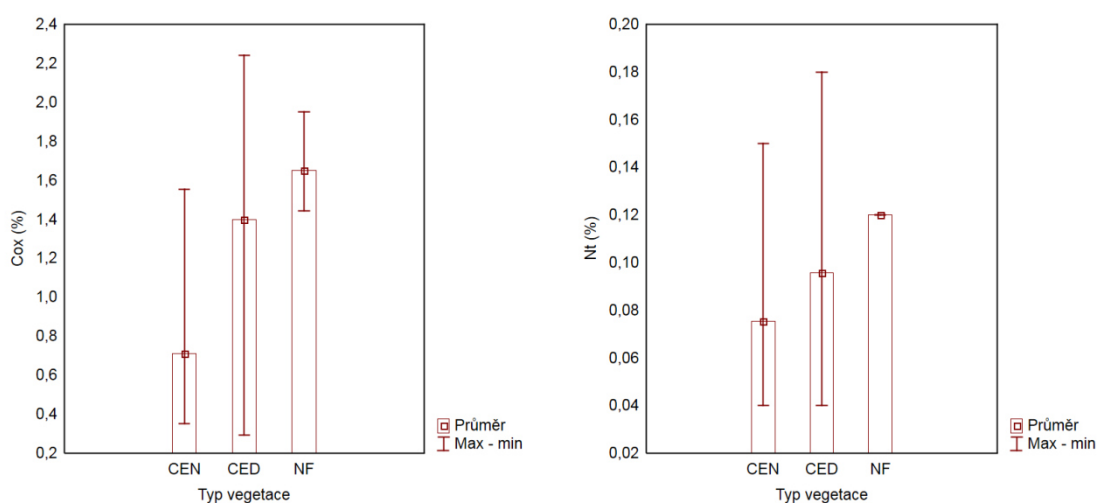
Odběrné místo	Vegetační typ	Texturní třída	Odběrné místo	Vegetační typ	Texturní třída
1/1	CEN	hlinitý písek	1/3	CED	prachovitá – jílovitá hlína
1/2	CEN	písčité hlína	2/2	CED	jíl
2/1	CEN	jílovitá hlína/hlína	3/1	CED	prachovitá – jílovitá hlína
3/3	CEN	písčité hlína	4/2	CED	prachovitý jíl
5/3	CEN	písčité hlína	5/2	CED	písčité hlína
4/1	CEN	jílovitá hlína/hlína	3/2	CED	prachovitá – jílovitá hlína
5/1	CEN	písčité hlína	6	NF	písčité hlína

Půdní reakce byla relativně vysoká, nižší hodnoty byly naměřeny zejména ve východní části lomu (plocha 5 a 6), kde dochází k přechodu vápenců do kulmských hornin. Naměřené hodnoty jsou shrnuty v následujícím grafu.



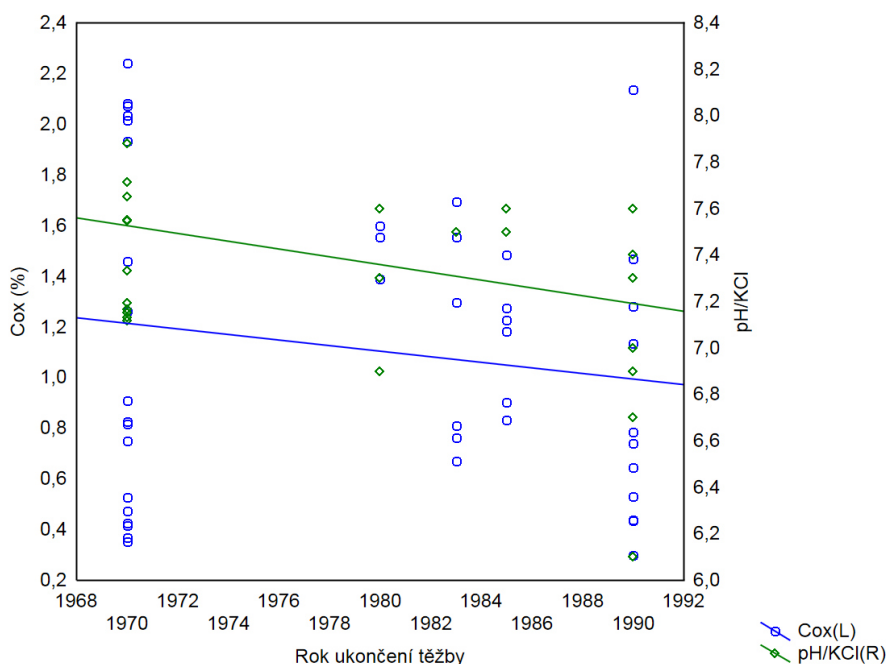
Obr. 10. Průměrné hodnoty potenciálně výměnné půdní reakce (pH/KCl).

Naměřené hodnoty oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) se pohybovaly v rozmezí 0,42 – 2,08 %, obsah celkového dusíku (N_t) od 0,04 mg/kg do 0,22 mg/kg. Pro lesní půdy byl obsah C_{ox} hodnocen jako velmi nízký až střední, naměřené hodnoty N_t byly hodnoceny jako nízké až střední (hodnoceno podle Vavříčka 2011). Většina půdních vzorků na odběrných místech, kde třtina nebyla dominantním druhem (CEN) vykazovala nižší hodnoty C_{ox} a N_t než odběrná místa s dominancí třtiny. Půdy vyskytující se na odběrných místech s přirozeně se obnovujícím lesním porostem (NF) dosahovaly nejvyšších hodnot C_{ox} a N_t (Obr. 11).



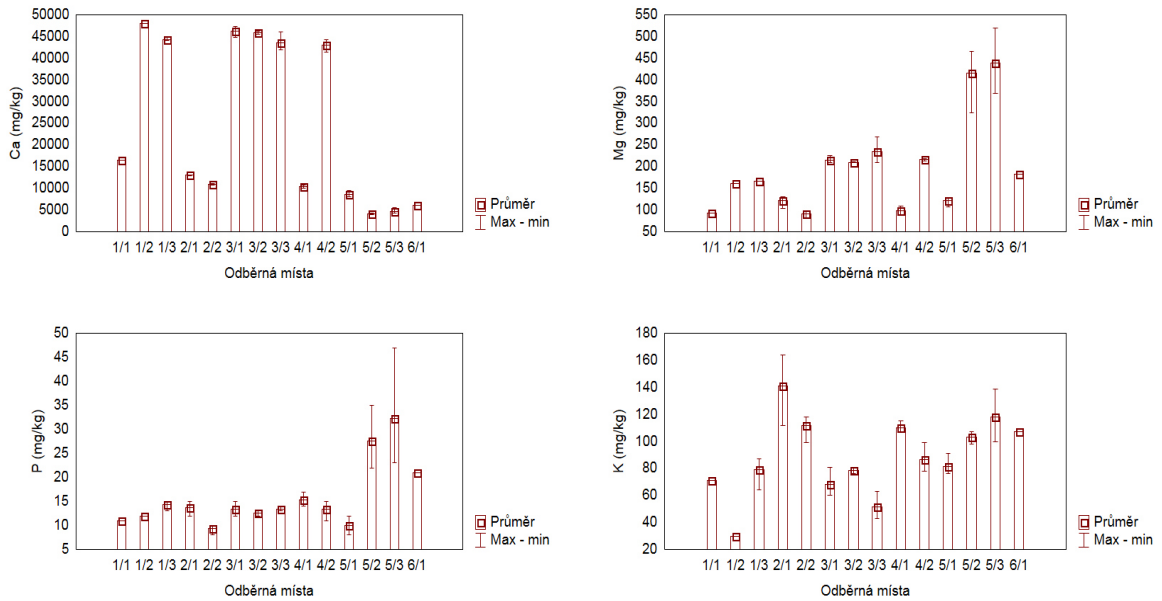
Obr. 11. Průměrné obsahy celkového dusíku (N_t) a oxidovatelného uhlíku C_{ox} pro studované vegetační typy: CEN – vegetační typ bez dominance třtiny křovištní, CED – vegetační typ s dominancí třtiny křovištní, NF – samovolně obnovený lesní porost (nálet).

S rostoucím stářím spontánně obnovovaných ploch docházelo k mírnému zvyšování obsahu C_{ox} . S délkou probíhající sukcese a rostoucím C_{ox} rostla i půdní reakce (Obr. 12.)



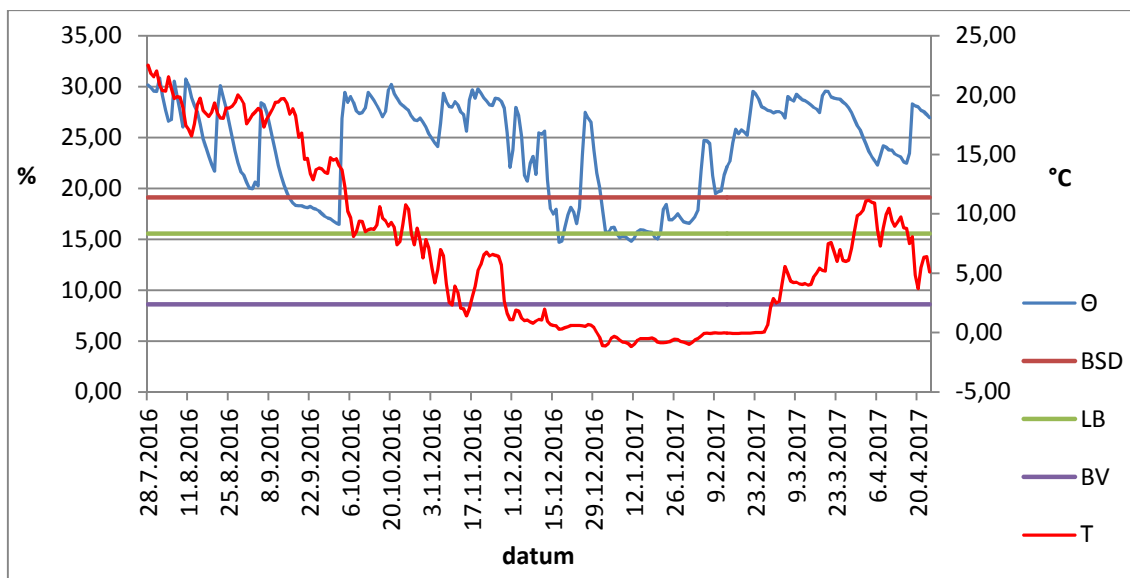
Obr. 12. Obsah oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) a půdní reakce pH na základě roku ukončení těžby (délky probíhající sukcese).

Naměřené hodnoty dostupného vápníku vykazují výrazný nadbytek, často překračují hodnotu 40 000 mg/kg (obr. 13). Studované plochy situované ve východní části lomu (plochy 5 a 6) vykazují nejnižší obsahy vápníku společně s plochou 2 (Střední lom). Obsahy přijatelného hořčíku byly taktéž vysoké a značně překračovali hodnotu 80 mg/kg od které se obsah Mg pro lesní půdy hodnotí jako velmi vysoký (Vavříček 2011). Nejvyšší hodnoty byly naměřeny na odběrných místech 5/2 a 5/3 společně s fosforem. Hodnoty dostupného draslíku byly mírně podprůměrné od hodnoty 30 mg/kg (odběrné místo 1/2) po relativně vysoké hodnoty 141 mg/kg (odběrné místo 2/1). Přijatelný fosfor vykazoval ve většině případů velmi nízké hodnoty (hodnoceno podle Vavříčka 2011).

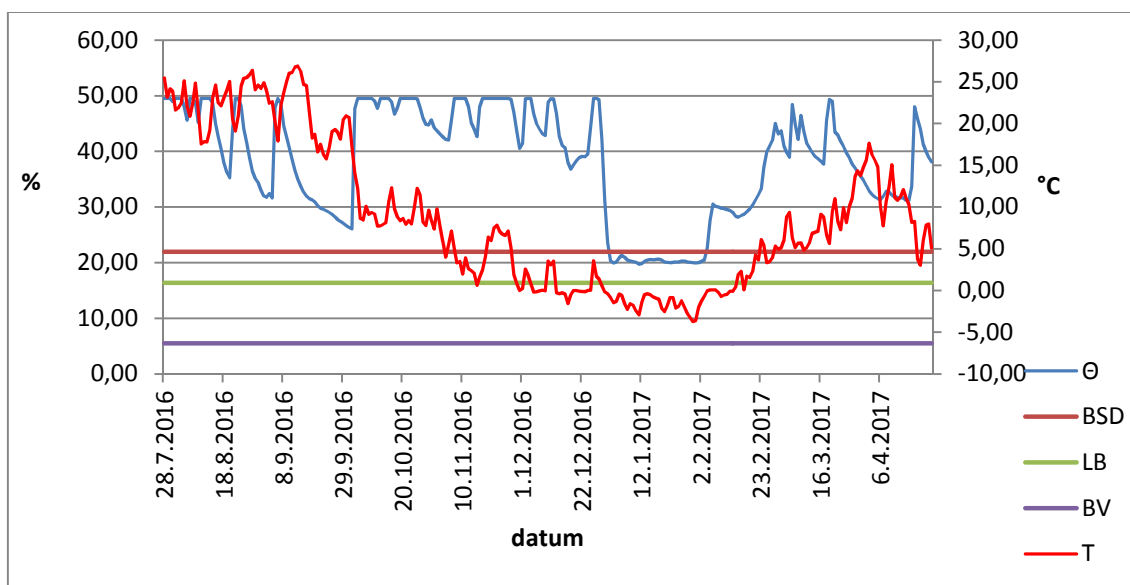


Obr. 13. Přijatelná množství Ca, Mg, P a K pro studovaná odběrná místa.

Denní průměrné hodnoty půdní vlhkosti a teploty za období 28.7. 2016 – 24.4. 2017 společně s vypočtenými hydrolimity pro CEN odběrné místo 4/1 ukazuje obr. 14, pro odběrné místo 4/2 s dominancí třtiny křovištní (CED) obr.15. Z grafů jsou patrné výrazně vyšší hodnoty objemové vlhkosti na odběrném místě 4/2, kde vystupuje až k 50 %, zatímco u odběrného místa 4/1 v maximálních hodnotách nepatrně překročila 30 %. V roce 2016 a na počátku roku 2017 došlo k překročení pouze bodu snížené dostupnosti (BSD) na odběrném místě 4/1, a to po dobu osmnácti dnů, od 15. 9. do 2. 10. 2016. Prudké poklesy půdní vlhkosti v zimních měsících jsou dány nízkou teplotou (zejména pod bod mrazu), kdy vlhkost nemůže být měřena. Na CEN odběrném místě docházelo často spíše k zamokření, než nedostatku vody.



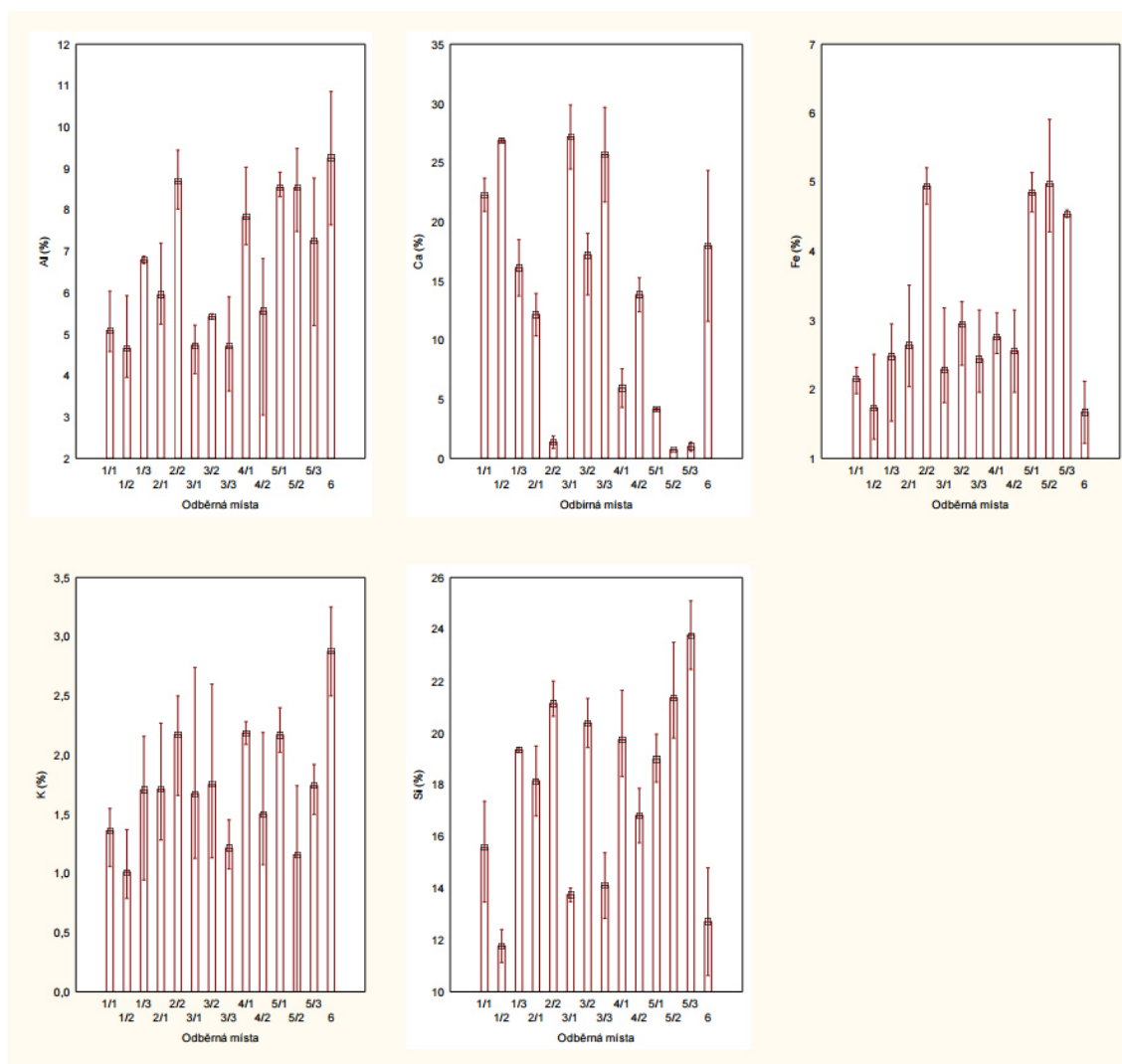
Obr. 14. Vývoj objemové vlhkosti (Θ) a teploty (T) půdy v období 28.7. 2016 – 24.4. 2017, pro odběrné místo 4/1, na němž třtina křovištní nebyla dominantním druhem. BSD – bod snížené dostupnosti, LB – lentokapilární bod, BV – bod vadnutí.



Obr. 15. Vývoj objemové vlhkosti (Θ) a teploty (T) půdy v období 28.7. 2016 – 24.4. 2017, pro odběrné místo 4/2, na němž třtina křovištní byla dominantním druhem. BSD – bod snížené dostupnosti, LB – lentokapilární bod, BV – bod vadnutí.

Naměřené koncentrace makroprvků Al, Ca, Fe, K, Si potvrdily dvě odlišná podloží v lomu Mokrá. Hliník kolísal od 4,7 % do 8,7 %, vyšší hodnoty byly naměřeny zejména ve východní části lomu na ploše 5 a 6. Křemík byl naměřen v koncentracích od

13,4 % do 22 % a vykazuje s hliníkem pozitivní korelaci, což pravděpodobně indikuje výskyt jílových minerálů a produktů jejich zvětvávání. Draslík se pohyboval od 0,8 % do 3,3 % a železo od 1,2 % do 5,8 %. Nejnižší koncentrace vápníku byly naměřeny na ploše 5 a také odběrném místě 2/2. Na většině odběrných míst se vápník vyskytuje od 10 % do 24 % (Cihlářová et al. 2016).



Obr. 16. Naměřené koncentrace Al, Ca, Fe, K, Si (podle Cihlářové et al. 2016).

5.1.2 Botanická část

Na studovaných spontánně obnovovaných plochách bylo celkem zaznamenáno 190 druhů cévnatých rostlin. Druhá pestrost se pohybovala od 58 do 115 druhů, přičemž bylo zaznamenáno 35 druhů dřevin s pokryvností do 10 %. Dřeviny byly reprezentovány vysemeněnými stromy a keři. Studovaná plocha č. 6 byla tvořena přirozeně se obnovujícím lesem dosahujícím pokryvnosti 60 % (Cihlářová et al. 2014, Cihlářová et al. 2017).

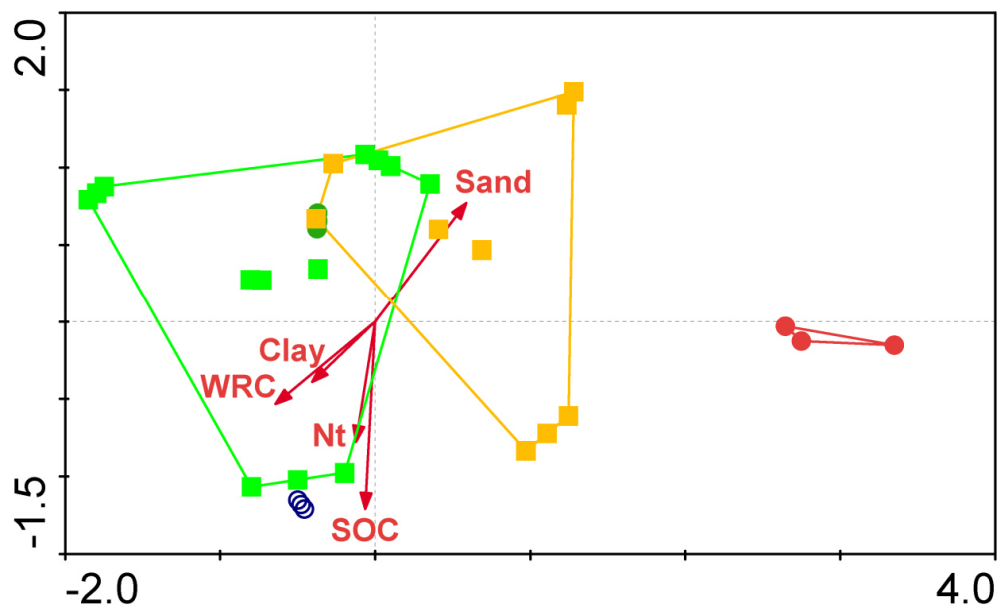
Častým jevem byl výskyt xerothermofilních a hygrofilních druhů společně s nitrofilními a oligotrofními. Byly zaznamenány dva ohrožené druhy (vyhláška 395/92), *Cephalathera damasonium*. Jako nejzajímavější exemplář může být označen silně ohrožený druh *Gentianopsis ciliata*. Výskyt nepůvodních druhů ve smyslu (Pyšek et al. 2012) byl také velmi vysoký (17 % všech rostlinných druhů). Nejčastěji se vyskytujícími archeotypy byly *Arrhenatherum elatius* a *Melilotus albus*. Nejběžnějším neofytem byl *Erigeron annuus*. Výsledky botanického průzkumu shrnuje tabulka 9 (Cihlářová et al. 2014, Cihlářová et al. 2017).

Tab. 9 Shrnutí botanického průzkumu (Cihlářová et al. 2014, Cihlářová et al. 2017).

Shrnutí botanického průzkumu	počet	%
Celkový počet druhů	190	100
Druhy chráněné zákonem (395/92)	2	1
Druhy červeného seznamu	20	11
Nepůvodní druhy celkově	33	17
Archeotypy	6	3
Neofyty	27	14

Výsledky mnohorozměrných analýz

Vliv měřených půdních vlastností na složení fytocenóz byl testován na souboru 31 fytocenologických snímků o ploše 1 m² pocházejících z míst odběru fyzikálních válečků. Obr. 17 zobrazuje ordinační diagram canonické korespondenční analýzy (CCA) fytocenologických snímků a signifikantních proměnných prostředí.



Obr. 17. Ordinační diagram CCA analýzy – zobrazeny jsou centroidy fytocenologických snímků a signifikantní proměnné prostředí. Snímky jsou obarveny podle vegetačních typů: světle zelené čtverečky – dominantní *Calamagrostis epigejos* (CED), tmavě zelená kolečka – smíšená vegetace se zastoupením *Calamagrostis epigejos* (CEN), oranžové čtverečky – vegetace bez *Calamagrostis epigejos*, s vyšším zastoupením *Arrhenatherum elatius*, červená kolečka – plocha s *Hieracium* sp., prázdná modrá kolečka - smíšená vegetace s *Festuca rupicola*. Signifikantní proměnné prostředí: SOC – obsah oxidovatelného uhlíku, WRC – retenční vodní kapacita, Nt – celkový obsah dusíku, Sand – obsah písku, Clay – obsah jílu. Skupiny snímků jsou ohraničeny obvodovými čarami dle jednotlivých vegetačních typů (upraveno podle Cihlářové et al. (2017)).

Z obrázku je patrné, že snímky bez dominantní třtiny křovištní jsou vázány spíše na půdy s vyšším obsahem písčité frakce. Naproti tomu vyšší obsah jílu a oxidovatelného uhlíku preferují zejména společenstva, kde třtina dominuje.

5.2 Lesnický rekultivované plochy

5.2.1 Pedologická část

Podle S – H testu vykazují výsledky pedologických analýz normální rozložení dat u většiny zkoumaných proměnných. Na základě jednofaktorové analýzy (ANOVA) byly jako statisticky významné ($\alpha < 0.05$) pro prosperující (P) a chřadnoucí výsadby (Ch) určeny hodnoty obsahu dostupného draslíku, množství jílu a písku (tab. 10).

Tab. 10 Hodnoty F a p pro statisticky významné proměnné pro chřadnoucí a prosperující výsadby, K – obsah přístupného draslíku, < 0,002 mm – obsah jílu, 0,05 - 2 mm – obsah písku.

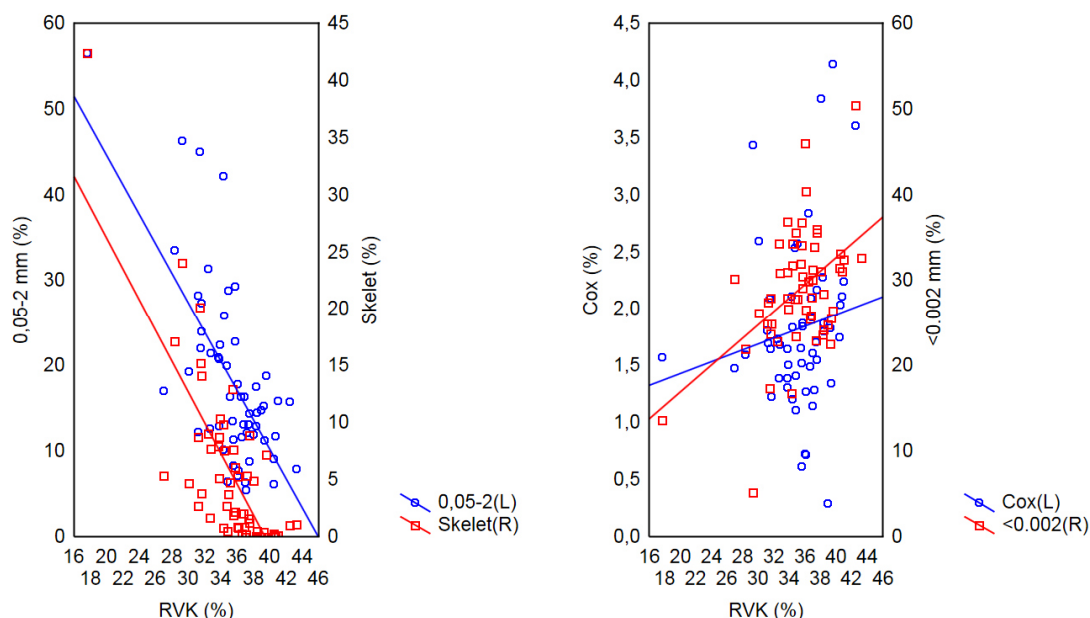
půdní vlastnost	F	p
K (mg/kg)	10,21	0,0024
< 0,002 mm	9,44	0,0033
0,05 - 2 mm	7,19	0,0097

Na základě získaných hodnot MKK byly půdní vzorky vyhodnoceny jako silně vododržné (Rejšek 1999), bez významných rozdílů mezi prosperujícími a chřadnoucími výsadbami. Pórovitost byla ve většině případů hodnocena jako střední (45–55 % pórů), na několika odběrných místech vykazovala nízkých hodnot (35–45 % pórů, hodnoceno podle Rejška 1999), avšak bez významných rozdílů mezi prosperujícími a chřadnoucími výsadbami. Minimální vzdušná kapacita, byla hodnocena jako velmi nízká s obsahem pórů, které poskytují půdní vzduch nižším než 5 %. Průměrné hodnoty základních půdních charakteristik jsou uvedeny v tab. 11.

Tab. 11 Průměrné hodnoty (Aver.) a směrodatné odchylky (SD) retenční vodní kapacity (RVK), pórovitosti (P), minimální vzdušné kapacity (A_{MKK}), a maximální kapilární kapacity (MKK).

Typ výsadby	RVK (%)		P (%)		A_{MKK} (%)		MKK (%)	
	Aver.	SD	Aver.	SD	Aver.	SD	Aver.	SD
Prosperující (P)	36,2	2,9	45,6	4,6	4,7	4,3	40,9	3,0
Chřadnoucí (Ch)	34,1	5,1	46,1	5,1	6,3	5,8	39,8	7,0

Retenční vodní kapacita (RVK) vykazovala taktéž velmi podobné hodnoty jak pro prosperující tak chřadnoucí výsadby (tab. 11.). RVK narůstala s obsahem C_{ox} a jílu a klesala s rostoucím obsahem písku a skeletu (Obr. 18).

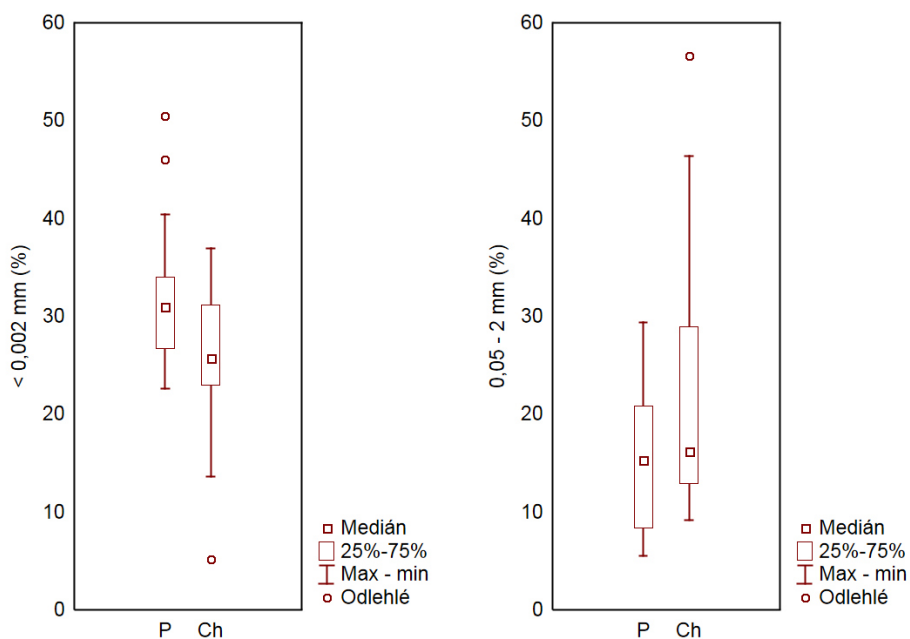


Obr. 18. Závislost retenční vodní kapacity (RVK) na obsahu písku (0,05 – 2 mm), skeletu (> 2 mm), oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) a jílu (< 0,002 mm), L – levá osa, R – pravá osa.

Pro obsahy písku a jílu byl shledán statisticky významný rozdíl, pro půdy prosperujících a chřadnoucích výsadeb. Půdní vzorky prosperujících výsadeb vykazovaly mírně vyšší obsahy jílu a naopak nižší obsahy písčité frakce (Obr. 19) avšak půdní druhy jsou podle trojúhelníkového diagramu USDA velmi podobné a převažujícím půdním druhem je prachovitá jílovitá hlína (tab 12.)

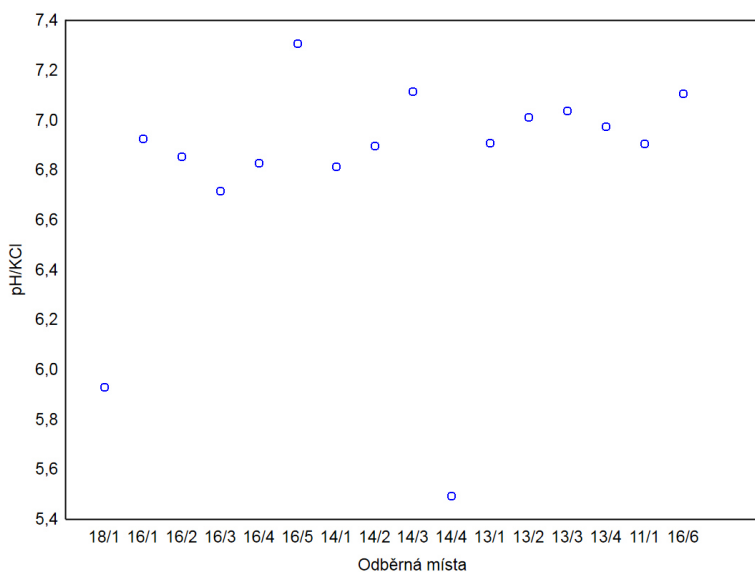
Tab. 12 Vyhodnocení půdní textury podle trojúhelníkového diagramu USDA.

Prosperující odběrná místa (P)	Půdní druh	Chřadnoucí odběrná místa (Ch)	Půdní druh
11/1	jílovitá hlína	13/1	hlína
13/3	prachovitá jílovitá hlína	13/2	prachovitá jílovitá hlína
13/4	prachovitý jíl	14/2	prachovitá jílovitá hlína
14/1	jílovitá hlína	14/3	hlína
14/4	prachovitá jílovitá hlína	16/1	prachovitá jílovitá hlína
16/4	jílovitá hlína/prachovitá jílovitá hlína	16/2	prachovitá jílovitá hlína
16/5	prachovitá hlína	16/3	prachovitá hlína
16/6	prachovitá jílovitá hlína		
18/1	prachovitá hlína		



Obr. 19. Krabicový graf obsahu jílu (<0,002 mm) a písku (0,05 – 2 mm) pro půdy prosperujících (P) a chřadnoucích (Ch) výsadeb.

Půdní reakce byla poměrně vysoká dosahující na většině odběrných míst hodnot nad 6,5 pH/KCl. Na dvou odběrných místech byly hodnoty pH/KCl výrazně nižší (obr. 20). Jednalo se o odběrné místo se zapojeným porostem borovice lesní (18/1) a prosperující porost javoru klenu, pod nímž byl odhalen odlišný typ navážky, která je blíže popsána níže v podkapitole charakteristika půdních sond.



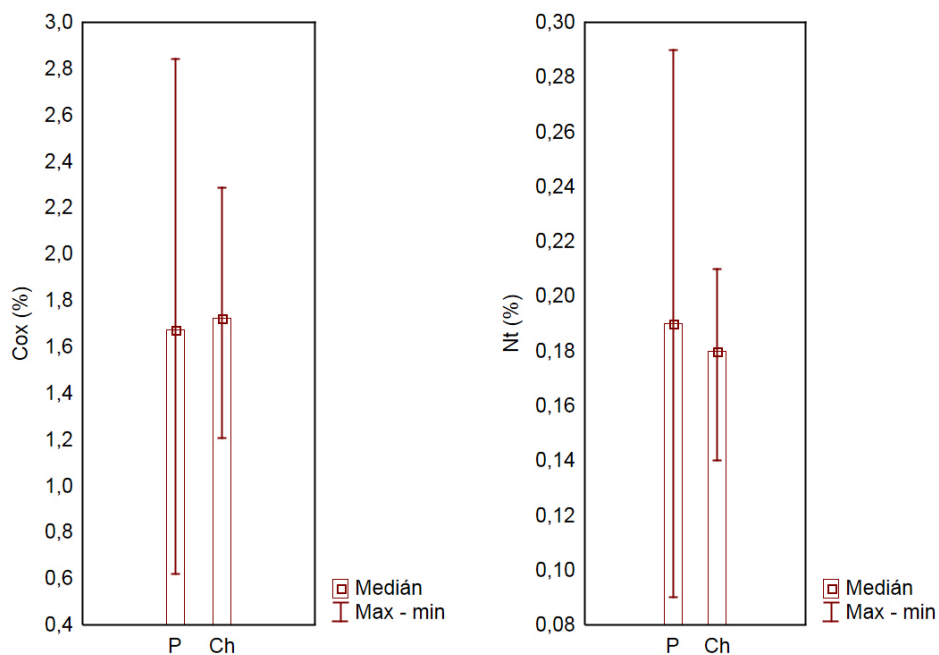
Obr. 20. Průměrné hodnoty potenciálně výměnné půdní reakce (pH/KCl).

Obsahy C_{ox} a N_t byly hodnoceny podle Vavříčka (2011) a Vavříčka a Kučery (2014) jako nízké až střední, poměr C/N vykazoval příznivé hodnoty mezi 18 – 8 (tab. 13).

Tab. 13 Naměřené hodnoty pro celkový dusík (N_t), oxidovatelný uhlík (C_{ox}) a jejich poměr (C/N).

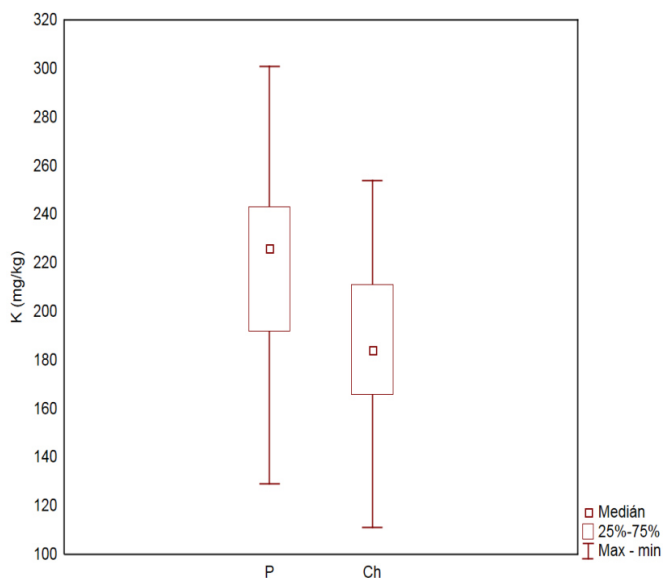
Prosperující odběrná místa (P)	N_t (%)	C_{ox} (%)	C/N	Chřadnoucí odběrná místa (Ch)	N_t (%)	C_{ox} (%)	C/N
11/1	0,19	1,48	8	13/1	0,17	1,76	10
13/3	0,17	1,42	9	13/2	0,16	1,37	8
13/4	0,09	0,69	7	14/2	0,15	1,63	11
14/1	0,22	1,86	9	14/3	0,17	1,64	10
14/4	0,18	1,51	9	16/1	0,19	2,03	11
16/4	0,25	3,15	13	16/2	0,20	1,45	7
16/5	0,16	1,69	11	16/3	0,19	2,61	14
16/6	-	2,34	-				
18/1	0,11	1,94	18				

Obsahy C_{ox} a N_t vykazují mezi prosperujícími a chřadnoucími výsadbami pouze nevýznamné rozdíly (obr. 21).



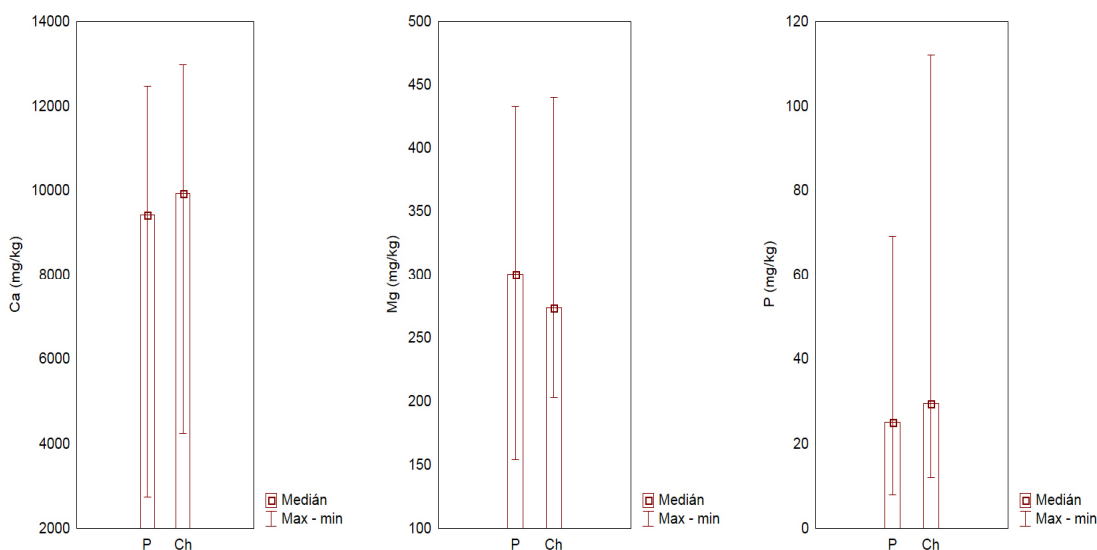
Obr. 21. Sloupcový graf pro obsahy oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) a celkového dusíku (N_t) pro prosperující (P) a chřadnoucí výsadby (Ch).

V obsazích přístupného draslíku byl shledán statisticky významný rozdíl, kdy půdy prosperujících rekultivací vykazovaly vyšší hodnoty oproti chřadnoucím. Naměřené hodnoty se pohybovaly od 135 mg/kg do 262 mg/kg, pro lesní půdy byly hodnoceny jako střední až dobré (hodnoceno podle Nárovce 1993 a Vavříčka 2011)



Obr. 22. Krabicový graf přístupného draslíku (K) v půdních vzorcích prosperujících (P) a chřadnoucích (Ch) výsadeb.

Obsah fosforu se pohyboval od velmi nízkých hodnot necelých 9 mg/kg po příznivé obsahy dosahující 97 mg/kg. Hořčíku bylo na všech odběrných místech dostatečné až nadbytečné množství. Výrazně nadbytečné byly obsahy vápníku dosahující hodnot přes 11 000 mg/kg (hodnoceno podle Nárovce 1993 a Vavříčka 2011).

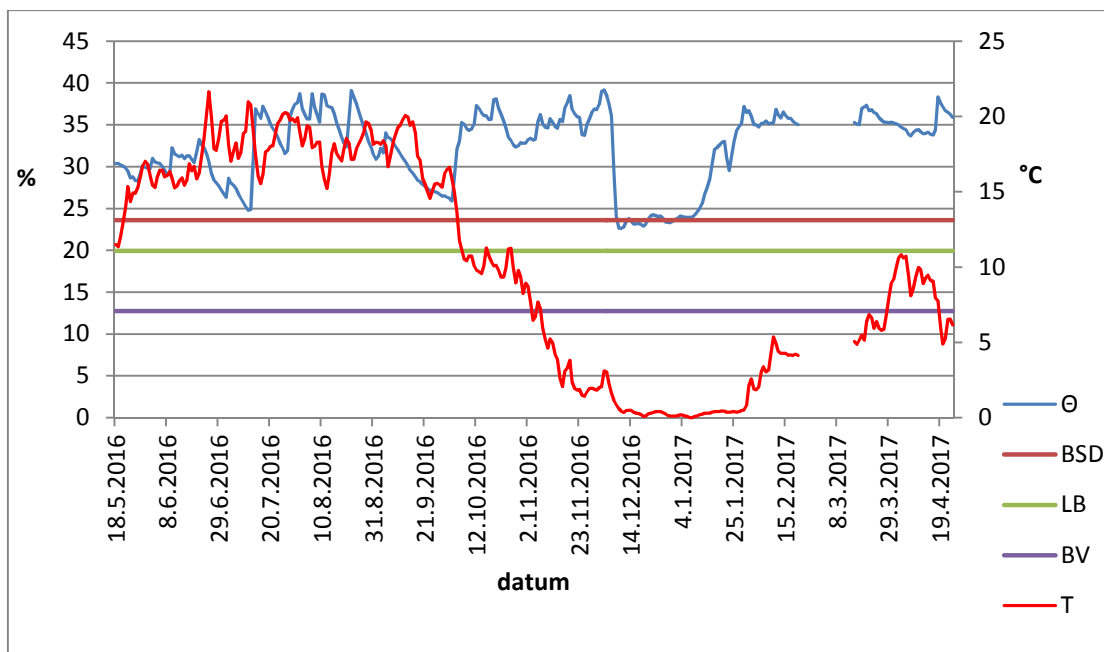


Obr. 23. Sloupcové grafy přístupného vápníku (Ca), hořčíku (Mg) a fosforu (P) pro prosperující (P) a chřadnoucí (Ch) výsadby.

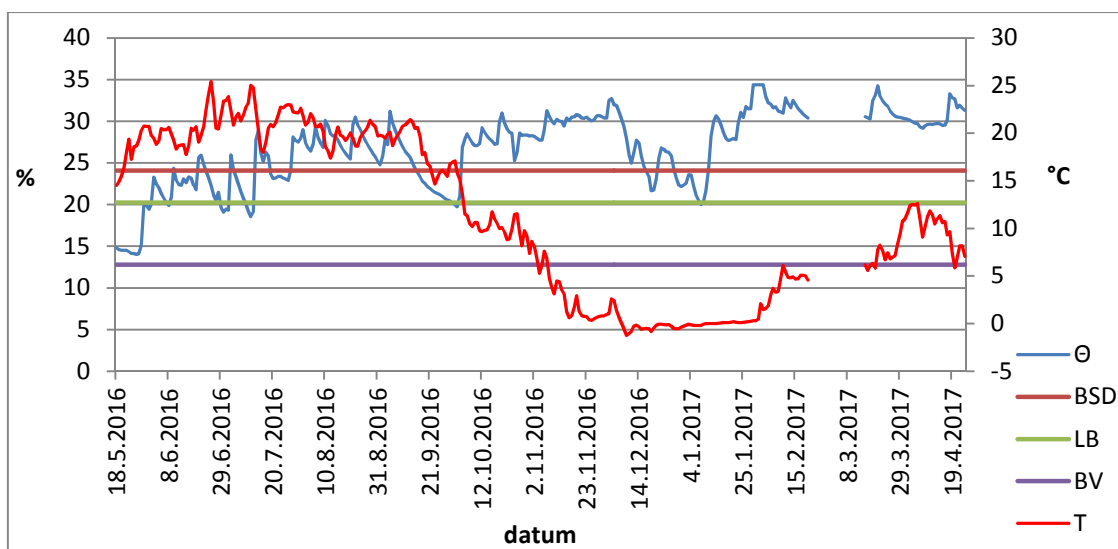
Výsledky měření objemové vlhkosti a teploty půdy

Denní průměry podrobného měření objemové vlhkosti půdy (Θ) a teploty jsou zobrazeny v následujících grafech, vždy jsou vztaženy základním k půdním hydrolimitům. Nízké teploty blízko bodu mrazu způsobují prudký pokles půdní vlhkosti, kdy vlhkost nemůže být správně měřena, a hodnoty nejsou započítávány do množství dnů, kdy byl půdních hydrolimit překročen.

Na odběrném místě 13/2 s chřadnoucí výsadbou lip dosahovala objemová vlhkost půdy vyšších hodnot, ve srovnání s odběrným místem 13/3, kde výsadba prosperovala. Na odběrném místě 13/3 došlo k překročení bodu snížené dostupnosti (BSD) celkem v 76 dnech, pod hodnotou lentokapilárního bodu byla objemová vlhkost půdy po 27 dní, bod vadnutí překročen nebyl. Na odběrném místě 13/2 nedošlo k překročení žádného půdního hydrolimitu. Měření probíhalo celkem 320 dní (18.5. 2016 – 24.4. 2017) na obou odběrných místech.

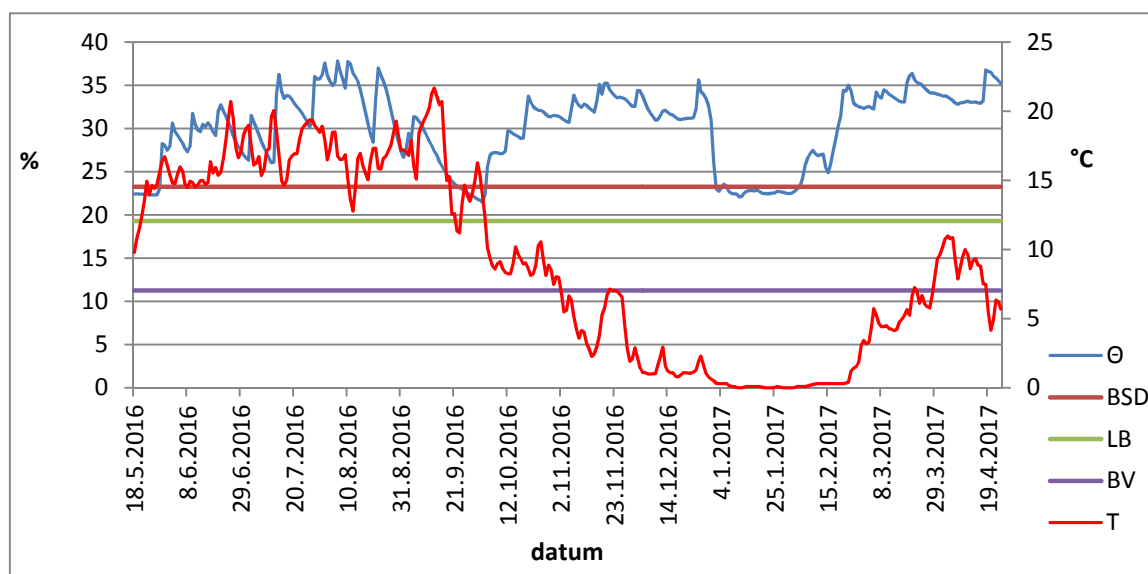


Obr. 24. Vývoj objemové vlhkosti (Θ) a teploty (T) půdy v období 18.5. 2016 – 24.4. 2017, pro odběrné místo 13/2 s chřadnoucí výsadbou lip. BSD – bod snížené dostupnosti, LB – lentokapilární bod, BV – bod vadnutí.

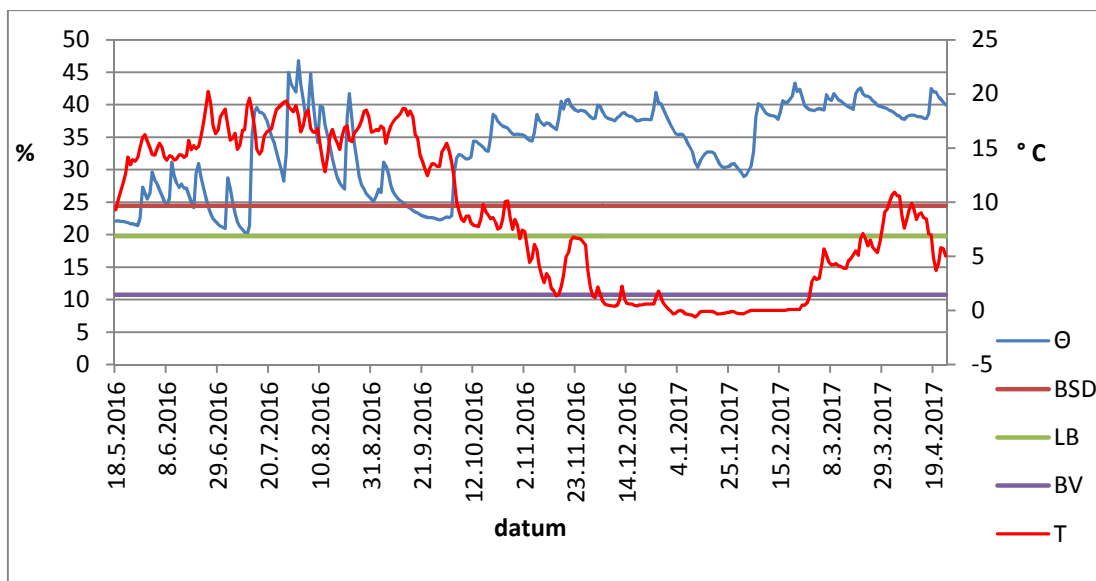


Obr. 25. Vývoj objemové vlhkosti (Θ) a teploty (T) půdy v období 18.5. 2016 – 24.4. 2017, pro odběrné místo 13/3 s prosperujícími lípami. BSD – Bod snížené dostupnosti, LB – lentokapilární bod, BV – bod vadnutí.

Na odběrném místě 14/4 s prosperujícími javory vystupovaly hodnoty objemové vlhkosti (Θ) k vyšším hodnotám a častěji poklesly pod hodnotu bodu snížené dostupnosti (BSD), ve srovnání s prosperujícími lípami na odběrném místě 14/1, které jsou vzdáleny přibližně 20 m východně do mírného svahu. Na odběrném místě 14/1 byla objemová vlhkost pod hodnotou BSD po 22 dnů, na odběrném místě 14/4 ve 47 dnech, z celkových 342 dnů měření (18.5. 2016 – 24. 4. 2017), ostatní hydrolimity nebyly překročeny (obr. 26 a 27).

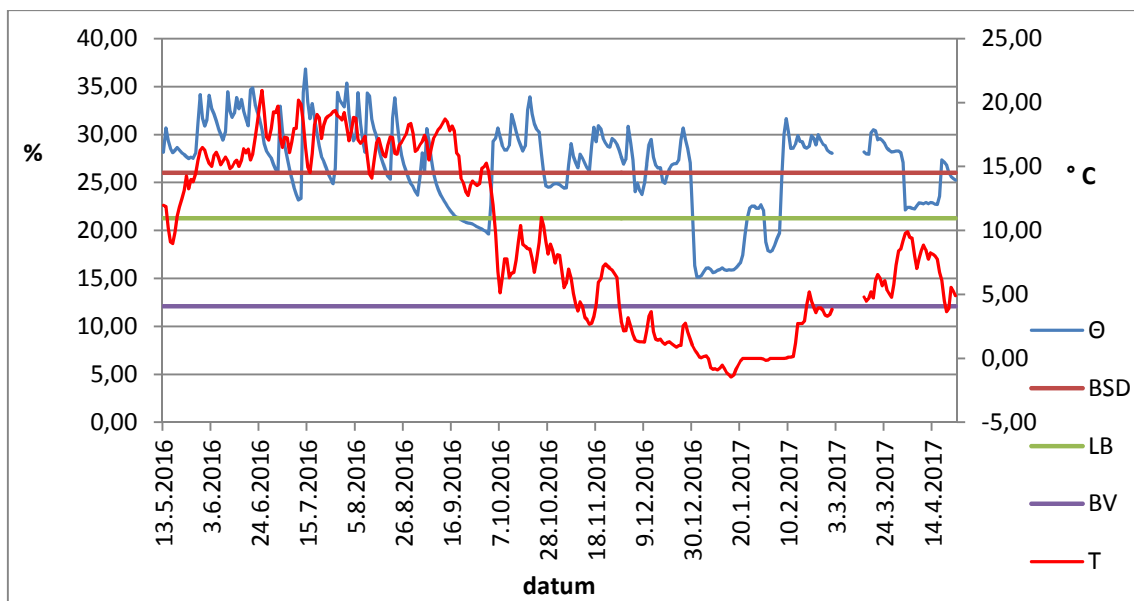


Obr. 26. Vývoj objemové vlhkosti (Θ) a teploty (T) půdy v období 18.5. 2016 – 24.4. 2017, pro odběrné místo 14/1 s prosperujícími lípami. BSD – Bod snížené dostupnosti, LB – lentokapilární bod, BV – bod vadnutí.

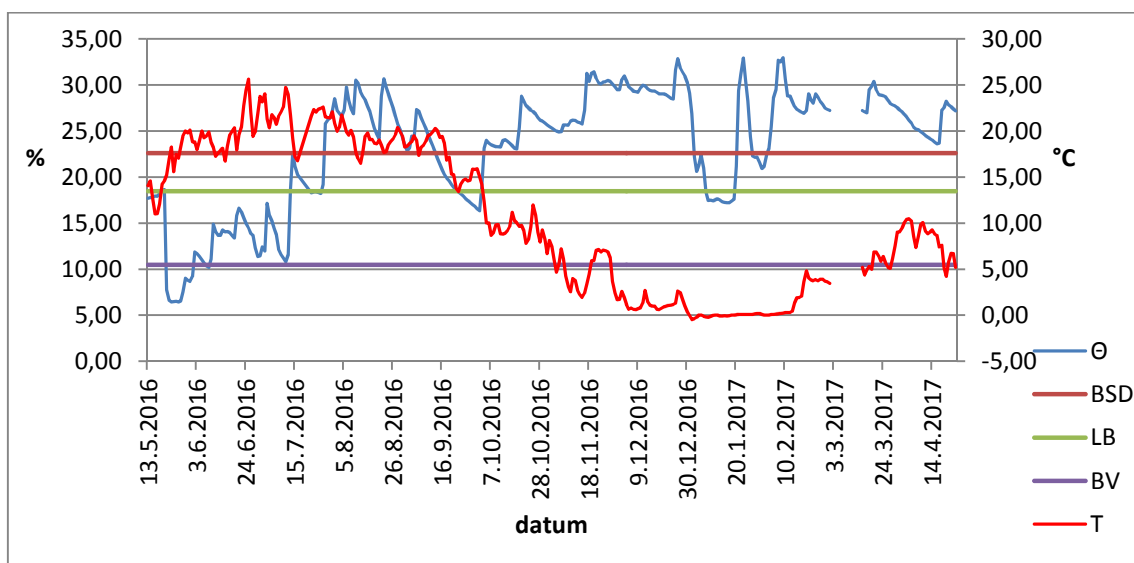


Obr. 27. Vývoj objemové vlhkosti (Θ) a teploty (T) půdy v období 18.5. 2016 – 24.4. 2017, pro odběrné místo 14/4 s prosperujícími jавory. BSD – bod snížené dostupnosti, LB – lentokapilární bod, BV – bod vadnutí.

Bod snížené dostupnosti byl na odběrném místě 16/1 s uhynulou výsadbou překročen celkem v 80 dnech z celkových 334, na odběrném místě 16/6 s prosperujícími borovicemi bylo pod tímto limitem 100 dnů, z celkových 329 (počet dní se liší z důvodů odkopání čidel divokými prasaty). Pod hranicí lentokapilárního bodu byla objemová vlhkost 13 dní na uhynulé výsadbě, v prosperujících borovicích byla hodnota objemové vlhkosti pod tímto limitem 83 dní, na tomto odběrném místě byla objemová vlhkost půdy 14 dní pod nejzazším půdním hydrolimitem bodem vadnutím (BV). Na uhynulé výsadbě k překročení BV nedošlo.



Obr. 28. Vývoj objemové vlhkosti (Θ) a teploty (T) půdy v období 13.5. 2016 – 24.4. 2017, pro odběrné místo 16/1 s uhynulou výsadbou. BSD – bod snížené dostupnosti, LB – lentokapilární bod, BV – bod vadnutí.



Obr. 29. Vývoj objemové vlhkosti (Θ) a teploty (T) půdy v období 13.5. 2016 – 24.4. 2017, pro odběrné místo 16/6 s prosperujícími borovicemi. BSD – Bod snížené dostupnosti, LB – lentokapilární bod, BV – bod vadnutí.

Nejvyšší půdní vlhkost byla zaznamenána na spontánně obnovovaném odběrném místě s dominancí třtiny křovištní 4/2, kdy byla hodnota MKK překročena v 50 % měřených dnů. Vyšší půdní vlhkost byla zaznamenána také na odběrném místě 13/2 s uhynulou výsadbou lip a hustým porostem třtiny křovištní, kdy byla hodnota retenční vodní kapacity (RVK) překročena po 42 % dnů. Na odběrném místě 14/4 v prosperujících javorech byla RVK překročena po 37 % měřeného období. Nejnižší půdní vlhkost a nejčastější překročení bodu snížené dostupnosti, lentokapilárního bodu a bodu vadnutí vykazovalo odběrné místo s prosperujícími borovicemi (16/6), kdy půdní vlhkost klesala pod hodnotu lentokapilárního bodu po 25 % měřených dnů (tab. 14).

Tab. 14 Shrnutí výsledků měření půdními čidly VIRRIB pro všechna měřená místa, MKK – maximální kapilární kapacita, Θ – objemová vlhkost půdy, RVK – retenční vodní kapacita, BSD – bod snížené dostupnosti, LB – lentokapilární bod, BV – bod vadnutí.

Odběrné místo	počet dnů $\Theta > \text{MKK}$	počet dnů $\Theta > \text{RVK}$	počet dnů $\Theta < \text{BSD}$	počet dnů $\Theta < \text{LB}$	počet dnů $\Theta < \text{BV}$	celkem měřených dnů
4/1	0	11	18	0	0	271
4/2	135	153	0	0	0	271
13/2	18	133	0	0	0	320
13/3	0	0	76	27	0	320
14/1	0	33	22	0	0	342
14/4	6	125	47	0	0	342
16/1	0	0	80	13	0	334
16/6	0	0	100	83	14	329

Půdní sondy

Celkem bylo vyhotoveno sedm půdních sond na odběrných místech 13/2 s neprosperujícími lípami (sonda 1), 13/3 s prosperujícími lípami (sonda 2), 16/1 s uhynulou výsadbou (sonda 3), dále na odběrném místě 16/6 s prosperujícími borovicemi (sonda 4), 16/4 s prosperujícími duby (sonda 5), 16/3 s duby netvárného vzrůstu (sonda 6) a 14/4 s prosperujícími javory (sonda 7). Všechny půdní sondy byly klasifikovány jako antropozem pelická (ANp, Vokoun a kol. 2002, Němeček a kol. 2011).

Půdní sonda č. 1

Schematické znázornění sekvence horizontů a mocnost jednotlivých horizontů v cm.

O – Ad – M1 – M2 – R (0; 0 – 10; 10 – 35; 35 – 60; >60)

Tab. 15 Schematický popis půdní sondy č. 1, 13/2 – uhynulá výsadba.

Horizont	Označení	Mocnost	Charakteristika
1	O	0 - 5 cm	Biomasa travinného společenstva zejména třtiny křovištní, rozklad velmi pozvolný
2	Ad	10 cm	Tmavohnědá, prachovitá – jílovitá hlína
3	M1	25 cm	Rezivá, silně skeletnatá, prachovitá – jílovitá hlína
4	M2	25 cm	Šedohnědý silně skeletnatý půdní sediment, velmi utužený
5	R	-	Vápenec

Půdní sonda č.1 měla značně proměnlivou mocnost překryvu navážky od 10 cm (počátek výkopu) do 60 cm (čelo sondy). Povrchový horizont Ad zasahoval do hloubky 10 cm. Byl tvořen tmavě hnědou, prachovito - jílovitou hlínou se středním prokořeněním. První podpovrchový horizont M1 byl tvořen středně až silně skeletnatou rezivou, prachovito – jílovitou hlínou, s úločky vápence o velikosti až 30 cm, prokořenění zde bylo nízké. Ve 35 cm přecházel do šedohnědého silně skeletnatého horizontu M2 s velmi nízkým prokořeněním. Od 60 cm se nacházel vápenec.



Obr. 30 a 31. Půdní sonda č. 1 na odběrném místě 13/2.

Půdní sonda č. 2

Schematické znázornění sekvence horizontů a mocnost jednotlivých horizontů v cm.

O – Ad – M – R (0; 0 – 10; 10 – 25/10 – 40; >20/ > 40)

Tab. 16 Schematický popis půdní sondy č. 2, 13/3 – prosperující výsadba lip.

Horizont	Označení	Mocnost	Charakteristika
1	O	0 - 5 cm	Biomasa travinného společenstva zejména třtiny křovištní, rozklad velmi pozvolný
2	Ad	7 - 10 cm	Tmavohnědá, prachovitá – jílovitá hlína
3	M	15/ 30 cm	Hnědorezivá, středně skeletnatá, prachovitá – jílovitá hlína
5	R	-	Vápenec

Síla navážky půdní sondy č. 2 kolísala od 20 cm do 40 cm. Ve směru snižování mocnosti navážky docházelo k mírnému omezení prosperity lip. Povrchový horizont Ad zasahoval do hloubky 7 – 10 cm, prokořenění zde bylo střední. Na Ad horizont navazoval slabě až středně skeletnatý (úlomky vápence) půdní sediment tmavě hnědo – rezivé, prachovito - jílovité hlíny s nízkým až středním prokořeněním. Pod tímto horizontem se nacházela pevná hornina tvořená vápencem.



Obr. 32 a 33. Půdní sonda č. 2 na odběrném místě 13/3.

Půdní sonda č. 3

Schematické znázornění sekvence horizontů a mocnost jednotlivých horizontů v cm.

O – Ad – M – D (0; 0 – 15; 15 – 45; >45)

Tab. 17 Schematický popis půdní sondy č. 3, 16/1 – uhynulá výsadba.

Horizont	Označení	Mocnost	Charakteristika
1	O	0 - 5 cm	Biomasa travinného společenstva zejména třtiny křovištní, rozklad velmi pozvolný
2	Ad	15 cm	Tmavohnědá, prachovitá hlína, téměř bez skeletu
3	M	25 - 30 cm	Hnědošedá, prachovitá – jílovitá hlína, téměř bez skeletu
4	D	-	Tmavě šedá asfaltová drť

Půdní sonda byla umístěna na odběrném místě 16/1 s uhynulou výsadbou, kde dominuje hustý porost třtiny křovištní. Drnový horizont zasahoval do hloubky 15 cm, prokořenění zde bylo nízké. Na něj navazoval horizont M tvořený spraší s nevyvinutou strukturou, téměř bez skeletu a velmi nízkým prokořeněním. Od 40 cm se vyskytoval tmavě šedý, utužený substrát připomínající asfaltovou škváru, zde již kořeny nalezeny nebyly.



Obr. 34 a 35. Půdní sonda č. 3 na odběrném místě 16/1.

Půdní sonda č. 4

Schematické znázornění sekvence horizontů a mocnost jednotlivých horizontů v cm.

O – Ai – M1 – M2 – R (0; 0 – 10; 10 – 40; 40 – 55; >55)

Tab. 18 Schematický popis půdní sondy č. 4, 16/6 – prosperující borovice.

Horizont	Označení	Mocnost	Charakteristika
1	O	0 - 5 cm	Biomasa travinného společenstva a jehlic borovice lesní, rozklad velmi pozvolný
2	Ai	10 cm	Tmavohnědá, prachovitá – jílovitá hlína
3	M1	25 – 30 cm	Tmavě šedohnědá středně skeletnatá, prachovitá – jílovitá hlína
4	M2	15cm	Šedohnědý, silně skeletnatý půdní sediment
5	R	-	Vápenec

Půdní sonda č. 4 byla umístěna na odběrném místě 16/6 směrem po svahu, v linii s odběrným místem 16/1. Navážka zde byla hlubší, ale výrazně skeletnatější, skelet byl tvořen vápencem, pískovcem i kusy asfaltu. Iniciální horizont Ai zasahoval do hloubky 10 cm. Do 40 cm pokračoval horizont M1 tmavě šedohnědé barvy, s nízkým prokořeněním a středním obsahem skeletu. Půda byla prachovito jílovitá s kulovitou až slitou strukturou. Horizont M2 byl velmi utužený, silně skeletnatý šedavý bez prokořenění, pod ním se nacházel vápenec.



Obr. 36 a 37. Půdní sonda č. 4 na odběrném místě 16/6.

Půdní sonda č. 5

Schematické znázornění sekvence horizontů a mocnost jednotlivých horizontů v cm.

O – Ah – M1 – M2 – R (0; 0 – 10; 10 – 40; 40 – 55; >55)

Tab. 19 Schematický popis půdní sondy č. 5.

Horizont	Označení	Mocnost	Charakteristika
1	O	0 - 5 cm	Zejména dubové listí v různém stupni rozkladu
2	Ah	7 cm	Tmavohnědá, prachovitá – jílovitá hlína
3	M1	20 - 25 cm	Tmavě šedohnědá středně skeletnatá, prachovitá – jílovitá hlína
4	M2	40 cm	Šedohnědý, silně skeletnatý
5	R	-	Vápenec

Půdní sonda byla umístěna na odběrném místě 16/4 v prosperujících dubech, pokračuje dále po svahu od odběrných míst 16/1 a 16/6, jedná se o poslední třetinu tohoto svahu. Na tomto odběrném místě byla vytvořena souvislá vrstva opadu, pod níž se nachází humusový tmavě hnědý Ah horizont do hloubky cca 7 cm. Horizont M1 byl šedohnědý slabě až středně skeletnatý s nízkým až středním prokořeněním pokračoval do hloubky 20 cm, kde na něj navazoval silně skeletnatý (skelet tvořen zejména vápencem) šedý substrát M2, ve kterém byly taktéž nalezeny kořeny.



Obr. 38 a 39. Půdní sonda č. 5 na odběrném místě 16/4.

Půdní sonda č. 6

Schematické znázornění sekvence horizontů a mocnost jednotlivých horizontů v cm.

O – Ai – M1 – M2 – Cr (0; 0 – 10; 10– 30; 30 – 60; > 60)

Tab. 20 Schematický popis půdní sondy č. 6.

Horizont	Označení	Mocnost	Charakteristika
1	O	0 - 5 cm	Zejména dubové listí v různém stupni rozkladu
2	Ai	10 cm	Tmavohnědá, prachovitá – jílovitá hlína
3	M1	20 cm	Tmavě šedohnědá středně skeletnatá, prachovitá – jílovitá hlína
4	M2	30 cm	Tmavě rezivo šedohnědá středně skeletnatá, prachovitá – jílovitá hlína
5	Cr	-	Šedohnědá vápencová drť

Půdní sonda byla umístěna na stejném svahu jako sonda č. 5 SV směrem na odběrném místě 16/3, kde byly duby méně tvárné a porost byl mezernatý. Iniciální horizont byl vytvořen do hloubky 10 cm, navazoval na něj šedavý středně až silně skeletnatý, slabě až středně prokořeněný horizont M1 do hloubky 30 cm. V levé části se vyskytoval balvan vápence. Na tento horizont navazoval půdní sediment, podobného charakteru. Pod tímto horizontem se nacházel rozpadající se (drcený) vápenec Cr.



Obr. 40 a 41. Půdní sonda č. 6 na odběrném místě 16/3.

Půdní sonda č. 7

Schematické znázornění sekvence horizontů a mocnost jednotlivých horizontů v cm.

O – Ai – M1 – M2 – D (0; 0 – 12; 12 – 42; 42 – 72; > 72)

Tab. 21 Schematický popis půdní sondy č. 6.

Horizont	Označení	Mocnost	Charakteristika
1	O	0 - 5 cm	Zejména javorové listí v různém stupni rozkladu
2	Ai	10 - 12 cm	Tmavě hnědorezivá prachovitá jílovitá hlína
3	M1	30 cm	Rezivý, silně utužený prachovitý jííl
4	M2	30 cm	Tmavě šedohnědá středně skeletnatá, prachovitá – jílovitá hlína
5	D	-	Vápencová šedohnědá drť

Půdní sonda byla umístěna v prosperujících javorech na odběrném místě 14/4. Iniciální Ai horizont byl vytvořen do hloubky asi 12 cm, s nízkým prokořeněním. Pod ním se vyskytoval horizont M1 v podobě velmi hutného rezivého, slabě skeletnatého prachovitého jílu s polyedrickou strukturou a nízkým prokořeněním. Horizont M2 byl šedohnědý, organickou hmotou vylehčený středně až silně skeletnatý s kulovitou strukturou a středním prokořeněním. Jednalo se o dvě zcela odlišné navážky. Podloží bylo tvořeno utuženou vápencovou drtí světlešedé barvy.



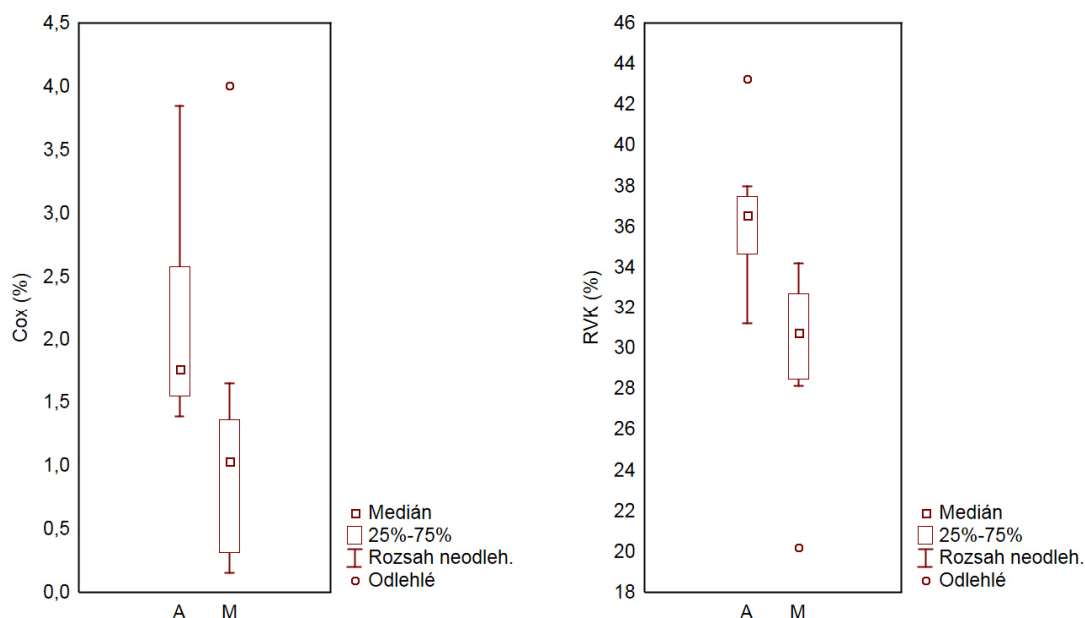
Obr. 42 a 43. Půdní sonda č. 7 na odběrném místě 14/4.

Povrchové horizonty vykazovaly vyšší hodnoty retenční vodní kapacity (RVK), pórovitosti (P) a maximální kapilární kapacity (MKK). Naopak minimální vzdušná kapacita (A_{MKK}) a obsah skeletu (>2 mm) byl vyšší u podpovrchových horizontů. Průměrné hodnoty jsou shrnuty v následující tabulce.

Tab. 22 Hodnoty aritmetického průměru (Aver.) a směrodatné odchylky (SD) retenční vodní kapacity (RVK), pórovitosti (P), minimální vzdušné kapacity (A_{MKK}), maximální kapilární kapacity (MKK) a skeletu pro povrchové horizonty (A) a podpovrchové půdní horizonty (M).

Půdní horizont	RVK (%)		P (%)		A_{MKK} (%)		MKK (%)		Skelet (%)	
	Aver.	SD	Aver.	SD	Aver.	SD	Aver.	SD	Aver.	SD
A	36,4	3,1	46,5	2,9	6	4,5	40,6	2,8	2,8	2,5
M	30	4,1	41,9	7,8	7,8	7,2	34,5	3,8	12,1	16,5

Hodnoty oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) byly u povrchových horizontů vyšší oproti podpovrchovým horizontům s výjimkou sondy č. 7, kdy horizont M2 obsahoval vůbec nejvyšší obsahy C_{ox} . Taktéž hodnoty retenční vodní kapacity (RVK) vykazovaly vyšší hodnoty u povrchových horizontů (Obr. 44.).



Obr. 44. Krabicový graf oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) a retenční vodní kapacity (RVK) pro povrchové horizonty (A) a podpovrchové horizonty půdních sedimentů (M).

Ze zrnitostních tříd převažovaly půdy těžšího charakteru, nejčastěji se jednalo o prachovito jílovitou hlínu. Zajímavostí byla sonda 7 na odběrném místě 14/4 kdy byl první podpovrchový horizont nejtěžším půdním druhem, který obsahoval pouze 6 % písčité frakce a nejvyšší množství jílu (45 %) a naopak druhý půdní horizont byl lehčí, jak zrnitostním složením (prachovitá hlína) tak obsahoval nejvyšší množství (4,3 %) oxidovatelného uhlíku.

Tab. 23 Vyhodnocení zrnitostního složení podle trojúhelníkového diagramu USDA.

Odběrné místo	Horizont	Zrnitostní třída	Odběrné místo	Horizont	Zrnitostní třída
13/2	Ad	prachovitá jílovitá hlína	13/2	M1	prachovitá jílovitá hlína
13/3	Ad	prachovitá jílovitá hlína	13/3	M	prachovitá jílovitá hlína
14/4	Ai	prachovitá jílovitá hlína	14/4	M1	prachovitý jíl
16/1	Ad	prachovitá hlína	14/4	M2	prachovitá hlína
16/3	Ai	prachovitá jílovitá hlína	16/1	M	prachovitá jílovitá hlína
16/4	Ah	prachovitá jílovitá hlína	16/3	M1	prachovitá jílovitá hlína
16/6	Ai	prachovitá jílovitá hlína	16/4	M	prachovitá jílovitá hlína
			16/6	M1	prachovitá jílovitá hlína

5.2.2 Dendrochronologická část

Modřín opadavý (*Larix decidua*) se na základě získaných dat jeví jako dřevina, u níž se v počáteční fázi po výsadbě (v řádu cca 3 let) projevuje růstová stagnace. Následně dochází ke zvýšení tloušťkového přírůstu, který kulminuje přibližně mezi šestým a jedenáctým rokem, kdy se medián šířky letokruhů pohybuje okolo 4 mm. V dalších letech následuje pozvolný pokles přírůstu zřejmě způsobený nástupem konkurence okolních dřevin (rhizosféra, korunový zápoj).

Letokruhová křivka **borovice lesní** (*Pinus sylvestris*) v prvních čtyřech letech strmě stoupá, z čehož lze usuzovat, že sazenice, které se ujmou, nemají vážný problém s následným odrůstáním. Šířka letokruhů kulminuje přibližně po sedmi letech na hodnotě 4 mm. Následuje pokles, který se zastavuje okolo 12. roku, kdy křivka začíná oscilovat okolo hodnoty 2 mm. Mezi 7 a 12 rokem tak lze očekávat vznik zapojené mlaziny, která se po zmíněných 12 letech mění v mladý stabilně se vyvíjející lesní porost.

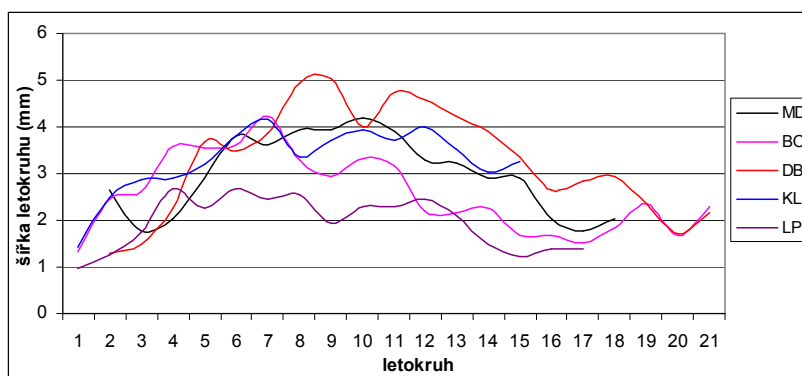
U **dubů** (*Quercus petraea* a *Q. robur*) lze pozorovat pomalejší nástup v prvních letech, což je pro tuto dřevinu charakteristické. Následně se přírůst zrychluje až do 8. roku, kdy je dosažena kulminační šířka letokruhů 5 mm. V následujících 8 letech přírůst klesá, přičemž od 16. letokruhu se zdá, že se začíná postupně stabilizovat.

Přírůstová křivka u **javoru klenu** (*Acer pseudoplatanus*) vykazuje velmi rychlý nástup v prvních dvou letech, po té se velikost přírůstu zvětšuje pozvolněji, až dochází ke kulminaci okolo 6. letokruhu řady. Následujících 8 let se hodnoty přírůstu pohybují v rozmezí 3 a 4 mm. Pro hodnocení dalšího vývoje nebyl k dispozici dostatek dat.

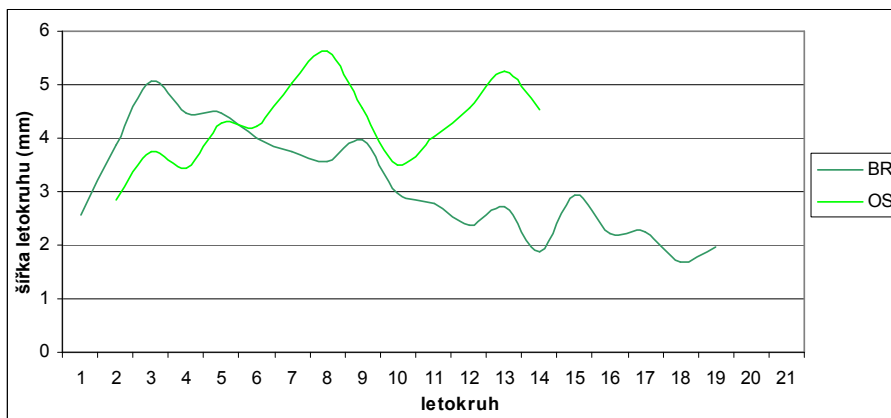
Lípa srdčitá (*Tilia cordata*) v současnosti představuje při rekultivačních výsadbách nejčastěji využívanou dřevinu. Z přírůstové křivky je patrný pomalejší nástup v prvních dvou letech, brzká kulminace okolo šířky letokruhu 2,5 mm a následný pozvolný pokles přírůstu, který se urychluje po 12 roce až k hodnotám okolo 1,3 mm.

Bříza bělokorá (*Betula pendula*) v prvních letech velmi progresivně zvyšuje svůj přírůst, který již ve 4. roce kulminuje na hodnotě 5 mm. Následuje pozvolný pokles šířky letokruhů, který se zastavuje přibližně po 11. roce. Bříza se ve sledovaném prostoru obvykle vyskytuje pouze jako příměs. Z přírůstové křivky je patrné, že je jako pionýrská dřevina schopná velmi rychlého rozvoje, který následně po vzniku zapojeného porostu postupně klesá.

Přírůstová křivka **topolu osiky** (*Populus tremula*) je značně rozkolísaná, což je důsledkem malého počtu vzorků, které mohly být použity pro její sestavení. Na lokalitě se nejčastěji vyskytuje mimo zapojené porosty a tomu odpovídají i velké šířky letokruhů, které se i po 10. roce pohybují okolo 5 mm.



Obr. 45. Přírůstové křivky vzorníků z lomu Břídla a výsypek v J a JV části areálu lomu Mokrý. Zobrazeny jsou hodnoty mediánů šířek letokruhů získané alespoň z 10 letokruhových řad.



Obr. 46. Přírůstové křivky vzorníků z lomu Břidla a výsypek v J a JV části areálu lomu Mokrá. Zobrazeny jsou hodnoty mediánů šířek letokruhů získané alespoň z 10 letokruhových řad (v případě osiky z osmi).

6 Diskuze

Spontánně obnovované plochy

Na spontánně obnovovaných plochách byly odhaleny statisticky významné rozdíly v půdních vlastnostech mezi studovanými půdními typy CED (třtina křovištní byla dominantním druhem) a CEN (třtina křovištní nebyla dominantním druhem). Půdy na CED odběrných místech vykazovaly vyšší vododržnost. Schopnost půdy zadržet vodu a poskytovat ji rostlinám úzce souvisí s půdní texturou a půdní organickou hmotou. Půdní organická hmota zvyšuje schopnost půdy zadržet vodu, stejně jako jílovité částice. Naopak písčité částice a množství skeletu retenci půdy snižuje (White 2006). Tyto základní půdní vztahy byly na studovaném území potvrzeny korelačními analýzami.

Půdy na CED odběrných místech vykazovaly vyšší pórovitost ale výrazně nižší minimální vzdušnou kapacitu, jež často klesala pod hraniční hodnoty, při nichž může docházet k nízké intenzitě humifikace, zpomalení činnosti půdní bioty a často k zamokření (White 2006).

Na většině CED odběrných místech, se vyskytovaly těžší půdní druhy s vyšším obsahem jílovité a prachovité frakce, ve srovnání s půdami na CEN odběrných místech. Zde převažovaly lehčí půdy s vyšším zastoupením frakce písčité. Toto zjištění koresponduje s předpokladem Tichého (2010), který považuje za významné riziko převládnutí ruderálních společenstev navezení hrubé vrstvy relativně bohatého a jemnozrného půdního substrátu. Na druhou stranu přirozený výskyt třtiny křovištní v Euroasii je tvořen jak písečnými dunami, tak říčními luhy, stepmi i subalpínskými travinnými společenstvy (Rebele a Lehmann 2001). Krom přirozené široké valence výskytu třtiny křovištní, je tento druh silně synatropní a adaptabilní tvorbou mnoha klonů, které se mohou vyskytovat společně na jednom stanovišti. Výskyt třtiny křovištní není blokován ani vysokými rozdíly v pH, kdy byla dokumentována od pH/KCl 1,9 – 8,5; ani nízkými či vysokými obsahy půdní organické hmoty či antropogenním znečištěním (Rebele a Lehmann 2001). Třtina křovištní se dokáže adaptovat nejen na velmi variabilní podmínky prostředí svým růstem, ale také fenologickými fázemi. Nicméně, co se týče dominance tohoto druhu, jisté preference byly prokázány (Rebele a Lehmann 2001). Jako nejdůležitější bylo dokumentováno osvětlení, obsah živin a vlhkost půd. Na živinami dobře zásobených, vlhkých a dobře

osvětlených stanovištích třtina vykazuje jak vyšší produkci biomasy, tak tvorbu oddenků a kompetiční schopnost (Rebele a Lehmann 2001, Rebele 2000). Z makroživin byl největší vliv prokázán u vápníku a dusíku, naopak u draslíku a fosforu nebyl pozorován významný rozdíl. Nízké nároky třtiny na obsah fosforu dokumentoval také Brünn (1999), pro draslík byly potvrzeny Rebelem a Lehmannem (2001). Obecně můžeme říci, že ve střední Evropě se třtina křovištní stává dominantním druhem ruderálních a semi-ruderálních stanovišť a vytváří druhově chudé porosty na otevřených, živinami dobře zásobených stanovištích, zejména s kontinentálními klimatickými podmínkami (Rebele a Lehmann 2001).

Ve vápencovém lomu Mokrý byly mezi studovanými vegetačními typy odhaleny statisticky významné rozdíly v obsahu oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) a celkového dusíku (N_t). Půdy vyskytující se na CED odběrných místech vykazovaly vyšší obsahy organické hmoty oproti půdám na CEN odběrných místech. Zatímco obsahy C_{ox} a N_t byly na CEN odběrných místech vyhodnoceny jako velmi nízké (C_{ox}) a nízké (N_t), u CED byly hodnoceny jako mírné (C_{ox}) a střední (N_t), (hodnoceno podle Vavříčka 2011). Nejvyšší hodnoty C_{ox} a N_t byly zjištěny u vzorků ze samovolně se obnovujícího lesa a odpovídají pravděpodobně vyšší akumulaci organické hmoty z opadu (White 2006). Obsah organické hmoty bývá často využíván jako měřítko hodnocení úspěšnosti obnovy degradovaného území a je diskutován v mnoha vědeckých pracích (např. Bodlák et al. 2012; Bartuška et al., 2015; Frouz et al., 2001; Frouz a Nováková 2005; Frouz et al., 2006). Podle naměřených hodnot C_{ox} a N_t byly půdní vzorky z odběrných míst CED a NF zařazeny do vyšších kategorií v hodnocení obsahu organické hmoty (hodnoceno podle Vavříčka 2011) a rozdíly mezi nimi nebyly výrazné. Využití obsahu organické hmoty jako měřítko úspěšnosti sukcesních pochodů proto může být v souvislosti s výskytem expanzivního druhu třtiny křovištní problematické (Cihlářová et al. 2017). Preference třtiny křovištní k těžším půdním druhům s vyšší vododržností a obsahem organické hmoty byla také potvrzena fytoecologickými analýzami (Cihlářová et al. 2017).

Přibývání půdní organické hmoty s délkou probíhajících sukcesních pochodů post těžebních oblastí byl dokumentován v následujících pracích: Bodlák et al. (2012); Frouz a Nováková (2005); Frouz et al. (2008); Šourková et al. (2005). Půdní organická hmota má tendenci se hromadit s délkou probíhajících sukcesních pochodů a zároveň byl na obnovovaných plochách zaznamenán pokles pH (Frouz a Nováková 2005; Šourková et

al. 2005). Na studovaných plochách lomu Mokrá docházelo ke zvyšování obsahu oxidovatelného uhlíku s délkou období od ukončení těžby, ale pokles půdní reakce nebyl zaznamenán, naopak taktéž vykazovala mírný nárůst. Tento stav je pravděpodobně způsoben velmi vysokými obsahy vápníku a vysokou půdní reakcí, jež nejsou na všech plochách stejné, nýbrž kolísají od nižších hodnot Ca a pH ve východní části, kde dochází k přechodu vápenců do kulmských hornin, po vyšší hodnoty ve střední části lomu (lokální výkyv u odběrného místa 2/2 je pravděpodobně způsoben výskytem drobného tělesa kulmských hornin ve vápencích).

Rostlinám přístupné makroživiny (Ca, Mg, P, K) byly vyhodnoceny na základě práce Vavříčka (2011). Obsahy vápníku a hořčíku vykazovaly výrazně nadbytečná množství. Obsah draslíku byl mírně podprůměrný a fosfor byl přítomen v nedostatečném množství. Vápník, hořčík a draslík vykazují vzájemně antagonistický vztah, kdy nadbytečné množství jednoho z těchto prvků způsobuje zhoršení v přístupnosti ostatních. Tento vztah je podpořen při vysoké půdní reakci (Ujwala 2011) a lze očekávat, že je uplatňován na studovaných půdách.

Ačkoliv byly všechny půdní vzorky podrobeny XRF analýzám pro měření široké škály prvků (K, Ca, Si, S, Cl, Ti, Cr, Mn, Fe, Ni, Cu, Zn, Hg, As, Pb, Se, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Ag, Cd, Sn, Sb, V, Co, Au, W, Bi, Th, U, La, Ce, Nd, Pr, Nb, Ta a Ba), vyhodnoceny byly pouze: Ca, Si, Fe, K a Al, a to pouze pro spontánně obnovené plochy. Důvodem byly silné nepřesnosti v měření dané přípravou vzorků a kalibrací přístroje (Kalnický et al. 2001). Takto provedená měření slouží pouze k rychlé orientaci např. ve změně podloží, na němž půdy vznikaly. V našem případě byly rozlišeny půdy vznikající na kulmských horninách a na vápencích (Cihlářová et al. 2016).

Lesnický rekultivované plochy

Pro studované typy lesnický rekultivovaných ploch Ch (chřadnoucí) a P (prosperující) nevykazovala většina půdních vlastností statisticky významný rozdíl. Ten byl zaznamenán pouze u obsahu přístupného draslíku, obsahu písku a jílu.

Celkově byly půdy hodnoceny podle Rejška (1999) jako silně vododržné se střední pórovitostí a velmi nízkou minimální vzdušnou kapacitou, kdy může docházet k nízké intenzitě humifikace, zpomalení činnosti půdní bioty a k zamokření (White 2006).

Nízké hodnoty minimální vzdušné kapacity odpovídají těžkým půdním druhům, kdy v zrnitostním složení převažovala prachovitá a jílovitá frakce, které byly často silně utužené (utužení bylo hodnoceno na základě výkopu půdních sond a sondování hloubky navážky). Korelačními analýzami byla potvrzena negativní závislost mezi RVK obsahem písku a skeletu a pozitivní korelace pro RVK obsah jílu a C_{ox} . Z půdních druhů převažovala prachovitá jílovitá hlína. Ačkoliv byl obsah písku a jílu shledán jako statisticky významný pro studované typy lesnických rekultivací, další souvislosti, jež by poukazovaly na rozdílné vlastnosti půd a významně odlišné půdní druhy, nebyly prokázány.

Obsah draslíku byl taktéž shledán statisticky významným, pro půdy prosperujících a chřadnoucích výsadeb, avšak i nejnižší obsahy nebyly pro růst sazenic hodnoceny jako nedostatečné. Podle Vavříčka (2011) byly nejčastěji hodnoceny jako střední až příznivé. Celkově byly vyšší hodnoty zaznamenány u prosperujících výsadeb, ale nejnižší hodnota byla naměřena v půdních vzorcích prosperujících borovic. Přístupný obsah fosforu byl na většině odběrných míst podprůměrný, místy však vykazoval hodnoty příznivé. Jelikož nebyla nalezena žádná souvislost mezi těmito rozdíly, může se jednat o lidské ovlivnění, kdy byly některé sazenice hnojeny tabletami Silvamix (N, P, K, Sekanina a Musilová 2011). Přístupné obsahy vápníku byly hodnoceny jako silně nadbytečné, hořčík se vyskytoval v dostatečném až nadbytečném množství (hodnoceno podle Vavříčka 2011). Vápník, hořčík a draslík vykazují vzájemně antagonistický vztah, který je podpořen vysokou půdní reakcí (Ujwala 2011). Na nedostatek přístupného fosforu při vysokých koncentracích karbonátů upozorňuje také Kinzel (1983) a Kishchuk (2000).

Podrobné měření půdní objemové vlhkosti půdy neodhalilo v daném období (květen 2016 – duben 2017) výrazné nedostatky vody, které by mohly způsobit chřadnutí sazenic. V tomto období se však vyskytovalo poměrně velké množství srážek a periody bez deště nebyly dlouhé. To můžeme usuzovat na základě častých vzestupů objemové vlhkosti půdy, které jsou způsobeny právě srážkami. Při srovnávání hodnot půdní vlhkosti prosperujících a chřadnoucích výsadeb byly hodnoty vyšší na odběrných místech s chřadnoucí výsadbou. Možnou příčinou je, že prosperující dřeviny odčerpávají větší množství vody. Terénní zajímavostí v měření půdními čidly bylo z počátku časté vykopání divokými prasaty, která pravděpodobně byla schopna kabely najít (viz. Obr. 47 a 48).



Obr. 47 a 48. Dokumentační fotografie poškozování půdních čidel divokými prasaty.

Půdní sondy

Výkop půdních sond odhalil značnou heterogenitu jak v půdních substrátech, tak v hloubce a horizontálním uložení navážky. Půdní sondy č. 1 a 2 vykazovaly největší rozdíly v mocnosti navážky (10 – 60 cm v rámci jedné sondy). Mezi nejzajímavější půdní sondy patřila sonda č. 3, která byla tvořena vrstvou spraše na škvárovém udusaném podkladu a sonda č. 7, pod jejímž povrchovým horizontem se vyskytoval velmi utužený rezivý prachovitý jííl a pod ním tmavá prachovitá hlína s nejvyššími obsahy C_{ox} . Ačkoliv prachovitý jííl vykazoval nižší prokořenění oproti horizontu uloženému pod ním, výsadba zde velmi dobře prosperovala. Z hlediska taxonomie půd (Němeček a kol 2011) a výpočtu obsahu humusu podle vzorce $C_{ox} \times 1,724$ (Nárovec 1993), povrchové horizonty neodpovídají definici iniciálních A_i horizontů. Jelikož se však jedná antropogenní půdy a iniciální stádia vývoje půd, je namístě zejména povrchové horizonty odlišit od humozních horizontů lesních půd. Pouze u půdní sondy č. 5 byl povrchový horizont označen jako humózní lesní (A_h), neboť obsahoval vyšší množství C_{ox} a celkovým charakterem stanoviště se vzrostlými duby a opadem se půda již vzdaluje iniciálním stádiím a blíží se půdě lesní.

Obsahy oxidovatelného uhlíku byly u povrchových horizontů ve většině případů vyšší než podpovrchových s výjimkou sondy č. 7, kdy druhý podpovrchový horizont M2 obsahoval vůbec nejvyšší množství C_{ox} .

Přírůst dřevin

Z výsledků letokruhových analýz vyplývá, že nejrychlejší tloušťkový přírůst v prvních letech vykazuje u pěstovaných dřevin javor klen a borovice lesní, u pionýrských potom bříza. Pomalejší nástup naopak vykazoval modřín, duby a lípa. Kulminace přírůstu nastávala nejdříve u břízy, nejpozději pak u dubů a modřínu. Největší šířky letokruhů dosahovaly pionýrské dřeviny (bříza, osika) a duby, nejmenší pak lípa. S výjimkou některých modřínů se zdá, že sledované vzorníky neměly zásadní problémy s aklimatizací na lokalitě.

Problematika výsadby a odrůstání

Při terénních pochůzkách v lomu Mokrá, které probíhaly po více než tři roky, byly zaznamenány další možné příčiny, jež ovlivňují odrůstání sazenic a je tedy možné, že určité ztráty, ke kterým dochází, zapříčiňuje lidský faktor. Na jaře 2015 byl sledován průběh výsadby prostokořených sazenic borovice lesní, kdy byly vysazovány stromky se silně oschlým kořenovým systémem, tedy prakticky mrtvý sadební materiál. Ztráty po výsadbě z dané plochy do podzimu činily odhadem 95 % (obr. 49 a 50).



Obr. 49 a 50. Výsadba sazenic borovice z května 2015 v září téhož roku.

Často byl také pozorován okus zvířít (zmiňovaný Sekaninou a Musilovou 2011), která se dostávala do oplocenek díky jejich nedobrému stavu. Celkově by zřejmě bylo namístě, uvažovat o zajištění pravidelného odborného dohledu nad výsadbami.

7 Závěr

Tato práce podává ucelený pedologický průzkum zájmového území lomu Mokrý. Na lesnicky rekultivovaných a spontánně obnovovaných plochách byl studován vzdušný a vodní režim půdy, textura, půdní reakce, obsahy oxidovatelného uhlíku (C_{ox}) a celkového dusíku (N_t) a obsahy základních dostupných makroživin (Ca, Mg, P, K). Půdní objemová vlhkost byla podrobněji sledována pomocí půdních vlhkostních čidel (VIRRIB). Na lesnicky rekultivovaných plochách bylo vyhotoveno sedm půdních sond a vyhodnoceny základní vlastnosti jednotlivých horizontů. Spontánně regenerované plochy byly hodnoceny zejména z hlediska výskytu problematického druhu třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*); vlastnosti půd lesnicky rekultivovaných ploch byly vyhodnoceny zejména z hlediska jejich vlivu na prosperitu dřevin.

Statistické zpracování výsledků půdních analýz odhalilo statisticky významné rozdíly vegetačních typů spontánně regenerovaných ploch. Vegetační typ s dominancí třtiny křovištní (CED) měl tendenci dominovat na těžších substrátech s vyšším podílem jílu a prachu a vyššími obsahy C_{ox} a N_t . Tento výsledek taktéž potvrzují výsledky analýz fytoocenologických snímků (Cihlářová et al. 2014; Cihlářová et al. 2017). Nižší obsah skeletu, vyšší retenční vodní kapacita a odolnost k podmáčení byly další vlastnosti doprovázející výskyt třtiny křovištní ve vápencovém lomu Mokrý. Silný zápoj tohoto druhu neomezovala ani velmi nízká minimální vzdušná kapacita. Naopak odběrná místa, na nichž třtina nebyla dominantním druhem (CEN) vykazovala výskyt lehčích půd s vyšším obsahem písku a skeletu. Nejvyšší obsahy C_{ox} a N_t byly naměřeny na ploše s výskytem přirozeně se obnovujícího lesního porostu, nicméně na odběrných místech s dominancí třtiny křovištní nebyly výrazně nižší. Proto může být použití těchto proměnných jako měřítka úspěšnosti spontánní sukcese problematické (Cihlářová et al. 2017).

Na lesnicky rekultivovaných plochách se vyskytovaly těžké půdy s významným zastoupením jílové a prachové frakce. Nejčastějšími půdními druhy byla jílovitá prachovitá hlína a prachovitá hlína. Půdy byly hodnoceny podle Rejška (1999) jako silně vododržné s vysokým obsahem kapilárních pórů. Pórovitost vykazovala nízké až střední hodnoty. Minimální vzdušná kapacita dosahovala pouze velmi nízkých až nízkých hodnot. Obsah organické hmoty (C_{ox} a N_t) byl hodnocen jako nízký až střední (hodnoceno podle Vavříček a Kučera 2014) Z přístupných makroživin pouze fosfor

vykazoval spíše nízké až střední hodnoty, ostatní měřené prvky (Ca, Mg, K) vykazovaly dostatečná až nadbytečná množství (hodnoceno podle Nárovce 1993 a Vavříčka 2011).

Statisticky významný rozdíl v půdních vlastnostech pro prosperující a chřadnoucí výsadby byl shledán pouze u obsahu přístupného draslíku, obsahu jílu a písku. Avšak další souvislosti, které by poukazovaly na odlišné vlastnosti studovaných půd a mohly by být označeny za příčiny chřadnutí studovaných výsadeb, nebyly nalezeny. Výkop půdních sond odhalil značnou heterogenitu jak v půdních substrátech, tak v jejich mocnosti a horizontálním uložení.

Výsledky podrobného měření půdní vlhkosti a teploty půdními čidly VIRRIB ve studovaném období (květen 2016 – duben 2017) neodhalily výrazné poklesy hmotnostní vlhkosti půdy, která by mohla být příčinou vadnutí a chřadnutí výsadeb.

Na základě výsledků letokruhových analýz by studované druhy dřevin neměly mít zásadní problémy s aklimatizací na lokalitě.

Hledání příčiny opakovaného chřadnutí výsadeb nadále pokračuje v roce 2017, a to podrobným zkoumáním mocnosti navážky v závislosti na prosperitě dřevin. Půdní vlhkost je taktéž nadále sledována. Získané výsledky jsou pravidelně poskytovány společnosti Českomoravský cement a.s., které ještě jednou velmi děkuji za tuto spolupráci.

Slovo závěrem: Pokud je postižená oblast regenerována několika způsoby můžeme předpokládat zvyšování rozmanitosti na všech úrovních (viz. fotografie pořízené ve východní části lomu Mokrá).



Obr. 51 – 54. Dokumentační fotografie prostředí vápencového lomu Mokrá (fotografie pořídila autorka práce).

8 Seznam použité literatury

Almendro-Candel M. B., Jordán M. M., Navarro-Pedreno J., Mataix-Solera J. and Gómez-Lucas, I. 2007. Environmental evaluation of sewage sludge application to reclaim limestone quarries wastes as soil amendments. *Soil Biology and Biochemistry*, 39. 1328–1332.

Bartuška M., Pawlett M., Frouz J. 2015. Particulate organic carbon at reclaimed and unreclaimed post - mining soils and its microbial community composition. *Catena* 131, 92–98.

Bodlák L., Křováková K., Kobesová M., Brom J., Šťastný J., Pecharová E. 2012. SOC content – an appropriate tool for evaluating the soil quality in a reclaimed post-mining landscape, *Ecol. Eng.*, 43. 53–59

Bradshaw A. 1997. Restoration of mined lands using natural processes, *Ecol. Eng.*, 8 (4). 255–269.

Bradshaw A. 2000. The use of natural processes in reclamation — advantages and difficulties. *Landscape and Urban Planning* 51 (2-4), 89–100.

Bröring, U., Wiegand, G., 2005. Soil zoology II: Colonization, distribution, and abundance of terrestrial Heteroptera in open landscapes of former brown coal mining areas. *Ecol. Eng.* 24. 135–147.

Brünn S. 1999. Untersuchungen zum Mineralstoffhaushalt von *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth in stickstoffbelasten Kiefernwaldern. – Berichte des Forschungszentrums Waldokosysteme, Reihe A, Bd. 160. 163 s.

Buček A., Lacina J. 2007. Geobiocenologie II: geobiocenologická typologie krajiny České republiky. Brno. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně. 251s. ISBN 978 – 80 – 7375 – 046 – 6.

Cihlářová H., Koutecký T., Kynický J a Botková K. 2014. Botanicko-pedologický průzkum netěžených stěn lomu Mokrý, Dílčí zpráva za rok 2014, Ms., dep. In Českomoravský cement a.s., Mokrý 23 s.

- Cihlářová H., Koutecký T., Botková K a Kynický J. 2015. Botanicko-pedologický průzkum spontánně regenerovaných a lesnický rekultivovaných ploch lomu Mokra, dílčí zpráva za rok 2015, Ms., dep. In Českomoravský cement a.s., Mokrá 47 s.
- Cihlářová H., Koutecký T., Hladký J., Rosická Z., Botková K., Brtnický M., Kynický J. 2017. Can soil properties determine Vegetation of spontaneously recovered postmined areas? Case study of limestone quarry Mokrá. Environmental engineering science, in press.
- Clemente A S, Werner C, Maguas C, Cabral M S, Martins-Loucao M A, Correia O. 2004. Restoration of a limestone quarry: effect of soil amendments on the establishment of native Mediterranean sclerophyllous shrubs. *Restor. Ecol.* 12. 20–28.
- Cohen-Fernández A.C., Naeth M. A. and Wilkinson S.R. 2013. Anthroposol development from limestone quarry substrates, *Canadian Journal of Soil Sciences*, 93. 555-566.
- Culek M., Grulich V., Laštůvka Z., Divíšek J. 2013. Biogeografické regiony České republiky, Masarykova univerzita, Brno. 450 s. ISBN 978-80-210-6693-9
- Dana, E.D. and Mota, J.F. 2006. Vegetation and soil recovery on gypsum outcrops in semi-arid Spain. *Journal of Arid Environments* 65. 444–459.
- Davis B. N. K, Lakhani K H, Brown M. C, Park D. G. 1985. Early seral communities in a limestone quarry: an experimental study of treatment effects on cover and richness of vegetation. *J. Appl. Ecol.* 22. 473–490.
- Doležalová J., Vojar J., Solský M., Smolová D., Kopecký O. 2012. Technical reclamation and spontaneous succession produce different water habitats: A case study from Czech post-mining sites. *Ecological Engineering* 43. 5 – 12.
- Dvořák L. a Dvořáková J. 2004. Fotodokumentace významných krajinných prvků v DP lomu Mokrá, materiály Českomoravský cement a.s.
- Esri, DigitalGlobe, GeoEye, Earthstar Geographics, CNES/Airbus DS, USDA, USGS, AEX, Getmapping, Aerogrid, IGN, IGP, swisstopo, and the GIS User Community, 2016.

Frouz J., Keplin B., Pižl V., Tajovský K., Starý J., Lukešová J. A., Nováková A., Balík V., Háněl L., Materna J., Düker C., Chalupský J., Rusek J. and Heinkele T. 2001. Soil biota and upper soil layers development in two contrasting post – mining chronosequences. *Ecol. Eng.* 17. 275 – 284.

Frouz J. and Nováková A. 2005. Development of soil microbial properties in topsoil layer during spontaneous succession in heaps after brown coal mining in relation to humus microstructure development. *Geoderma* 129. 54 – 64.

Frouz J., Elhottová D., Kuráž V. and Šourková M. 2006. Effect of macrofauna on other soil biota and soil formation in reclaimed and unreclaimed post mining sites: results of a field microcosm experiment. *Appl. Soil Ecol.* 33. 308 – 320.

Frouz J., Prach K., Pižl V., Háněl L., Starý J., Tajovský K., Materna J., Balík V., Kalčík J., Řehouňková K. 2008. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *Eur. J. Soil Biol.* 44. 109–121.

Gremlica T., Vrabc V., Cílek V., Zavadil V., Lepšová A., Volf O. 2013. *Industriální krajina a její přirozená obnova, nakladatelství Novela Bohemica*, 110s. ISBN 978-80-87683-10-1

Gunn. J. Bailey D. and Gagen P. 1992. Landform replication as a technique for the Reclamation of limestone quarries: A Progress Report. HMSO. London.

Gunn J. and Bailey D. 1993. Limestone Quarrying and Quarry Reclamation in Britain. *Environmental Geology.* 21. 161–112.

Harris J.A., Birch P. 1989. Soil microbial activity in open-cast coal mine restoration. *Soil Use Management* 5 (4). 155–160.

Hennekens S. M., Schaminée J. H. J. 2001. TURBOVEG, a comprehensive data base management system for vegetation data. *J. Veg. Sci.* 12. 589–591.

Hodačová, D., Prach, K. 2003. Spoil Heaps From Brown Coal Mining: Technical Reclamation Versus Spontaneous Revegetation. *Restoration Ecology* 11. 385–391.

Chodak M., Pietrzykowski M., Niklińska M. 2009. Development of microbial properties in a chronosequence of sandy mine soils, *Applied Soil Ecology*, 41 (3). 259–268.

Jeglová H. 2007. Zpráva o výsledcích rozboru důlních vod v lomu Mokrý za rok 2007, Ms., dep. In Českomoravský cement a.s., Mokrý 43 s.

Jeglová H. 2013. Monitoring mikroklimatu v prostoru Mokrý, Dílčí zpráva – rok 2012, Ms., dep. In Českomoravský cement a.s., Mokrý 67 s.

Jeglová H. 2014. Zpráva o výsledcích rozboru důlních vod v lomu Mokrý za rok 2013, Ms., dep. In Českomoravský cement a.s., Mokrý 45 s.

Kalnicky J., Singhvi R., 2001. Field portable XRF analysis of environmental samples. *J. of Hazard. Mat.*, 83, 93–122.

Kiehl K., Kirmer A., Donath T. W., Rasran L., Hölzel L. 2010. Species introduction in restoration projects – Evaluation of different techniques for the establishment of semi-natural grasslands in Central and Northwestern Europe, *Basic and Applied Ecology*, 11 (4), 285–299.

Kinzel H. 1983. Influence of limestone, silicates and soil pH on vegetation, in *Physiological plant ecology IV C. Responses to the chemical and biological environment*, (eds. Lange. O L, Nobel, P S, Osmond. C B and Ziegler. H.), Springer-Verlag, Berlin, 201–244.

Kishchuk, B. E. 2000. Calcareous soils, their properties and potential limitations to conifer growth in southeastern British Columbia and western Alberta: a literature review. Natural Resources Canada, Canadian Forestry Service and British Columbia Ministry of Forests. Rep. NOR-X-370, Edmonton, AB. 21 s.

Koutecký T. 2011. Hodnocení lesnických rekultivací a spontánní sukcese na antropogenním reliéfu v okolí Ostravy, *Disertační práce*, Mendelova univerzita v Brně, 121 s.

Kudělásek V. 2012. Zhodnocení výsledků režimního měření hladin podzemní vody v roce 2011, *materiály Českomoravský cement a.s.* 55 s.

Locppert R. H. and Hallmark C .T. 1985. Indigenous soil properties influencing the availability of iron in calcareous soil, *Soil Science Society of America Journal*, 49, 597-603.

- Meloun, M., Militký, J. 2006. Kompendium statistického zpracování dat. Academia, 982s. ISB:80-200-1396-2.
- Moffat A. J. 2004. Site specific silviculture, Reclamation of Mining Lands, Encyclopedia of Forest Sciences, 1078–1085.
- Mudrák O. a Frouz J. 2012. Obnova Sokolovských výsypek pomocí spontánní sukcese, Ekologická obnova v České republice, Jongepierová I., Pešout P., Jongepier J.W. a Prach K. (eds.), Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 148 s.
- Naeth M. A., Archibald H. A., Nemirsky C. L., Leskiw L. A., Brierley J. A., Bock M. D., Vanden Bygaart A. J., Chanasyk D. S. 2012. Proposed classification for human modified soils in Canada: Anthroposolic order. Canadian Journal of Soil Science 92, 7–18.
- Nárovec V. 1993. Vývoj kritérií pro posuzování vhodnosti půdních podmínek k zakládání lesních školek. Zprávy lesnického výzkumu, 38 (1). 40 – 42.
- Němeček J., Mühlhanselová M., Macků J., Vokoun J., Vavříček D. a Novák P. 2011. Taxonomický klasifikační systém půd České republiky, 2. Upravené vydání, ČZU Praha, 94s., ISBN 978-80-213-2155-7.
- Parker P.E. 1974. Rehabilitation potentials and limitations of surface-mined land in the northern Great plains. U.S. Department of Agriculture, Utah, 44 s.
- Paukertová I. 2009. Sledování sukcese na netěžených stěnách lomu Mokrá v letech 2005 – 2009, Ms., dep. In Českomoravský cement a.s., Mokrá 78 s.
- Pessarakli M. 2010. Handbook of Plant and Crop Stress, Third Edition, CRC Press, 1245 s. ISBN 9781439813966.
- Prach K., Pyšek P. 2001. Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: Experience from Central Europe Original Research Article, Ecological Engineering, 17 (1). 55 – 62.
- Prach, K., Marrs, R., Pyšek, P., van Diggelen, R., 2007. Manipulation of succession. In: Linking restoration and ecological succession, Walker, L. R., Walker, J., Hobbs, R. J. (eds.): Springer, New York: 121 – 149.

Prach, K. and Hobbs, R. J. 2008. Spontaneous succession versus technical reclamation in the restoration of disturbed sites. *Restoration Ecology*, 16 (3). 363 – 366.

Prach, K. 2009. Ekologie obnovy narušených míst II. Místa narušená těžbou surovin. *Živa* 2/2009. 68 – 72.

Prach K., Pešout P., Jongepierová I. 2012. Ekologie obnovy a ekologická obnova v České republice, in *Ekologická obnova v České republice*, Jongepierová I., Pešout P., Jongepier J.W. a Prach K. (eds.), Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 148 s.

Prach K. 2015. Výsypky, in *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi*, Řehounek J., Řehounková K., Tropek R. a Prach K. (eds). Karmášek s.r.o. České Budějovice, 212s. ISBN 978-80-87267-13-4.

Pyšek P., Danihelka J., Sádlo J., Chrtek J. Jr., Chytrý M., Jarošík V., Kaplan Z., Krahulec F., Moravcová L., Pergl J., Štajerová K. and Tichý L. 2012. Catalogue of alien plants of the Czech Republic (2nd edition): checklist update, taxonomic diversity and invasion patterns. – *Preslia* 84, 155–255.

Rebele F. 2000. Competition and coexistence of rhizomatous perennial plants along nutrient gradient. *Plant ecology* 147. 77 – 94.

Rebele F., Lehmann C. 2001. Biological flora of Central Europe: *Calamagrostis epigejos* (L.) Roth, *Flora - Morphology Distribution Functional Ecology of Plants* 196 (5). 325–344.

Richardson J A, Evans M E. 1986. Restoration of grassland after magnesian limestone quarrying. *J. Appl. Ecol.* 23. 317–332.

Ruthrof K. 1997. Improving the success of limestone quarry revegetation in Cave and Karst science 24 (3). 117 – 125.

Rejšek, K. 1999. *Lesnická pedologie – cvičení (skriptum)* Brno: MZLU v Brně, 152 s.

Řehounková K., Řehounek J. 2012. Obnova a ochrana pískoven, in *Ekologická obnova v České republice*, Jongepierová I., Pešout P., Jongepier J.W. a Prach K. (eds.), Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 148 s.

Řehounek J., Řehouňková K., Tropek R. a Prach K. (eds). 2015. Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi, Karmášek s.r.o. České Budějovice, 212s. ISBN 978-80-87267-13-4.

Řehounek J. a Hátle M. 2015. Obnova těžebních prostorů v ČR, in Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi, Řehounek J., Řehouňková K., Tropek R. a Prach K. (eds). Karmášek s.r.o. České Budějovice, 212 s. ISBN 978-80-87267-13-4.

Sekanina A. 1999. Projekt zalesnění lomu Mokrý – Deponie I. - r.1999, Archivní materiály SEQUOI, s.r.o., Brno, 76 s.

Sekanina A., Charvát Z. 1997. Projekt rekultivace lomu Mokrý – dílčí etapa „Jihovýchodní část“, archivní materiály, LHProjekt a.s., Brno, 48 s.

Sekanina A. a Musilová Z. 2011. Projekt posouzení stavu a návrh další péče o rekultivované plochy v lomu Mokrý etapa 2012, Ms., dep. In Českomoravský cement a.s., Mokrý, 121 s.

Sekanina a Trněčka 2001. Projekt odstranění škod na vysázených lesních porostech v lomu Mokrý, které vznikly suchým a teplým počasím v roce 2000, Archiv SEQUOI s.r.o. Brno, 65 s.

Strom L., Olsson T., and Tyler G. 1994. Differences between calcifuge and acidifuge plants in root exudation of low-molecular organic acids. *Plant and Soil*. 167, 239–245.

Šmerda H. 2013. Projekt sanačních a rekultivačních prací „Obnovení lesních porostů na lokalitě C1“ lomu Mokrý v k. ú. Hostějnice, materiály Českomoravský cement a.s, 116 s.

Šiša R., 1993. Enzymová aktivita půdy jako ukazatel její biologické aktivity. *Rostlinná výroba*, 39, 817–825.

Šiša R., Voříšek K., Růžek L., Randová D., Strnadová S. 1997 Biologická aktivita neporušených a antropogenních půd v Severočeském hnědouhelném revíru. In: Sborník ze semináře Život v pode. Bratislava, Československá spoločnosť mikrobiologická, Ústav mikrobiologie SAV, 10–12.

- Šourková M., Frouz J., Šantrůčková H. 2005. Accumulation of carbon, nitrogen and phosphorus during soil formation on alder spoil heaps after brown - coal mining, near Sokolov (Czech Republic). *Geoderma*. 124, 203–214.
- Ter Braak C.J.F., Šmilauer P. 2002. CANOCO release 4. Reference manual and user's guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination. Microcomputer Power, Ithaca, New York.
- Tichý L. 2002. JUICE, software for vegetation classification. *J. Veg. Sci.* 13, 451–453.
- Tichý, L. 2010. Možnosti zvýšení biodiverzity v lomu Mokrý u Brna bez negativního vlivu na těžbu na zpracování vápence, materiální Ms., dep. In *Českomoravský cement a.s., Mokrý*, 32 s.
- Tichý L. a Jurek V. 2011. Plán péče o zrekultivovanou část lomu Mokrý „Deponie nad drtírnou“, Ms., dep. In *Českomoravský cement a.s., Mokrý*, 12 s.
- Tichý L. a Donocik R. 2012. Obnova druhově bohatého listnatého lesa na deponiích vápencového lomu Mokrý in *Ekologická obnova v České republice*, Jongepierová I., Pešout P., Jongepier J.W. a Prach K. (eds.), Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha, 148s, ISBN 978-80-87457-32-0.
- Tichý L. 2013. Vytvoření jihozápadního svahu a obnova živé přírody vytěženého prostoru etáže E395S v návaznosti na okolní biotopy „mezi lomy“, Ms., dep. In *Českomoravský cement a.s., Mokrý*, 31 s.
- Tishew S., Lorenz, A. 2005. Spontaneous Development of Peri-Urban Woodlands in Lignite Mining Areas of Eastern Germany. In: Kowarik, I., Körner, S. (eds): *Wild, Urban Woodlands*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg: 163–180.
- Trnečka Č. 2001. Projekt rekultivace části deponie lomu Mokrý v k.ú. Sivice – vrchol deponie, Archivní materiály Sequoi s.r.o., Brno, 52 s.
- Tropek R., Kadlec T., Hejda M., Kocarek P., Skuhrovec J., Malenovsky I., Vodka S., Spitzer L., Banar P., Konvicka M. 2012. Technical reclamations are wasting the conservation potential of post-mining sites. A case study of black coal spoil dumps. *Ecological Engineering* 43, 13–18.

Ujwala Ranade – Malvi 2011. Interaction of micronutrients with major nutrients with special reference to potassium, *Karnataka J. Agric. Sci.*,24 (1). 106–109.

ÚHÚL 2015. [online] citováno 21 května 2015. Dostupné na <http://www.uhul.cz/mapy-a-data/katalog-mapovych-informaci>.

Van Andel, J., and Aronson, J. (Eds.). 2006. *Restoration ecology: The new frontier*. Oxford, UK, Wiley-Blackwell. 400 s. ISBN: 978-1-4443-3635-1.

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. ISBN 978-80-263-0022-9.

Vavříček D., Kučera A. 2014. *Lesnická pedologie pro posluchače LDF Mendelu v Brně*. Mendelu, Brno, Lesnická a dřevařská fakulta, Ústav geologie a pedologie, Učební text. Dostupné na https://akela.mendelu.cz/~xcepl/inobio/skripta/Zaklady_lesnicke_pedologie.pdf.

Vokoun J. a kolektiv 2002. *Příručka pro průzkum lesních půd*, Ústav pro hospodářskou úpravu lesů, Brandýs nad Labem, 44 s.

Voříšek K., Růžek L., Šiša R. 1997. Microbiological activities in reclaimed and undisturbed soils. Abstracts of Symposium Organic Matter Application and Element Turnover in Disturbed Terrestrial Ecosystems, Cottbus, 13–15.

Vyhláška 395/1992 Sb. ministerstva životního prostředí České republiky ze dne 11. června 1992, kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.

Vymazalová M. 2007. Mikroklimatická studie vápencového lomu Mokrý, Ms., dep. In *Českomoravský cement a.s., Mokrý 45 s.*

Vymazalová M. 2013. Mikroklimatická studie vápencového lomu Mokrý, Ms., dep. In *Českomoravský cement a.s., Mokrý 34 s.*

Walker, L. R. and del Moral, R. 2003. *Primary succession and ecosystem rehabilitation*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 442 s.

Wiegand G., Felinks B. 2001. Primary succession in post-mining landscapes of Lower Lusatia — chance or necessity, *Ecol. Eng.* 17, 199–217.

White R. E. 2006. Principles and practice of soil science: the soil as a natural resource, fourth edition, BLACKWELL PUBLISHING, Great Britain, 363 s.

Zbiral J., Honsa I. a kol. 2010. Jednotné pracovní postupy, Analýza půd I. ÚKZÚZ, Brno, 290 s.

Zbiral J., Malý S., Váňa M. a kol. 2011. Jednotné pracovní postupy, Analýza půd III. ÚKZÚZ, Brno, 253 s.

Zhang H., Chu L. M. 2011. Plant community structure, soil properties and microbial characteristics in revegetated quarries, *Ecological Engineering*, 37 (8). 1104–1111.

Zlatník A. 1976. Přehled skupin typů geobiocénů původně lesních a křovinných ČSSR. *Zpr. Geogr. úst. Čs. akad. věd.*, č 13, sv. 3/4. Brno, 495 s.

9 Summary

This Ph.D. thesis is focused on spontaneously regenerated and forestry reclaimed post mined areas of limestone quarry Mokrá. The research was conducted from year 2013 to 2017 and followed cooperation and requirements of mining company Českomoravský cement a.s.

Limestone quarry Mokrá is among the largest limestone quarries in the Czech Republic and it is a highly studied place. However pedology of this area has not been studied yet. The quarry is being under a mining process but there are relatively large areas which have been gradually restored from 1970 up to these days. Technical reclamation, assisted regeneration and spontaneous succession have been applied.

Spontaneous succession was used within several quarry benches of the quarry Mokrá. Representative areas were studied to reveal the soil environment features supporting the swards formation of expansive reed grass (*Calamagrostis epigejos*), which is able to arrest a succession process. Based on the botanical research two main vegetation types were defined – *Calamagrostis epigejos* dominated (CED) and *C. epigejos* non dominated (CEN) vegetation types, usually with the occurrence of tall oat grass (*Arrhenatherum elatius*), less *Hieracium pilosella* or *Festuca rupicola*. One quarry bench with naturally seeded forest was selected as a control plot. Overall fourteen sampling sites (10*10 m) were selected within Eastern and Central part of the quarry Mokrá.

Forest reclamations were usually held on internal deposited material and overall the area has been successfully reforested. However there are places where seedlings repeatedly die. These areas have been studied to compare soil properties of prosperous and declined sampling sites and answer the question if some of the studied soil properties can be the reason of seedlings dieback. There were selected nine sampling sites with relatively good vigor trees and seven sampling sites with dead trees or trees at high risk of mortality.

Three to six undisturbed soil samples and one mixed soil sample were collected from upper horizon (0.05 – 0.1 m) within each sampling site. Seven soil pits were made at selected forestry reclaimed areas and undisturbed soil samples were taken from each horizon. Phytosociological survey was made in response to the soil sampling within spontaneously restored areas and wood sections were taken by Pressler increment borer from 138 trees (21 limes, 20 larches, 20 maples, 21 oaks, 20 pines, 22 birches and 14

poplars) to create increment curves of tree species commonly used for forest reclamations in quarry Mokrá.

Soil samples were laboratory analyzed examining the soil properties as follows: soil water air regime, soil texture, soil reaction (pH), soil organic carbon content (SOC), total nitrogen (N_{tot}), and content of available macronutrients (P, K, Ca and Mg). Phytocenological reléves were digitized by TURBOVEG (Hennekens and Schaminée 2001) software; the data preparation for analysis was carried out using JUICE 7.0 (Tichý 2002). Wood samples were dried and grind, then analyzed by system VIAS TimeTable. Tree ring curves width was measured in program PAST4 (©SCIEM).

Results of pedological analyzes were processed using the program STATISTICA 12 in accordance with Meloun and Militký (2006). The relationship of herb layer and selected pedological parameters was investigated using a multivariate analysis in CANOCO 4.5 (ter Braak and Šmilauer 2002). A detrended correspondence analysis (DCA) and canonical correspondence analysis (CCA) was processed. Increment curves were elaborated according to the obtained data.

Statistical processing revealed that soil texture, SOC, N_{tot} and water air regime were statistically significant for the vegetation types CEN and CED. Reed grass tends to be dominant on fine grained soils, while assemblages without abundant presence of this species prefers coarse grained soils with higher sand or skeleton content. High SOC and N_{tot} values were also typical for CED sampling sites and did not differ significantly from sampling site where naturally seeded forest dominated. Therefore, using these variables as a measure of recovery success in early succession might be a problem (Cihlářová et al. 2017).

For prosperous and declined forestry reclaimed sampling sites only content of sand, clay and available potassium were found statistically significant. However, any other relationship of these variables, which could be called as a cause of the prosperity or decline, was found. Elaboration of soil pits revealed high heterogeneity of soil substrates, their thickness and horizontal deposition. The thicknesses varied from 10 – 80 cm with the highest differences on the soil pit number 1 and 2. The soil pit number 3 consisted from loess layer on slag matter and very interesting was also soil pit n. 7 where the first subsurface horizon consisted of very heavy silty clay while the second one was lighter silty loam with the highest content of SOC. Results of detailed measurements of soil moisture revealed any extreme periods of draught which could

cause dieback of tree seedlings. Increment curves did not reveal any serious problems of tree species growth.

Search for cause of tree seedlings dieback is being continued through the year 2017 and thickness of deposited soil material is study with regard on tree vitality. Obtained results are provided to mining company Českomoravský cement a.s.

10 Přílohy

Příloha 1: Tabulka všech odběrných míst s GPS souřadnicemi

odběrné místo	N	E	odběrné místo	N	E
1/1	49 ⁰ 13,874'	16 ⁰ 45,571'	11/1	49 ⁰ 13,592'	16 ⁰ 46,256'
1/2	49 ⁰ 13,858	16 ⁰ 45,556'	13/1	49 ⁰ 13,637'	16 ⁰ 46,330'
1/3	49 ⁰ 13,834'	16 ⁰ 45,533'	13/2	49 ⁰ 13,643'	16 ⁰ 46,319'
2/1	49 ⁰ 13,952'	16 ⁰ 45,612'	13/3	49 ⁰ 13,634'	16 ⁰ 46,310'
2/2	49 ⁰ 14,014'	16 ⁰ 45,696'	13/4	49 ⁰ 13,609'	16 ⁰ 46,303'
3/1	49 ⁰ 13,660'	16 ⁰ 45,429'	14/1	49 ⁰ 13,662'	16 ⁰ 46,355'
3/2	49 ⁰ 13,660'	16 ⁰ 45,419'	14/2	49 ⁰ 13,650'	16 ⁰ 46,331'
3/3	49 ⁰ 13,668'	16 ⁰ 45,399'	14/3	49 ⁰ 13,646'	16 ⁰ 46,338'
4/1	49 ⁰ 13,756'	16 ⁰ 45,926'	14/4	49 ⁰ 13,653'	16 ⁰ 46,171
4/2	49 ⁰ 13,756'	16 ⁰ 45,926'	16/1	49 ⁰ 13,694'	16 ⁰ 46,280'
5/1	49 ⁰ 13,968'	16 ⁰ 46,156'	16/2	49 ⁰ 13,694	16 ⁰ 46,317'
5/2	49 ⁰ 13,991'	16 ⁰ 46,110'	16/3	49 ⁰ 13,678'	16 ⁰ 46,301'
5/3	49 ⁰ 13,992'	16 ⁰ 46,099'	16/4	49 ⁰ 13,655'	16 ⁰ 46,272'
6	49 ⁰ 13,855'	16 ⁰ 46,213'	16/5	49 ⁰ 13,720'	16 ⁰ 46,309'
			16/6	49 ⁰ 13,685'	16 ⁰ 46,280
			18/1	49 ⁰ 13,766'	16 ⁰ 46,218'

Příloha 2: Seznam zkratk

A	provzdušněnost
A_{MKK}	minimální vzdušná kapacita
Aver.	aritmetický průměr
BSD	bod snížené dostupnosti
BV	bod vadnutí
CED	třtina křovištní byla dominantním druhem
CEN	třtina křovištní nebyla dominantním druhem
C_{ox}	oxidovatelný uhlík
Ch	chřadnoucí výsadba
L	levá strana
LB	lentokapilární bod
MKK	maximální kapilární kapacita
Nt	celkový dusík
NF	přirozeně se obnovující les (nálet)
P	prosperující výsadba (vyplývá z kontextu)
P	pórovitost (vyplývá z kontextu)
R	pravá strana (right)
RVK	retenční vodní kapacita
S	obsah sušiny
SD	směrodatná odchylka
VS	vegetační stupeň
w	hmotnostní vlhkost
ρ_d	objemová hmotnost redukována
ρ_s	měrná hmotnost
ρ_w	objemová hmotnost
Θ	objemová vlhkost