

Univerzita Karlova v Praze

Přírodovědecká fakulta

Ústav pro životní prostředí



**Faktory ovlivňující šíření dubu letního (*Quercus robur*) na
výsypce po těžbě uhlí**

**Factors influencing the distribution of oak (*Quercus robur*)
on the post-mining spoil heap**

Bc. Ivana Janoušová

Doc. Mgr. Ing. Jan Frouz, CSc.

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně s využitím uvedené literatury a informací, na něž odkazuji. Svoluji k jejímu zapůjčení s tím, že veškeré (i přejeté) informace budou řádně citovány. Rovněž prohlašuji, že předložená diplomová práce je totožná s elektronickou verzí vloženou do SIS.

V Praze dne Podpis

Nejvíce bych chtěla poděkovat svému školiteli Doc. Mgr. Ing. Janu Frouzovi, CSc. za vedení diplomové práce, za velkou pomoc a trpělivost při zpracování dat a při vypracování celé diplomové práce. Chtěla bych také poděkovat Ing. Lubošovi Matějčkovi, Dr. za pomoc při zpracování dat v GIS. Dále bych chtěla poděkovat všem vyučujícím, kteří mě provázeli při mém studiu na Ústavu pro životní prostředí Univerzity Karlovy a všem, kteří mi pomáhali s experimenty na Sokolovsku. V neposlední řadě děkuji své rodině a Tomášovi Mazourkovi za podporu při studiu.

Abstrakt

Studie probíhala na Podkrušnohorské výsypce (50°14'09 S, 12°39'05 V) na Sokolovsku. Bylo zde sledováno několik faktorů, které ovlivňují šíření dubu letního: vzdálenost od diaspor, typ stanoviště sukcese nebo olšínová rekultivace, pozice semenáčku na vlně, vliv okusu zvěří. Pomocí GPS přístroje byly zmapovány 4 plochy olšínové rekultivace a 3 plochy spontánní sukcese, zároveň byla zmapován výskyt všech vzrostlých dubů, které by mohly sloužit jako zdroj žaludů, na výsypce a mimo ni. Ze získaných dat se vytvořila mapa semenáčku a zdrojů diaspor. Většina semenáčku (657) byla nalezena na sukcesích plochách a pouze 98 v olšínové rekultivaci, přičemž výskyt v sukcesi byl statisticky významně častější. Potvrdilo se, že počet semenáčku od zdroje diaspor klesá, nejdelší nalezená vzdálenost byla přes 1300 metrů.

Dále byl založen pokus zkoumající přežívání a růst dubu na 3 různých stanovištích a vliv okusu zvěře. Na každou plochu (spontánní sukcese, lesnická olšínová rekultivace, volná plocha s travním porostem (*Calamagrostis epigeios*)) bylo vysázeno 12 semenáčku dubu do oplocenek a 12 semenáčku volně. Roční přírůstky a přežití dubu bylo vyhodnoceno pomocí dvoucestné ANOVY. Výsledky ukázaly, že plocha má signifikantní vliv na přírůstek dubů. V olšínové rekultivaci a na volné ploše měly semenáčky vysokou mortalitu a malé přírůstky, na těchto plochách neměly oplocenky signifikantní vliv. Signifikantní vliv oplocenek byl prokázán pouze na ploše se spontánní sukcesí, kde se semenáčkům dařilo nejlépe.

Abstract

The study was conducted on spoil heap Podkrušnohorská (50 ° 14'09 S, 12 ° 39'05 V) near Sokolov. Several factors that influence the establishment of oak were studied: the distance from the source of diaspors, type of habitat (succession vs alder reclamation), position of seedling on the wave and impact of animal grazing. Four alder restoration areas and three spontaneous succession areas have been mapped with GPS equipment, the occurrence of mature oaks, which could serve as a source of acornsg was also mapped on the dump and in surroundings. Most seedlings (657) were found in the succession and only 98 in alder reclamation, and the occurrence in succession was statistically significantly more frequent. The number of seedlings from sources diaspors decreased, the longest distance was over 1300 meters.

For three habitats (spontaneous succession, alder reclamation, open space with grass vegetation (*Calamagrostis epigeios*)) were planted 12 oak seedlings in fence and 12 seedlings outsider of the fence. Annual growth rate and survival of oak were evaluated using two-way ANOVA. Results showed that the area has a significant effect on the growth of oaks. In alder reclamation and the open area had a high mortality of seedlings and small increase, the fence does not have significant influence on these areas. Significant effects of fencing has been established only in spontaneous succession, where seedlings grew best.

Obsah

1. ÚVOD A CÍL PRÁCE	1
1.1. Úvod	1
1.2. Cíl diplomové práce	3
2. LITERÁRNÍ REŠERŠE	4
2.1. Těžba uhlí a rekultivace výsypek.....	4
2.1.1. Těžba uhlí na Sokolovsku	4
2.1.2. Rekultivace na Sokolovsku	5
2.1.3. Lesnické rekultivace	6
2.1.4. Spontánní sukcese	7
2.1.5. Klimaxové dřeviny	10
2.1.6. Obnova pomocí spontánní sukcese.....	11
2.1.7. Šíření semen rostlin během sukcese	12
2.1.8. Spontánní sukcese na Sokolovsku.....	16
2.2. Podmínky pro růst vegetace na Velké podkrušnohorské výsypce	18
2.2.1. Charakteristika substrátu na výsypce	18
2.2.2. Vývoj půdy na výsypce	19
2.2.3. Vliv dřevin na vývoj půdy	20
2.3. Dub letní (<i>Quercus robur L.</i>).....	23
2.3.1. Rozšíření rodu <i>Quercus</i>	24
2.3.2. Ekologické a pěstební vlastnosti dubu.....	25
2.3.3. Přirozená obnova dubu v přírodních lesích	25
2.3.4. Pěstování dubu v lesích v České republice.....	26
2.3.5. Faktory ovlivňující přežití semenáčků na výsypce.....	27
3. METODIKA	28
3.1. Charakteristika zájmového území	28

3.2. Mapování semenáčků dubu letního	29
3.3. Zpracování dat	29
3.4 Experimenty se semenáčky dubu	31
4.VÝSLEDKY	32
4.1 Distribuce dubu letního na výsypce.....	32
4.2 Vliv mikrostanovištních podmínek na vlně na distribuci semenáčků.....	35
5. DISKUZE.....	37
6.ZÁVĚR	43
7. POUŽITÁ LITERATURA	44

1. Úvod a cíl práce

1.1. Úvod

Při těžbě nerostných surovin dochází k rozsáhlému poškození ekosystémů. To se týká zejména povrchové těžby uhlí, při níž jsou zasažené ekosystémy buď zcela odtěženy nebo zasypány. Dochází zde k významným změnám v chemických a fyzikálních vlastnostech substrátu, ke změnám ve vodním režimu, morfologii krajiny, atp. (Štýs 1981, Bradshaw 1997). Kdybychom tyto plochy ponechali samovolnému vývoji, po určité době by tyto plochy zarostly vegetací, která by během následné sukcese postupně směřovala ke klimaxu (Chmelár, Záhora 2011).

Nicméně postup spontánní sukcese je někdy pomalý a málo predikovatelný, proto existuje zákonná povinnost těžebních společností výsypky rekultivovat. Zákony (Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) a □ Zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích) vymezují povinnost úhrad za povolení, vyhledávání a průzkum ložiska vyhrazeného nerostu, úhrady z dobývacího prostoru a také až 10 % roční odvod z průměrné tržní ceny vydobytých nerostů. Těžební společnost je povinna navrátit těžbou postižené pozemky k původním účelům a vytvářet po dobu těžby finanční rezervy na pozdější sanaci a rekultivaci území (Pěgřímek et al. 2005).

V současné době je nejčastěji využívána lesnická rekultivace (Štýs, 1997) a stále více odborníků doporučuje začlenění spontánní sukcese do obnovy výsypkových ploch (Prach, Pyšek 2001).

Technické rekultivace je vhodné používat tam, kde jsou příkré svahy nebo příliš extrémní podmínky. Riziko technické rekultivace je, že může produkovat monotónní uniformní společenstva, ve kterých je snižena strukturální a funkční rozmanitost oproti spontánně vyvinutým prostředím. Vyseté nebo vysázené druhy se nemusí perfektně hodit k tomuto stanovišti, a to může způsobit nízký růst, vysokou úmrtnost a zvýšené populace herbivorů nebo problémy s nákazou (Prach, Pyšek 2001).

Dnes se při rekultivačních pracích používá více mechanizace, jejímž cílem je zrychlit průběh půdotvorného procesu, zvýšit podíl hospodářsky cenných dřevin a zajistit jejich zdravý a trvalý růst hnojením, intenzivní ochrannou a pěstební péčí. V několika studiích se ale ukazuje, že rekultivace s použitím těžké techniky mohou mít dokonce neblahý vliv na vývoj

ekosystému. Například při použití těžké techniky se půda zhutňuje. Zhutnění půdy znemožňuje dobrému rozvinutí kořenového systému (Smolík et al. 2010).

To ale neznamená, že by se měla technická rekultivace úplně vyloučit, měly by se více zvažovat faktory na výsypce. Pokud to podmínky na výsypce dovolí, např. nehrozí sesuvy půdy, eroze, kontaminace vody a půdy, negativní estetické vnímání, je nejvhodnější využití spontánní sukcese s minimálními nebo žádnými zásahy do krajiny (Prach, Pyšek 2001).

Spontánní sukcese je na výsypkách dobře prozkoumána především v iniciálních fázích sukcese, zatímco o nástupu klimaxové vegetace toho víme jen málo. Typickým zástupcem klimaxových porostů střední Evropy je buk lesní a dub letní.

Na Velké podkrušnohorské výsypce probíhal již v minulosti výzkum uchycení buku lesního (*Fagus sylvatica*). Naprostá většina semenáčků byla nalezena na sukcesích plochách a pouze jeden byl nalezen v olšině. Ve spontánní sukcesi, která je charakteristická zvlněným terénem, se uchytlo nejvíce semenáčků na severních svazích (Vobořilová 2011).

Cílem této práce je obdobným způsobem osvětlit šíření dubů na výsypce. Tento výzkum může přispět k potvrzení toho, že na nerekulitovaných částech výsypky vznikají hodnotnější a přirozenější ekosystémy. Tato domněnka by měla význam pro těžařské společnosti, které jsou ze zákona povinné tyto těžbou postižená místa velice nákladně rekultivovat. (Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) a □Zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích) (Pěgřímek et al.2005).

1.2.Cíl diplomové práce

Cílem diplomové práce je objasnění šíření a výskytu dubu letního na výsypce. Práce vychází z následujících hypotéz:

1. Šíření semen dubu letního je ovlivněno vzdáleností od zdroje diaspor.

Množství semenáčků bude pravděpodobně od zdroje diaspor klesat. Nejvíce semenáčků bude u severního okraje výsypky, kde přichází výsypka do styku s okolní krajinou.

2. Uchycení semenáčků souvisí s podmínkami na stanovišti.

A. Počet semenáčků dubu letního se bude výrazně lišit mezi sukcesními plochami, kde se očekává větší výskyt semenáčků a plochami s olšovou rekultivací, kde bude růst výrazně méně semenáčků. Podobně při výsadbě semenáčků předpokládáme lepší uchycení a růst v sukcesních plochách.

B. Uchycení semenáčků dubu letního bude ovlivněno mikromorfologií terénu. Bude nalezen rozdíl ve výskytu semenáčků podle pozice na vlně ve spontánní sukcesi.

3. Přežívání semenáčků dubu letního bude ovlivněno okusem zvěří. Semenáčky, které byly v experimentu v oplocence chráněné před okusem zvěří budou vykazovat větší přírůstek než semenáčky, které rostly volně bez oplocení.

Aby mohly být porovnány faktory ovlivňující šíření dubu letního a buku lesního, studovaného dříve, proběhl výzkum na stejných plochách na Podkrušnohorské výsypce. Nejprve bylo provedeno mapování semenáčků spontánně se vyskytujících na výsypce na plochách porostlých olšovými rekultivacemi a spontánní sukcesí starých 20 až 30 let. Poté byl založen manipulační pokus, kdy na plochy, které byly porostlé olšovými rekultivacemi, travinnou vegetací a spontánní sukcesí, byly vysázeny semenáčky dubu jednak volně a jednak do oplocenek.

2.Literární rešerše

2.1. Těžba uhlí a rekultivace výsypek

Těžba nerostných surovin je jedním z nejdůležitějších předpokladů existence naší průmyslové společnosti (Klimecký et al. 1997). Současná civilizace využívá jako zdroj energie především ložiska uhlí, zemního plynu a ropy. Hnědé uhlí má pro hospodářství České republiky rozhodující význam, používá se na výrobu elektrické energie v parních a paroplynových elektrárnách. Zásoby hnědého uhlí znamenají pro Českou republiku určitý stupeň energetické soběstačnosti. Rozhodující zásoby hnědého uhlí se nacházejí v severozápadních Čechách (Štýs 1997).

Těžba nerostných surovin je obrovský zásah do krajiny. K největší devastaci přírody dochází při povrchové těžbě uhlí. Při tomto způsobu těžby dochází k destrukci (odtěžení) ekosystémů nad celou těžbou vrstvou. Vytěžený materiál je deponován na výsypkách. Výsypky jsou recentní útvary, které vznikají odtěžením velkého množství nadloží a jeho deponací na povrchu. Rozloha může být až tisíce hektarů a převýšení může být až 100 metrů (Štýs et al. 1981). Vnější výsypky vznikají před zahájením těžby, kdy se musí odkrýt nadložní zeminy, které jsou ukládány mimo prostor uhelného dolu výsypky. Naproti tomu vnitřní výsypky vznikají zasypáváním vytěženého dolu (Klimecký et al. 1997).

2.1.1. Těžba uhlí na Sokolovsku

Počátky primitivního dolování jsou zaznamenány v severočeských pramenech zhruba od 15. století, ale až od 40. let 18. stol. začala těžba v severočeském hnědouhelném revíru narůstat (Klimecký et al. 1997). Nejstarší písemný doklad pochází z roku 1642 v kronice města Horního Slavkova o propůjčení uhelného dolu u Lokte (Frouz 1999).

V 50. letech 20. stol. se na Sokolovsku začala více uplatňovat povrchová těžba hnědého uhlí, která se vyznačuje ohromnou výkonností, produktivitou a ekonomickým efektem (Štýs 1997). Postupnou integrací a také uzavíráním neefektivních hlubinných dolů se vytvořilo deset národních podniků začleněných do hnědouhelných dolů a briketáren na Sokolovsku (Frouz 1999). Nejintenzivněji se v Podkrušnohorské pánvi těžilo uhlí v 70., 80. a 90. letech, kdy těžba dosahovala až 70 mil. tun ročně (Blažková 2000).

V roce 1994 vznikla Sokolovská uhelná, a.s., která se v současnosti sestává ze sedmi divizí rozdělených na těžební a zpracovatelskou část (Frouz 1999). V současnosti se hnědé uhlí dobývá ve dvou oblastech severočeského revíru, kde působí dvě největší těžební společnosti – Sokolovská uhelná, a.s., a Mostecká uhelná společnost, a.s. (Klimecký et al. 1997). V Sokolovské pánvi se těží 22 % z celostátní těžby hnědého uhlí (Blažková 2000).

Na Sokolovsku vykazuje dobývané uhlí nízký obsah síry, převážně pod 1%, na dobývání jsou používána kolesová rypadla, dálkové pásy a zakladače. Životnost lomu Jiří při současné roční těžbě uhlí ve výši 7 mil. je odhadována do roku 2026, a životnost lomu Družba při těžbě 2 mil.tun ročně je odhadována do roku 2036 (Frouz 1999).

2.1.2. Rekultivace na Sokolovsku

Těžba nerostných surovin představuje obrovský zásah do krajiny, způsobuje destrukci přírodních složek krajiny, mění reliéf, horninové prostředí, půdní profil, hydrické poměry a významně ovlivňuje biotu (Vráblíková, Vráblík 2000). Zvláštní pozornost je třeba věnovat rekultivacím v blízkosti obcí, protože zdejšími obyvatelům zde byla několik desetiletí ovlivněna kvalita života a životní podmínky, v důsledku znečištění prostředí. Rekultivace těžbou postižené krajiny by měla přinést zdejším obyvatelům zlepšení kvality života (Kabish 2004). V české legislativě je zakotvena povinnost tyto postižená území rekultivovat a navrátit původním účelům (zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon) a □ Zákon č. 62/1988 Sb., o geologických pracích). Rekultivace je antroporegulační opatření, které vytváří novou funkční krajinu (Vráblíková, Vráblík 2000).

Zákon vymezuje povinnost úhrad za povolení, vyhledávání a průzkum ložiska vyhrazeného nerostu, úhrady z dobývacího prostoru a také až 10 % roční odvod z průměrné tržní ceny vydobytych nerostů, vytvářet finanční rezervu na pozdější sanaci a rekultivaci území (Pěgríemek et al.2005). Tyto zákonné povinnosti jsou obsahovým základem důlně technické rekultivace, při které se vychází ze znalosti geologických poměrů v celém dobývacím prostoru a dostupné techniky pro odklíz nadložních hornin. Technicky, organizačně a ekonomicky realizovatelné technologie umožňují selektivní odklíz nadložních hornin a stavbu výsypek. Koncepce technické rekultivace vychází z cílové představy o využití

vytěženého prostoru, na kterém může provedena zemědělská, lesnická, vodohospodářská rekultivace nebo se může krajina rekreační využívat (Smolík et al. 2010).

Na většině plochy Velké podkrušnohorské výsypky byly provedeny technické rekultivace, které jsou korigovány terénními úpravami reliéfu. V případě zemědělské rekultivace je na upravený povrch výsypek navezena již dříve zachráněná úrodná vrstva zeminy, území je někdy upraveno i melioračně (odvodnění, závlahy) a hydrotechnicky (výstavba nových toků či nádrží). Nově vzniklé plochy jsou zpřístupněny komunikací (Štýs 1997).

Rekultivace na Sokolovsku zajišťuje Sokolovská uhelná, a.s., v souladu s dlouhodobým generelem rekultivacemi. První rekultivace zde byly uskutečněny již v roce 1934, systematicky se zde však začalo rekultivovat v 50. letech 20 stol. V minulosti byly rekultivovány hlavně vnější výsypky. Při přípravě a provádění rekultivací spolupracuje Sokolovská uhelná, a.s., s Výzkumným ústavem meliorací a ochrany půdy Praha-Zbraslav (Frouz 1999). Podkrušnohorské hnědouhelné revíry nelze zakonzervovat a čekat na další vývoj energetických potřeb společnosti. Vzhledem k územním a ekologickým nárokům je třeba po ukončení těžby zbytkové jámy zasypat nebo zatopit (Klimecký et al. 1997).

2.1.3. Lesnické rekultivace

Lesní porosty jsou vhodnou volbou pro rekultivaci výsypek, slouží jako významné stabilizující prvky v ekologických soustavách, splňují asanační, hygienické, estetické a rekreační funkce (Štýs 1997). Nejdůležitější funkcí lesního ekosystému na výsypkách je funkce půdotvorná a půdoochranná. Kořeny dřevin chrání půdu před erozí, podporují vsak dešťové vody a opadem listů vzniká vrstva humusu (Dočkal 2009). Lesní rekultivace se podílí na obnově ekologických i ekonomických funkcí krajiny, umožňuje rychlý návrat ploch k hospodářskému využívání, upravuje krajinu a umožňuje využít krajinu i k rekreaci. Růst vegetace na výsypkách je ovlivněn specifickými vlastnostmi tohoto stanoviště (tvar devastovaného objektu a jeho umístění v krajině, charakter a kvalita hornin skrývaných a ukládaných na výsypky a odvaly, stupeň zvětrávání, životnost ploch a jejich mechanizační přístupnost)(Smolík et al. 2010).

Realizace lesní rekultivace je započata úpravou terénu (většinou srovnání), je vybrán optimální výběr lesních druhů stromů a keřů, zajistí se biologicky vhodný výsadbový materiál, který se pečlivě vysadí a dále se o něj pečuje např. výchovnými lesopěstebními zásahy, chemickou ochranou sazenic (Štýs 1997).

Na výsypkách na Sokolovsku probíhají převážně lesnické rekultivace bez návozu ornice. V pětiletém cyklu se provádí výsadba stromů, okopávání sazenic, po 10 letech je prováděno prořezávání (Frouz et al., 2007). Vysazují se zde 2-3 roky staré prostokořenné sazenice, se zastoupením listnatých dřevin 60%. Nejčastěji se vysazuje olše šedá a černá, javor klen, jasan ztepilý, lípa malolistá, dub zimní, letní a červený, topol černý a bílý, vrby a jeřáby. Z jehličnanů se nejvíce vysazují borovice černá, lesní a ztepilá, smrk pichlavý, modřín evropský, douglaska tisolistá (Frouz 1999). Při výběru vhodných dřevin na výsadbu by se mělo přihlížet k tomu, že Sokolovsko leží z geobotanického hlediska v pásmu habrových doubrav (Štýs 1997).

Pro vytvoření hodnotných lesních ekosystémů na výsypce by se neměly upřednostňovat ekonomické funkce lesa na úkor dalších funkcí, rekultivace by měla přispívat k ochraně udržitelného zachování přírody. Tomuto účelu může napomoci vybudování komplexní sítě ekosystémů, které by byly navzájem propojené a zároveň by měly vytvářet funkční vazbu na kulturní krajinu (Wiedemann, Kleine 2004). Střetávají se zde totiž ekonomické a ekologické zájmy využití lesa. Les je zdroj obnovitelné energie, proto nemůže platit požadavek trvalého zvyšování výnosů, neboť ten zákonitě směřuje k vyčerpání zdrojů zdánlivě obnovitelné suroviny. Zdravý les jako součást životního prostředí vytváří předpoklady pro rozvoj ostatních přínosů, které společnost využívá bezplatně. (Petřík et al. 2007).

2.1.4. Spontánní sukcese

Teorii ekologické sukcese poprvé formuloval F. A. Clements (1916), je definována jako nesezónní, dlouhodobý, směřovaný a kontinuální proces kolonizace a zániku populací jednotlivých druhů na určitém místě. Populace určitých druhů, obývajících konkrétní místo v prostoru jsou na tomtéž místě nahrazovány populacemi druhů jiných, nemusí se přitom jednat jen o jednotlivé druhy, ale o střídání celých skupin druhů. Je to samovolně nezvratný proces změny ve struktuře společenstev a ekosystémů (Prach 1996).

Sukcese může být primární nebo sekundární. Primární sukcese probíhá na nově vytvořených či nově odkrytých substrátech, kde doposud nerostla žádná vegetace. Substrát neobsahuje žádný organický materiál ani diaspory rostlin. Tato sukcese probíhá na Sokolovsku, kdy sukcese probíhá na holém pedogenickém substrátu (Glenn-Lewin, Van der Maarel 1992).

Sekundární sukcese nastává po částečném či úplném odstranění vegetace vlivem disturbance. Na stanovišti jsou zachovány organické půdní horizonty, substrát obsahuje semennou banku nebo vegetativní části rostlin schopné regenerace. Sekundární sukcese probíhá např. na opuštěných polích a loukách, na místech postižených požárem či záplavami (Glenn-Lewin, Van der Maarel 1992).

Sukcese v prostředí se stejnými podmínkami nemusí probíhat stejným směrem, je určena mnoha faktory, jako je šíření semen, rychlost směr větru, množství produkovaných semen, poloze a dostupnosti potencionálních rodičovských rostlin, klimatickými faktory (Burrows 1975).

Během sukcese se na stanovišti zpravidla obměňují rostliny s různou životní strategií. Nejprve se na stanovišti uchytí R-stratégové (ruderalní druhy rostlin), které jsou většinou jednoleté a mají velký počet semen. R-stratégové jsou nahrazeny konkurenčně silnějšími druhy rostlin C-stratégie, které jsou v mládí adaptovány k zastínění a postupem času ostatní rostliny přerostou. Mezi C- strategý patří i dub letní. C-stratégové se vyznačují vysokou konkurenceschopností, dorůstají vysokých rozměrů, tvoří značnou biomasu, jsou dlouhověcí, mají stabilní početnost, relativně rychlý růst a energii vkládají hlavně do vegetativních orgánů. Pokud je prostředí málo produktivní, budou na něm dominovat spíše S-stratégové, které jsou stres-tolerantní a tudíž dobře adaptované na nepříznivé prostředí (Grime 1981).

Proces sukcese směřuje ke klimaxu, který je definován jako závěrečný a relativně stabilní stav společenstva. Rozpoznat klimaxové společenstvo lze jen stěží, protože rychlost sukcese je v časných stádiích vysoká, zatímco v pozdějších stádiích je jen těžko postřehnutelná (Krebs 2001). Klimaxové společenstvo je velmi stabilní a takřka neměnné. Důležitou roli v klimaxu hrají složité mechanismy nazývané autoregulační schopnosti ekosystému (např. vztah predátora a kořisti) (Whittaker 1953).

Osídlení silně narušených míst je velice ovlivněno vzdáleností od stanoviště, ze kterého mohou druhy toto narušené místo osidlovat, přičemž kritická vzdálenost tohoto

stanoviště je 100 metrů (Levin et al. 2004). Proto je důležité zajištění migračních možností a ekologických nároků různých druhů a skupin. V krajině je nutné podpořit propojení biocenter tvorbou biokoridorů, aby byla umožněna migrace na výsypky a byla zamezena izolace populací, která může vést k izolaci genetické a tím k postupnému zániku druhů (Wiedemann, Kleine 2004).

U některých druhů jsou jejich migrační schopnosti omezené nebo jejich přirozenému šíření na nová území brání např. konkurence již přítomných druhů. To se týká zejména některých druhů rostlin. V takových případech je vhodné podpořit šíření transferem cenných organismů nebo společenstev. Přinesené organismy a společenstva vytvářejí základ nových stanovišť, které mohou osidlovat jiné druhy migrující již ze zanikajících ekosystémů (Frouz 1999).

Výsypky představují extrémní cenná stanoviště pro ohrožené druhy rostlin a živočichů v krajině postižené těžbou, kteří ustupují z eutrofizované krajiny díky intenzivnímu zemědělství. Výsypky mohou představovat refugia, odkud se ohrožené druhy opět šíří do krajiny (Vogtmann, et al. 2004).

Pravděpodobnost, že některé druhy budou dominovat stoupá s vyšší produktivitou stanoviště. S vyšší produktivitou stanoviště hrozí také větší nebezpečí dominance cizích invazivních druhů. Proto by se měly tyto druhy kontrolovat (Prach, Pyšek 2001).

Z ekologického hlediska je účelné, aby se na výsypkách vytvořil funkční systém ekologické stability jako jsou ekologická centra tvořená lesními komplexy, trvalými lučními porosty a mokřady, ekologické koridory umožňující přesun živočichů mezi biocentry (Štýs 1997).

Primární sukcese na výsypkách probíhá většinou s dřevinami intermediárního typu (doubrava, smrčiny) podle následujícího schématu:

1. stádium nedřevnaté vegetace
2. přípravný les
3. přechodný les

Les prochází stádií dorůstání, zralosti, dožívání a rozpadu. Přípravný les je ve fázi stárnutí postupně podrůstán dřevinami středních vlastností (dub, lípa, jasan, habr). Sukcese tohoto typu probíhá spontánně na většině stanovišť doubrav (prirozenelesy.cz/node/10).

2.1.5. Klimaxové dřeviny

Vývoj surového pedogenického substrátu na výsypce probíhá díky ekologické sukcesi. Na výsypkách probíhá primární sukcese, tzn. na holém substrátu bez diaspor rostlin. Zdejší ekosystém se vyvíjí a směřuje do finálního stavu sukcese – klimaxu. Klimaxové společenstvo je velmi stabilní a takřka neměnné. Důležitou roli v klimaxu hrají složité mechanismy nazývané autoregulační schopnosti ekosystému (např. vztah predátora a kořisti) (Whittaker 1953).

Klimaxové dřeviny (dub, buk, habr, smrk) patří mezi K- strategy, kteří jsou silnými konkurenty o zdroje, kladou větší důraz na kvalitu a konkurenceschopnost potomků. Klimaxové dřeviny se řadí také mezi C- strategy (Jeschke 2008). V průběhu života stromu se však jeho životní strategie může měnit. Pokud se uchytlí na místě po katastrofě (disturbanci), je nejprve R- strategem. Vzrostlý j pak C-strategem. C strateg žije v příznivém prostředí, bez působení stresu a disturbancí. Takové prostředí přitahuje i jiné druhy, je zde velká konkurence o zdroje (Gadgil, Solbrig 1972).

Klimax může být buď klimatický nebo edafický, pokud nejsou edafické poměry příliš extrémní převládá vliv klimatu a společenstvo směřuje k ustálenému klimatickému klimaxu. Pokud jsou extrémní půdní poměry např. nedostatek vláhy, přemokření půdy, snížená dostupnost živin, extrémní nebo toxické podloží, nadbytek Ca, Mg, solí apod., vyvíjí se společenstvo směrem k edafickému klimaxu, sukcese se zastaví před dosažením klimatického klimaxu. Příkladem jsou rašeliništní biocenózy, podmáčené suťové lesy, reliktní bory, biocenózy na skalách (Jeník 1995).

Klimatický klimax je charakterizován jako konečné stádium sukcese v rovnováze s klimatem, typy klimatických klimaxů korelují s nadmořskou výškou a s vertikální pásmovitostí. Většina původních klimatických klimaxů je v Evropě nahrazeno smrkovými či borovými monokulturami, tyto lidské vlivy na lesní porosty můžeme charakterizovat jako disturbance (Storch, Mihulka 2000). Činnost člověka odchýlila vývoj lesů od vývojové

trajektorie směrem ke klimaxu. Tento jev nemusí být považován pouze za negativní, protože pozmeněné lesní porosty jsou v řadě případů cennější než klimaxové zapojené lesy. Jedná se zejména o případ světlých doubrav a dubohabřin výmladkového původu, které hostí druhy světlých lesů či jejich lemů (často jsou to reliktní druhy – zejména motýlů a rostlin – uchovávané se v naší krajině od konce poslední doby ledové chráněné naší legislativou či mezinárodními úmluvami) (Petřík et al. 2007).

V poslední době, po upuštění od tzv. tradičních forem managementu (lesní pastvy, pařezení, hrabání steliva), se světlé lesy mění v uzavřené lesy. Tím mizí ochránářsky cenné druhy a les se přibližuje ke klimaxovému stavu (což může být v některých případech nežádoucí např. Národní park Podyjí). Podobným problémem jsou pravděpodobně přirozené absence některých dřevin, v ostatních oblastech ČR původních (Petřík et al. 2007).

Na výsypkách by se měly vysazovat jen původní dřeviny, které zde rostly v původním ekosystému, při rekultivacích by se měl brát ohled na vlivy minulé lidské činnosti na stav a složení lesa a na přirozené absence některých dřevin (Petřík et al. 2007).

2.1.6. Obnova pomocí spontánní sukcese

Krajinu v oblastech postižených těžbou můžeme obnovit třemi způsoby tj. zcela se spolehnout na spontánní sukcesi, výhradně přijmout technická opatření nebo můžeme zkombinovat obě předchozí možnosti. Důležité je dobře zvážit cíl obnovy, polohu místa, podmínky prostředí a zdroje diaspor rostlin v okolí (Prach, Hobbs 2008). Spontánní sukcese se může uplatnit zejména tam, kde nejsou podmínky prostředí příliš extrémní a neočekávají se zde žádné negativní vlivy okolí, jako jsou sesuvy půdy, eroze, kontaminace vody a půdy, negativní estetické vnímání (Prach, Pyšek 2001). Spontánní sukcese zvyšuje přirozenou hodnotu narušené lokality, zlepšuje ekosystémové funkce a služby, jakou jsou produktivita a ochrana proti erozi (Prach, Hobbs 2008). Studium sukcese významně podporuje studium člověkem postižených oblastí jako jsou výsypky. Studium sukcese je významným ekologickým tématem, zahrnuje široké spektrum různých disciplín např. druhová genetická variabilita, populační dynamika, struktura ekosystémů, interakce druhů s prostředím i mezi sebou (Prach 2004).

Při využití spontánní sukcese jako způsobu obnovy vegetace na výsypkách je dobré zohlednit její výhody a nevýhody:

Výhody spontánní sukcese oproti technické rekultivaci jsou zejména:

- Kolonizace druhů, které by měly být dobře přizpůsobeny k místním podmínkám (Kovář 2004). O tyto původní druhy není obvykle nutno dál pečovat.
- Přírodní hodnoty spontánně kolonizovaných míst jsou obvykle vyšší než u technicky obnovených lokalit (Hodačová, Prach 2003).
- Sukcesní fáze poskytují refugia pro divokou zvěř častěji než technicky obnovené lokality.
- Spontánní sukcese jsou levné.

Nevýhody spontánní sukcese

- Pomalý pokrok směrem k cílové fázi za určitých okolností, zejména pokud je doprava diaspor žádoucích druhů omezena vzdáleností. To se děje také v případě, když jsou místa obklopena rozsáhlými porosty, v kterých převládají ruderální nebo nepůvodní druhy.
- Spontánní sukcesi můžeme uplatnit jen v místech, která se obejdou bez technických úprav. To znamená, že nehrozí sesuvy a výsypkový substrát není příliš toxický.

2.1.7. Šíření semen rostlin během sukcese

Šíření diaspor na nová stanoviště, zejména pokud chybí semenná banka, je považováno za klíčový proces vzniku vegetačního krytu. Kolik a jaké druhy se na stanovišti uchytí závisí na charakteru, dostupnosti, abundanci a vzdálenosti zdrojů diaspor. Dále je také důležitá schopnost klíčení a vegetativní šíření, které také ovlivňují kolonizační úspěch druhů během sukcese (Řehouňková, Prach 2010).

Rostliny patří mezi sesilní organismy, v krajině se šíří buď vegetativně kořenovými výběžky nebo pomocí plodů a semen. Většina dřevin se šíří do svého okolí tj. 40-50 m od mateřského jedince. Šíření na velké vzdálenosti (většinou větrem a vodou) je běžné u

pionýrských dřevin jako *Platanus*, *Salix*, *Populus*, *Betula*, *Populus tremula*, *P. tremuloides*. U většiny temperátních dřevin počet semen na plochu klesá exponenciálně se vzdáleností od mateřského stromu (Kubát, Machová 2010).

Těžká semena (např. *Juglans*, *Quercus*) jsou šířena živočichy na vzdálenost 10-360 m, tento fakt znamená selektivní zvýhodnění, protože poblíž rodičovských jedinců jsou podobné půdně- stanovištní podmínky (Kubát, Machová 2010).

Rostliny se adaptovali na různé životní podmínky, adaptace umožňují rostlinám přežít a množit se, k těmto adaptacím patří i různé způsoby šíření semen. Rostliny produkují diaspory, které se šíří do okolí z mateřské rostliny. Rostliny využívají několik způsobů k šíření diaspor. Ve vhodném prostředí začne semeno klíčit a zapouštět kořeny (Howe, Smallwood 1982).

Způsoby šíření semen rostlin během sukcese (Howe, Smallwood 1982), (Fuentes 2000), (Fenner 2000):

1. Zoochorie: rozšiřování semen zvířaty

- **Epizoochorie:** semena a plody jsou uzpůsobena ke snadnému zachycování na srsti zvířat, některé vodní druhy mají semena, která ulpívají na zvířatech díky přilnavosti vody
- **Synzoochorie:** je způsob rozšiřování rostlin, jejichž diaspory živočichy nějakým způsobem lákají.
- **Myrmekochorie:** (rozšiřování mravenci) semena rostlin mají na povrchu dužnaté přívěsky elaiosomy, které mravenci okusují. Semeno odnesou několik metrů od mateřské rostliny. Z našich rostlin mají elaiosomy např. violka, jaterník, orsej, kopytník, hluchavka, plicník, kostival aj.
- **Endozoochorie:** rozšiřování plodů (peckovic a bobulí) průchodem zažívacího traktu zvířete. Dochází ke strávení pouze dužnatého oplodí a nepoškozené semeno opustí přirozenou cestou organismus. Klíčivost semen není průchodem zažívacím traktem vůbec narušena, naopak u mnohých druhů dochází k jejímu zvýšení. Semena některých druhů rostlin dokonce bez průchodu zažívacím traktem nevyklíčí, protože

klíček osemení neprorazí a odumře. Průchod tak zkracuje dobu dormance mnoha druhů semen. Ihned klíčí semena jeřábu, jalovce, třešně, habru aj.

2. Anemochorie: rozšiřování semen větrem. Plody rostlin, které se takto šíří jsou poměrně lehké, malé a mají malou hmotnost. Mohou mít různé výrůstky (chmýry, blanitá křídla a lemy, vzdušné měchýřky apod.), které jim usnadňují vzdušnou plavbu.

3. Barochorie: tyto rostliny nemají žádné zvláštní zařízení na rozšiřování semen do svého okolí, diaspory nechávají spadnout na zem.

4. Autochorie: rozšiřování rostlin vlastními silami, které může probíhat různým způsobem

- **Ukladači:** tobolky se semeny se přikládají k povrchu půdy, semena vypadnou z tobolky rovnou do štěrbin
- **Poutníci:** prostřednictvím šlahounů a oddenků zakořeňují nové rostlinky v různých vzdálenostech od mateřské rostliny (jahodník, ostružiník)
- **Vrhači:** rostliny semena vymrští (netýkavka)
- **Zavrtávači a lezci:** semena mají dlouhé osiny, které se vlivem vlhkosti narovnají a zašpičatělou částí se zavrtají do země (kavyl, oves)

5. Hydrochorie: rozšiřování semen rostlin pomocí vody, tento způsob využívají rostliny rostoucí ve vodě, pobřežní rostliny a mnoho rostlin suchozemských, rostoucích v blízkosti vod

- **Plavci (nautochory):** semena jsou uzpůsobena k plavbě, jsou odolná vůči vlhkosti, mají korkovitě zesílené stěny nebo na povrchu vylučují voskový povlak (nažky žabníku jitrocelovitého, šípatky, olše lepkavé, haluchy vodní, rozpuku jízlivého)
- **Ombrochorie:** šíření semen pomocí dešťových kapek. Plody ombrochorních rostlin se za vlhkého počasí rozevírají a dešťové kapky svými nárazy vymršťují semena do okolí. Diaspory nepadají daleko od mateřské rostliny, ale jsou splavovány pramenky dešťové vody. Tímto způsobem se rozšiřuje např. šalvěj, černohlávek, penízek.

6. Antrochorie: je rozšiřování rostlin člověkem. Tento způsob je v podstatě analogický zoochorii, ale ve srovnání se zvířaty člověk díky své rozmanité činnosti může diasporu roznášet na mnohem větší vzdálenosti (z ostrova na ostrov)

- **Agestochorie:** šíření diaspor prostřednictvím dopravy (auto, vlak, lodní doprava, atd.) Diaspory se mohou zachytit na povrchu i uvnitř dopravních prostředků, jako příměs zboží, v obalových a těsnících materiálech, na oděvu lidí či v srsti jiných přepravovaných zvířat. Nejčastěji se tak rozšiřují diaspory rumištních a plevelných rostlin, protože nejvíce přicházejí do styku s dopravovaným objektem a s dopravními prostředky. Dochází k tomu na skládkách, na ulicích, při nakládání ovoce a zeleniny na polích apod.
- **Speirochorie:** způsob zavlékání a šíření diaspor s osivy.
- **Ergasiochorie:** přemísťování diaspor prostřednictvím zemědělského nářadí a strojů používaných při obdělávání půdy a při sklizni úrody.

Na výsypky se rostliny šíří převážně dvěma způsoby, větrem (anemochorie) a pomocí živočichů (zoochorie) (Kovář 2004). Semena a plody se šíří endozoochorně i aktivním transportem diaspor hlodavci a ptáky, pasivní epizoochorie (uchycení diaspor na srsti nebo peří) nebyla na výsypkách zjištěna (Kubát, Machová 2010).

Na šíření semen dubů se podle našich předpokladů podílejí zvířata (veverky, myšice, myši, hraboši, křečci, prase divoké, sojka obecná), která se jimi živí. Při přenášení semen se vždy nějaké ztratí nebo zvíře zapomene, kde všude své zásoby uložil a obvykle je ani všechny nespotřebuje. Díky býložravým ptákům se semena mohou dostat od mateřské rostliny na velkou vzdálenost (Howe, Smallwood 1982).

2.1.8. Spontánní sukcese na Sokolovsku

Na počátku spontánní sukcese se na Sokolovsku málo uplatňují jednodoté druhy, jako je to např. na Mostecku. Nejprve se na výsytku šíří vytrvalé druhy rostlin a trav např. podběl lékařský (*Tussilago farfara*), třtina křovištní (*Calamagrostis epigejos*). Mezi 15 až 25 rokem sukcese se zde uchycují keře a jiné dřeviny. Mezi dřevinami převážně na členitě sypaných výsytkách dominuje bříza bělokorá (*Betula pendula*), jíva (*Salix caprea*) a osika (*Populus tremula*) (Řehounek et al. 2010).

Většina plochy výsyvky má zarovnaný povrch, což umožňuje expanzi nežádoucí třtiny křovištní, která vytváří kompaktní porosty a znemožňuje tak uchycení jiných druhů. Pokud probíhá spontánní sukcese úspěšně, začne se kolem 25. roku od nasypání zásadně přetvářet společenstvo. Ruderální druhy jsou nahrazeny druhy lučnými a lesními např. vstavačovité a hruštičkovité. Tento přechod je způsoben změnou půdních poměrů, aktivitou žížal a jiných bezobratlých, kteří vytvářejí strukturované půdní horizonty (Řehounek et al. 2010).

V podrostu pionýrských dřevin se uchycují celkem úspěšně smrk, borovice, dub letní, buk, i když semenné stromy jsou někdy dost daleko. Listnaté stromy trpí okusem převážně srnčí zvěří. Nejstarší 50 let staré porosty vzniklé spontánní sukcesí jsou tvořené rozvolněným lesem s převahou břízy a v podrostu nejdeme bohaté bylinné společenstvo (Řehounek et al. 2010).

Na výsytkách byl překvapivě zaznamenán velký počet druhů. To je dáno druhovým bohatstvím okolních biotopů, které slouží jako zdroj migrantů při osidlování výsypek. Výsyvky také představují pestrý soubor stanovišť různého sukcesního stáří, nebo jsou na nich stanoviště, která již v zemědělské krajině vymizely. Proto mohou být osidlovány ohroženými a vzácnými druhy rostlin a živočichů např. ropucha krátkonohá a zelená, blatnice skvrnitá, čolek velký, obecný a horský, skokan krátkonohý a skřehotavý, prstnatec májový, rdest alpský. Některé ohrožené druhy jsou na výsytkách dokonce hojnější než v okolní krajině. Na ploše výsypek byly nalezeny i druhy hmyzu, které u nás byly doposud neznámé. Tyto druhy mohou být specializované na iniciální stadia sukcese nebo na jiná vzácná území jako jsou slaniska, periodické tůňky, xerothermní louky. Výskyt těchto stanovišť je však na výsytku časově omezen, protože podléhají přirozené sukcesi, zalesňování a dalším rekultivačním pracím. Pro zvýšení a zachování biologické rozmanitosti je důležité také zachování členitosti a heterogenity povrchu výsyvky (Frouz 1999).

Na nerekulitovaných částech výsypek, kde je povrch značně zvlněný se nachází vlhčí a chladnější místa v depresích a sušší a teplejší místa na vrcholech vln. Tyto vlny mohou přispívat k přežívání migrujících organismů. V období sucha se mohou uchýlit do vlhčí deprese a při přemokření plochy se mohou uchýlit na vrchol vlny (Frouz 1999).

Lesnický rekultivované výsypky vykazují menší biodiverzitu. Z hlediska tvorby půdy jsou nejpříznivější olšové a lipové výsadby a nejméně vhodné jsou výsadby jehličnanů. Invazní druhy se na Sokolovsku téměř nevyskytují (Řehounek et al. 2010).

Na výsypkách Sokolovska probíhá výzkum, který se zabývá biologickou obnovou zdejších ekosystémů. Výzkumu se podílejí výzkumníci např. z Národního Muzea v Praze, Ústavu půdní biologie AV ČR, Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích, Karlovy Univerzity v Praze aj. Výzkum je zaměřen zejména na zhodnocení biodiverzity těžbou zasažených území, klíčových procesů a funkcí ekosystémů na výsypkách (Frouz 1999).

2.2. Podmínky pro růst vegetace na Velké podkrušnohorské výsypce

2.2.1. Charakteristika substrátu na výsypce

Rozvoj lidské společnosti, růst infrastruktury a dopravy způsobuje stále narůstající zábor a spotřebu půdy. Proto je ochrana půdy jednou z hlavních oblastí ochrany přírody (Vogtmann, et al. 2004). K největší devastaci půdy dochází při povrchové těžbě uhlí, kdy je odtěženo velké množství materiálu. To představuje obrovské narušení ekosystémů, které jsou často zcela zničeny odtěžením nebo zavezením materiálem. Tento ukládaný materiál pochází i z velkých hloubek a vyznačuje se nízkou biologickou aktivitou (Baldrián et al. 2008). Převážnou část ukládaného materiálu tvoří cyprisové jíly usazené na dně třetihorního jezera. Jíly jsou tvořeny hlinitokřemičitany s vysokým obsahem kovů alkalických zemin s převahou Ca^{2+} [2]. Termín „cyprisové“ jíly je odvozen od častého výskytu fosilního korýše *Mytilocypris praenuncia* (Broumová et al. 2007).

Ukládaný výsypkový substrát je označován jako pedogenický substrát, který obsahuje minimální množství makronutrientů (N, P), což způsobuje omezený biologický vývoj. Výsypkový substrát obsahuje převážně alkalické terciární jíly (pH = 8), bohaté na fosfor, s celkovým obsahem C od 3,6% do 10,2% (Šourková et al. 2005).

Na počátku sukcese je pH substrátu alkalické a v jejím průběhu se postupně snižuje. Materiál na výsypce také obsahuje významné množství fosilních organických látek. Tato organická hmota nepochází z uhlí, ale z nahromaděných zkamenělých mrtvých řas rodu *Sporopolenin*, které jsou v dolní části terciárního jezera (Helingerová et al. 2010).

Při rekultivaci je důležité, aby byly obnoveny všechny půdní vlastnosti jako je zadržování vody v půdě, sorpční kapacita, obsah a dostupnost živin, hustota půdních částic, pufrční kapacita apod. (Šourková et al. 2005).

2.2.2. Vývoj půdy na výsypce

Vývoj půdy představuje klíčový faktor pro rozvoj nových ekosystémů v místech postižených těžbou (Baldrián et al. 2008). Vhodný parametr, který můžeme použít k hodnocení biologické kvality půdy je půdní biota (Dunger 2004). Činnost půdních organismů můžeme považovat za jeden z hlavních procesů tvorby půdy, i když půdní mikroorganismy tvoří jen 2-4% půdní organické hmoty (Šourková et al. 2005). Půdní organismy se musí nejprve vypořádat s extrémními fyzikálně-chemickými vlastnostmi půdy, a to zejména teplotou, vlhkostí, množstvím a dostupností organické hmoty a extrémními klimatickými faktory (Dunger 2004). V pozdější fázi sukcese je jejich rozvoj nejvíce ovlivněn vegetačním krytem a kvalitou vegetačního opadu, převážně na podzim opadem listů a kořenovými exsudáty. (Šourková et al. 2005). Kolonizace výsypek půdní biotou probíhá většinou vzduchem pasivně nebo aktivně nebo migračními koridory, podle spojitosti habitatu (Frouz et al. 2008).

Půdní mikroorganismy se podílejí na rozkladu a mineralizaci organické hmoty. Mikrobiální biomasa poskytuje informace o celkovém množství mikroflóry v půdě, a je dobrým ukazatelem celkového růstu mikrobiální společnosti během sukcese. Avšak pouze část mikroflóry je aktivní. Pro odhad činnosti půdní mikroflóry se používají dva parametry, mikrobiální respirace a rozklad celulózy (Frouz et al. 2006).

Organická hmota pozitivně koreluje s množstvím půdního organického uhlíku. Ve 30 až 40 let starých zalesněných porostech na výsypce je půdní mikrobiální společenstvo srovnatelné s nenarušenými biotopy. Při sukcesi dochází k nárůstu bakteriálního společenstva půdy a snížení mikrobiální biomasy. Rychlý nárůst všech mikrobiálních parametrů, s výjimkou délky mycelia, byl pozorován při tvorbě humusu moder pod keřovým porostem (Frouz, Nováková 2005). Moder je charakterizován nízkým pH a menší početností a diverzitou mikrofauny, než je tomu v humusu mull. To způsobuje nahromadění organických látek ve 3 formách, celé listy a jehlice, fragmentovaný opad a humifikovaný opad. Většina mikrobiální biomasy tvoří houby a plísně, které produkují antibiotika redukující bakteriální společenstvo. Houby produkují organické látky, které dále okyselují půdu (Ponge 2003).

Posun od moderu, typického pro střední fáze sukcese, k mullu v pozdějších sukcesích fází je doprovázen nárůstem v počtu bakterií a snížení mikrobiální biomasy a respirace. Tyto změny odpovídají poklesu obsahu organického uhlíku ve vrstvě ornice způsobené žížalami, které půdu promíchávají a snižují dostupnost organické hmoty (Frouz, Nováková 2005).

Mull je charakterizován rychlejším rozkladem hrabanky, díky vysoké aktivitě půdních živočichů. Probíhá zde rychlá transformace organických látek a homogenizace organické hmoty s minerálními částicemi za tvorby makroagregátů. Jsou zde přítomny saprofytické a mykorhizní houby a vysoké množství bakterií. Mull poskytuje dobré podmínky pro megafaunu (drobní hlodavci), mikrofaunu (žížaly, větší členovci, měkkýši), mesofaunu (roztoči, chvostoskoci, roupice) a mikrofaunu (hlístice, prvoci) (Ponge 2003).

Půdní fauna přispívá jen málo k přímé mineralizaci organického materiálu, podílí se hlavně na fragmentaci a promíchávání organického materiálu a půdy. Takto významně ovlivňuje distribuci organického materiálu v rámci půdního profilu. Mikromorfologické studie ukazují, že půdní fauna plní důležitou úlohu v rozvoji horních vrstvy půdy během sukcese. V počátečních fázích sukcese v tomto procesu dominuje mesofauna, později makrofauna a žížaly (Frouz et al. 2007).

Půdní mikrofauna ovlivňuje akumulaci organické hmoty (obsah C a N v půdě), půdní hydrolytické vlastnosti (zadržování vody v půdě, bod vadnutí), mikrobiální respiraci, mikrobiální biomasu, složení mikrobiální biomasy, hustotu půdní mesofauny (Frouz et al. 2006). Nejvyšší hustota půdní mikrofauny je na rekultivovaných částech výsypky než na místech se spontánní sukcesí, nejvýznamnější rozdíl je v žížalách.

2.2.3. Vliv dřevin na vývoj půdy

Během vývoje půdy od surového výsypkového substrátu se zvyšuje obsah organického materiálu v půdě díky mikrobiální biomase. Vývoj půdy do značné míry závisí na dominantní skladbě dřevin, protože dřeviny poskytují organickou hmotu, která je důležitá pro vývoj mikrobiálního společenstva a makrofauny. Nejvhodnější volbou pro obnovu půdy na výsypce je tedy lesnická rekultivace nebo spontánní sukcese. Tento vývoj a enzymatická aktivita byly prokázány v místech kde proběhla spontánní sukcese už v její počáteční fázi (Šnajdr et al. 2013).

Skladba dřevin rostoucí na výsypce vykazuje signifikantní rozdíly v chemických vlastnostech opadu, v poměru uhlíku v opadu a v kořenových exsudátech a v množství přidaných organických látek do půdy. Druh dřevin na výsypce ovlivňuje chemismus půdy a pH půdy, které se nejčastěji pohybuje mezi 6,6 a 7,2.

V průběhu roku se mění dostupnost hrabanky a tím zásoba uhlíku. V říjnu je k dispozici čerstvý spadlý materiál, v dubnu je již většina dostupného uhlíku rozložena a to způsobuje nízký výskyt symbiotických hub.

Půdní horizont se značně liší v obsahu N, které se pohybuje od 0,8% (pod Pinus) do 2,1 % (pod Alnus) (Šnajdr et al. 2013).

Obsah uhlíku v horních 20 cm organického horizontu se pohybuje okolo 4,5 až 38,0 t a míra akumulace C v půdní organické hmotě se pohybuje mezi 0,15 až 1,28 t ha⁻¹ rok⁻¹ zvyšující se v následujícím pořadí Picea < Pinus < Quercus < Larix < Alnus < Tilia. Ukládání uhlíku v půdě pozitivně koreluje s biomasou nadzemních stromů, ale není zde významná korelace mezi uložením C v půdě a nadzemním vstupem C do půdy. Dominantní druh dřeviny ovlivňuje půdu také prostřednictvím skladby vegetace v podrostu, která má různou pokrývnost povrchu půdy: 16% pod Tilia, 51% pod Pinus a Quercus, a pod Aldus vegetace pokrývá 100% povrchu půdy.

Nejnižší aktivita enzymů byla zaznamenána v opadu u jehličnatých stromů a nízký obsah N. To je pravděpodobně způsobeno vysokou akumulací organické hmoty pod jehličnany. Pod Picea a Pinus je hmotnost fermentační vrstvy v rozmezí 1,0 až 1,4 kg m⁻² a je vyšší než u listnatých stromů, kde se hmotnost fermentační vrstvy pohybuje okolo 0,3 kg m⁻².

Opad a horní vrstva půdy se značně liší v mikrobiální biomase, která je vyšší v opadu než v půdě. Rozdíly v dostupnosti živin jsou demonstrovány snížením extracelulární aktivity enzymů s hloubkou půdy, stejně jako relativní snížení saprofytických hub a zvýšení symbiotických mykorhizních hub. Dřeviny jsou nejdůležitějším faktorem, který ovlivňuje hydrolytické enzymy v opadu a v půdě (Šnajdr et al. 2013).

Druh mikroorganismů v půdě je spojen s jednotlivými druhy dřevin. Houbová biomasa obvykle zvyšuje poměr C / N, zatímco vyšší relativní výskyt bakterií zvyšuje pH. Během spontánní sukcese se složení bakteriálního společenstva vyvíjí postupně bez dramatických změn, pro bakteriální společenstvo je nejdůležitější proměnná korelace pH a obsah C (Šnajdr et al. 2013). Mikroorganismy přispívají ke zlepšení půdních vlastností také poskytováním potřebných živin N a P pro rostliny. V lesích mírného pásma je až 75% N a P poskytnuto rostlinám prostřednictvím bakterií, které fixují N nebo mykorhizními houbami. Vysoký obsah N v opadu u Alnus je způsoben symbiotickými bakteriemi, které fixují N₂.

Bohatý obsah N pod rodem *Alnus* je také příčinou nejnižšího poměru C/N v půdě (Šnajdr et al. 2013).

Faktory jako jsou kvalita živin a specifické společenství mikroorganismů s rhizospheres různých druhů stromů nebo podrostu ovlivňují růst stromů. Ve srovnání rekultivovaných lokalit s olšemi se spontánní sukcesí je enzymová aktivita a mikrobiální biomasa srovnatelná. Spontánní sukcese je v temperátní zóně vhodnou volbou v těžbou postižené krajině (Šnajdr et al. 2013).

2.3. Dub letní (*Quercus robur L.*)

Dub letní či křemelák patří do čeledi Bukovité (*Fagaceae*). Je to statný, listnatý, opadavý a pomalu rostoucí strom. Dorůstá výšky 35 až 50 metrů. Má silně rozvětvenou nepravidelnou korunu. Ve volném prostoru je koruna velice rozlehlá. V mládí má červenohnědou a hladkou kůru, později je kůra šedozeleňá až tmavošedá, silně rozpraskaná slabě lesklá (Aas, Riedmiller 1997).

Listy jsou krátce řapíkaté, peřenodílné až peřenolaločnaté, na vrcholu zaokrouhlené, na bázi srdčité ouškaté. Listy jsou 10-12 cm dlouhé a asi 8 cm široké, na líci jsou matné, tmavozelené, na rubu jsou světlejší a po obvodu mohou být zvlňené. Pupy listů jsou kulovitě oválné, s velmi četnými pupenovými šupinami, kolem 8 mm dlouhé a špičaté (Kremer 2003). Květy dubu jsou jednopohlavné. Drobné samičí květy s červenými bliznami vyrůstají po dvou až pěti na dlouhých stopkách v řídkých chudokvětých klasech. Samčí květy jsou uspořádány v převislých, žlutavě zelených a až 5 cm dlouhých jehnědách, které se rozvíjejí současně s listy. Dub kvete v květnu. Plodem je jednosemenná nažka, zvaná žalud, která je ponořená v horní části ve zdřevnatělé číšce vyrůstající na dlouhé stopce (Aas, Riedmiller 1997).

Dub letní je typická hlubokořenná dřevina s mohutně vyvinutým křulovým kořenem, který se vyvíjí do značné délky a tloušťky již v prvním roce dubového semenáčku. Tvar kořenového systému je ovlivněn typem substrátu, pokud je substrát nevhodný, může dojít k mělkému zakořenění (Jeník 1957).

Duby mohou žít několik stovek let. Nejstarší dub letní byl nalezen v blízkosti jezera Biel ve Švýcarsku, jeho stáří bylo určeno sčítáním letokruhů na úctyhodných 930 let. Historie rozšíření dubů se zjišťuje dendrochronologickými studiemi. Na archeologických nalezištích se určuje stáří dřeva podle počtu letokruhů a podle dřevní anatomie se může určit i druh dubu (Haneca, Cufar 2009).

Dubové dřevo je ceněno pro své mechanické vlastnosti a jeho životnost, proto bylo je hojně využíváno již od prehistorických dob (Haneca, Cufar 2009)

2.3.1. Rozšíření rodu *Quercus*

V mírném pásmu severní polokoule a v tropech (hlavně v horách) je rozšířeno kolem 200 druhů rodu *Quercus*. Na jih zasahují do Malajského archipelů a v Americe až do Kolumbie (Pilát 1953). Dub letní se však vyskytuje pouze v Evropě a na Kavkazu (Aas, Riedmiller 1997).

V evropských lesích začal být dominantní přibližně před 6000 lety. V Evropě můžeme nalézt 22 původních druhů dubu, ale nejvíce jsou rozšířeny jen 2 druhy, dub letní (*Quercus robur*) a dub zimní (*Quercus petraea*) (Haneca, Cufar 2009).

Na velké části plochy nížin a pahorkatin ve střední Evropě se v holocénu diferencovaly doubravy různého fytoocenologického složení tzv. pásmo dubu. Osídlení člověka, zemědělství a industrializace krajiny postihly v největším rozsahu právě pásmo doubrav. V krajině začaly převažovat nevyhovující smrkové monokultury, které vážně narušují klimatické, hydrologické, hygienické a estetické funkce krajiny (Jeník 1957).

Doubravy se v České republice nachází na dvou velkých lokalitách. Je to česká a moravskoslezská oblast. Mezi těmito dvěma oblastmi je Českomoravská vrchovina, kde dub roste jen ojediněle. Z fytogeografického pohledu patří Čechy do hercynské oblasti a Morava se Slezskem do Panonské pánve (Kolář et.al 2012). Geografické rozložení dubových lesů v České republice závisí především na klimatu. Obecně platí, že tyto lesy rostou nejvíce v oblastech s průměrnou roční teplotou nad 7°C a úhrnem srážek pod 650 mm za rok (Kolář et.al 2012).

Výzkum rozšíření dubu se provádí diskontinuální chronologií (**CZGES 2010**), která popisuje rozšíření od 4682 př. nl až do roku 2006 (Kolář et.al 2012).

Na severním okraji výsypky se vyskytuje i několik jedinců dubu červeného (*Quercus rubra L.*). U nás je tato dřevina nepůvodní a používá se jako okrasný strom. Jeho domovinou je Severní Amerika, přirozený areál sahá od Nového Skotska a k Texasu. Listy jsou charakteristicky zašpičatělé, oválné, na bázi klínovitě zúžené, po obou stranách mají 3-4 laloky. Na líci jsou listy matně zelené a na podzim a u mladších stromů jsou nápadně červené (Kremer 2003).

2.3.2. Ekologické a pěstební vlastnosti dubu

Dub patří mezi poloslunnou dřevinu, semenáčky snáší zastínění, je náchylný ke košatění a tvorbě excentrických korun, je silně fototropický, což může způsobovat zakřivení kmene. V hustých porostech hrozí dubu nedostatkem světla přeštíhlení, dub poměrně málo reaguje na uvolnění. Nepříznivou vlastností dubu je jeho zavlačování, které se obvykle vysvětluje osluněním kmene, důvody však jsou spíše ve fyziologii stromu (Peňáz 1999).

Oba duby (dub letní a zimní) jsou v Evropě široce rozšířené a vyhovuje jim široké spektrum ekologických podmínek. Dub letní najdeme spíše v okolí řek a ve vlhkých nížinách. Dub zimní je typičtější pro suší kopcovitý terén (Haneca, Cufar 2009).

2.3.3. Přírozená obnova dubu v přírodních lesích

Přírozené dubové lesy se v ČR zachovali jen vzácně, jsou však nejvhodnější ke studiu přírozené reprodukce lesa. Na strukturu lesa má vliv především stanoviště. Čím je stanoviště úrodnější, tím jsou v jednotlivých stadiích větší odlišnosti ve struktuře porostů (Peňáz 1999).

Přírodní doubravy mají malou výškovou diferenciaci horní dubové vrstvy a poměrně homogenní tloušťkovou strukturu. Dolní a střední vrstvu výškově habr, buk, lípa a jiné doprovodné dřeviny. Duby ve spodní a často ve střední vrstvě asi polovinu trvání cyklu chybí. Na kyselých stanovištích jsou často přírodní dubové lesy jednovrstevné a spodní vrstva dubová ve formě podrostů se objevuje jen občas. Zastíněné stromy dubu se za přítomnosti horní a střední vrstvy neudrží. V porovnání s přírodními lesy ostatních dřevin je rozpětí věkové diferenciace horní dubové vrstvy malé a obvykle nepřesáhne 40 roků (Peňáz 1999).

Stadium rozpadu trvá 70 – 220 roků na ploše 19 – 50 %, probíhá v závislosti na půdních poměrech a konfiguraci terénu. Stadium rozpadu probíhá dost dlouho a na dost velké ploše, aby dub mohl poměrně dlouho vyrůstat v jistém stupni zastínění. Maximální překryv dvou generací je v dubových porostech 40 roků na ploše 9 – 11 %. Stadium rozpadu probíhá dvěma způsoby. Jedná se buď o pomístné (rozptýlené) odumírání dubů, jednotlivě nebo v hloučcích, případně vyvrácení jednotlivých dubů nebo hloučků sněhem, námrazou či větrem. Častější je však urychlený a velkoplošnější rozpad horní dubové vrstvy v časově úzce vymezeném, urychleném fyzickém dožívání staré dubové generace (Peňáz 1999).

2.3.4. Pěstování dubu v lesích v České republice

V ČR se ročně vysází kolem 7 mil. dubových sazenic, což odpovídá cca 700 ha zalesněné plochy. S dubem se zachází s jako pionýrskou dřevinou, sází se převážně na holinách, často i po velkých kalamitách. Tento postup není pro zachování genetického potenciálu dubu vhodný. Díky tomu patří dub mezi zdravotně ohrožené dřeviny. Dub by se měl pěstovat přírodě blízkým způsobem tj. maloplošnou clonnou sečí s delší obnovní a zmlazovací dobou a sečí skupinovitě výběrovou. Ty přispívají k zachování přirozeného genetického potenciálu a dlouhodobě dobrému zdravotnímu stavu (prirozenelesy.cz/node/10).

Mladé stromy dobře snáší šero a polostín. Holosečná nebo clonosečná obnova rychlým odcloněním náletů může být pro dub geneticky a zdravotně zákeřná, protože způsobuje genetický posun k pionýrskému typu. Tento jev se u klimaxových dřevin projeví zkrácením fyzického věku a s ním spojeným zhoršením zdravotního stavu. Obojí je spojeno s poklesem vitality a větší náchylnost k napadení parazity (prirozenelesy.cz/node/10).

Silně poškozené stromy mají menší listy, nekrotické deformace a zežloutnutí. Ve spojení s opadem části větví se koruny prosvětlují. Na silně poškozených dubech se našel velký počet mykoplasmům podobných organizmů, které byly známé jako rostlinné, lidské a živočišné patogeny (prirozenelesy.cz/node/10).

Duby bývají často napadeny žlabatkou, která způsobuje vznik hálek neboli duběnek na listech nebo na plodech, v nichž žijí larvy hmyzu. Duby mohou také odumírat v důsledku napadení krascovými brouky nebo houbami. Koruna se během dvou let silně prosvětlí, větve mají pouze zbytek olistění s trsnatými žlutě skvrnitými listy a na konci koruny jsou mrtvé větve (Hartman et al. 2001).

Dub je klimaxová dřevina, proto by se měl ustálit vhodný obnovní postup v intencích přirozené reprodukce, který by přispěl k zachování přirozeného rozsahu genotypů, růstového rytmu a adaptační kapacity. Odolnostní potenciál populace je ovládán šířkou genetické proměnlivosti. Čím je užší, tím méně může populace reagovat na změny prostředí. I to je tudíž důvod k takovému nakládání s populacemi dřevin, které bude zachovávat jejich genetickou proměnlivost v přirozeném rozpětí. Opačně se projevuje kultivace dubu na holinách. Přirozeně se dub obnovuje pod mateřským porostem tj. v místech s řídkým zakmeněním, nebo na holinách v řídkém přípravném porostu, třeba s olší (Kadlus 2005).

2.3.5. Faktory ovlivňující přežití semenáčků na výsypce

Přežívání semenáčků v lokalitách se spontánní sukcesí závisí na souhře ekologických faktorů. Semenáčky dubu se na výsypce šíří nejvíce na místa se spontánní sukcesí, rostou zde v zástínu jiných dřevin a substrát netrpí vysoušením. Tyto podmínky jsou pro dub jako klimaxovou dřevinu vyhovující. Dub je poloslunná dřevina, na vyprahlém svahu je nutno semenáčky dubu uvolňovat, aby se snížila konkurence o vodu a živiny. Zatímco na vodou i živinami obohaceném substrátu mohou semenáčky přežívat i v hlubokém zástínu (prirozenelesy.cz/node/10).

Důležitou roli hraje také budoucí mortalita semenáčků. Jádrem relativně funkční budoucí generace lesa jsou jedinci nad 20cm výšky přičemž potřebný minimální počet 50-130 cm vysokých jedinců přirozené obnovy je 150-200 ks/ha. Životaschopnost semenáčků ovlivňuje mnoho faktorů např. chronotopický vliv zvěře, nepříznivé klimatické podmínky, dlouhá perioda semenných let, světelné poměry, vnitrodruhová konkurence, konkurence přízemní vegetace, imise (Gubka, 2006).

Struktura a zápoj starších vysokých dřevin na výsypce ovlivňuje mikroklimatické faktory, reguluje množství a charakter světla, které proniká k podrostu. Velikost porušení zápoje je v prvních letech odrůstání semenáčků (Kupka et al. 2006). Na lokalitách s přirozenou obnovou lesních porostů vzniklých náletem dřevin, se tvoří kvalitní kořenový systém (Gubka 2006).

3. Metodika

3.1. Charakteristika zájmového území

Výzkum diplomové práce probíhal na Velké podkrušnohorské výsypce na Sokolovsku v západních Čechách, kde se provádí povrchová těžba hnědého uhlí. Sokolovská pánev se rozkládá na západ od Doupovských hor v okolí města Sokolov (Blažková 2000). Velká podkrušnohorská výsypka je tvořena systémem dílčích výsypků s celkovou plochou asi 1900 ha., patří mezi největší výsypky v ČR. Od roku 1960 do ní bylo uloženo přibližně 800 miliónů m³ nadložních zemin. Ukládání nadložních zemin na celé ploše výsypky bylo ukončeno v roce 2003 (Broumová et al. 2007). Velká podkrušnohorská výsypka se nachází kolem 450 až 520 m.n.m, s průměrnými ročními srážkami 650 mm a roční průměrnou teplotou 6,8°C (Šnajdr 2013).

Převážná část výzkumu probíhala na paralelně zvlněném povrchu výsypky, která byla ponechána spontánní sukcesi. Na tomto místě se terén vyznačuje podélnými řadami depresí a elevací, přičemž elevace je přibližně 1 až 2 metry nad spodní depresí a jednotlivé řady vln jsou od sebe 6 m (Helingerová et al. 2010).

Takto zvlněný povrch je vytvořen během návážení výsypkového materiálu těžkou technikou. Na většině plochy výsypky byly provedeny lesnické rekultivace, při kterých byl zvlněný povrch zarovnan (Frouz, Nováková 2005).

Díky zvlněnému povrchu vznikla v místech se spontánní sukcesí vysoká prostorová heterogenita prostředí. Na vrcholu vlny a v depresi byl pozorován jiný časový vývoj půdní bioty. Tento rozdíl je nejpatrnější v počátečních stádiích sukcese, která je charakterizovaná nízkým příkonem organické hmoty, v zimě značným zmrznutím půdy, v létě vysušením půdy a vysokým pH. Rozvoj keřů zvyšuje vstup organické hmoty a také vyšší pufranci schopnost půdy a zlepšení vlhkostních podmínek (Frouz, Nováková 2005).

3.2. Mapování semenáčků dubu letního

Mapování semenáčků dubu letního bylo provedeno ve východní části Velké podkrušnohorské výsypky na několika lokalitách (3 plochy se spontánní sukcesí a 4 plochy s rekultivací olší 20-30 let starých). Celková plocha spontánní sukcese a olšové rekultivace byla podobná, obě plochy byly rozmístěny podél severojižního gradientu přes výsypku a nacházely se v pásmu o přibližné šířce 3 km, které se táhne od severu k jihu (západní hranice daná linií 12°40'6.24"V a východní hranicí 12°42'41"V) podobně jako u předchozího mapování buků (Vobořilová 2011). Od okolní krajiny se tyto plochy jasně odlišují např. zvlněným terénem, stářím a homogenitou vegetace.

Na každé ploše bylo provedeno podrobné mapování, každý nalezený semenáček byl zaznamenán pomocí dvoufrekvenčního přijímače Trimble GeoExplore GeoXT 2005 a označen, aby nemohlo dojít k opakovanému zaznamenání. Trimble GeoExplore GeoXT 2005 je GPS systém pro pořizování a aktualizaci dat pro GIS, využívající řídicí software Trimble TerraSync pro sběr dat.

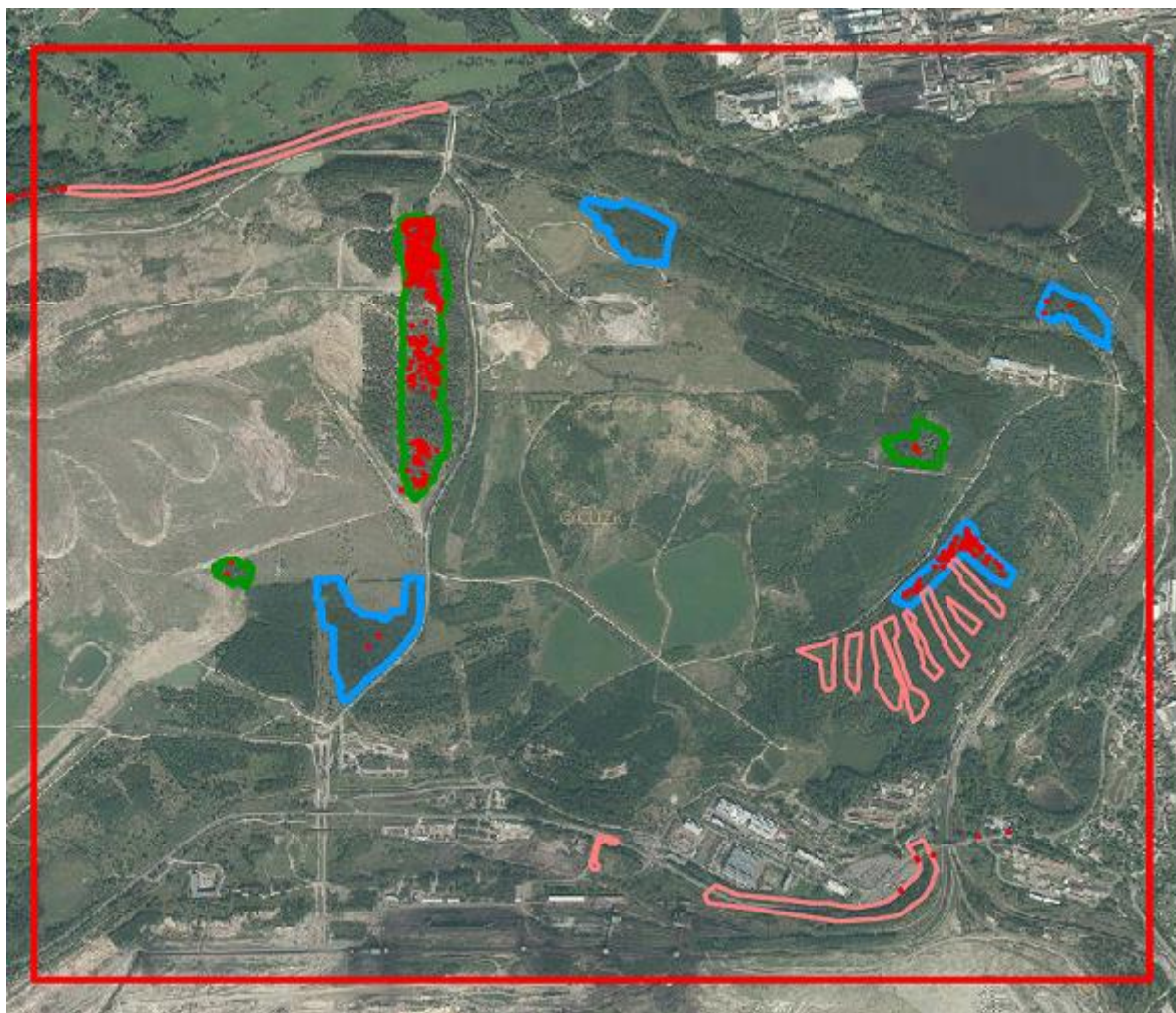
Na největší zkoumané lokalitě ve spontánní sukcesí se zvlněným terénem, bylo také určeno v jaké pozici na vlně semenáček roste tj. vrchol, severní svah, jižní svah, dno vlny a ostatní pozice byly definovány jako jiné.

Aby bylo možné zjistit závislost výskytu semenáčků od zdroje diaspor, byly zároveň s mapováním semenáčků mapovány všechny porosty vyrostlých dubů na výsypce a v jejím bezprostředním okolí .

3.3. Zpracování dat

Pomocí Geografického informačního systému a jeho hlavní součásti ArcMap 10. byly zpracovány vstupní data (polohopis, výškopis a ortofotomapy) a vytvořena mapa semenáčků a zdrojů diaspor na výsypce. Pro zpracování a korekci dat byl použit digitální geografický model území ČR (ZABAGED), který poskytuje Český zeměměřický a katastrální ústav. Jednotlivé mapované plochy na výsypce jsou zobrazeny jako různé polygony, které jsou barevně odlišeny podle toho, zda se jedná o polygon se zdrojem diaspor, spontánní sukcesí nebo olšovou rekultivací.

Mapa výsypky se zkoumanými polygony byla rozdělena čtvercovou sítí 25x 25 metrů pomocí nástroje Multiple Buffer. V každém čtverci, který byl v polygonu spontánní sukcese nebo olšové rekultivace, byl spočítán počet semenáčků, vzdálenost středu čtverce od nejbližšího polygonu se zdroji diaspor a celková plocha čtverce ležící v polygonu sukcese. Na základě těchto výsledků bylo určeno, jestli má vzdálenost zdroje diaspor význam pro šíření dubu letního na výsypce a jestli má vliv druh lokality (spontánní sukcese a olšinová rekultivace) na výskyt dubů.



Obr. č.1: Mapa zobrazující výskyt semenáčků na výsypce, modré polygony označují olšinovou rekultivaci, zelené polygony označují spontánní sukcese a růžové polygony označují zdroje diaspor. Semenáčky dubu jsou označeny červenou barvou

3.4 Experimenty se semenáčky dubu

Přežívání semenáčků dubu letního na 3 různých stanovištích a vliv okusu zvěře bylo testováno v experimentu, který byl založen v roce 2012. V textu bude tento experiment označen jako „oplocenky“.

Na tento experiment byly zakoupeny prostokořenné semenáčky dubu letního. Byly vybrány 3 pokusné plochy, spontánní sukcese, lesnická rekultivace s vzrostlými olšemi a volná plocha s travním porostem (*Calamagrostis epigeios*). Na každou plochu bylo vysázeno 24 semenáčků z toho 12 do oplocenky a 12 mimo oplocení. Pletivo, které bylo použito na oplocenky, mělo velikost ok přibližně 15 x 10 cm. Rozestupy mezi semenáčky byly přibližně 45 cm.

Nejprve bylo porovnáno přežití a přírůstek semenáčků dubu na dvou vegetačně různých plochách s oplocením a bez oplocení. Tento pokus porovnává prospívání semenáčků v oplocence, která zamezuje okusu zvěří a mimo oplocení. Semenáčky byly přepočítány a změřena délka jejich přírůstku v cm. Délka přírůstku byla porovnána pomocí dvoucestné ANOVA, kde jako faktor bylo použito stanoviště a okus (resp. oplocenka).

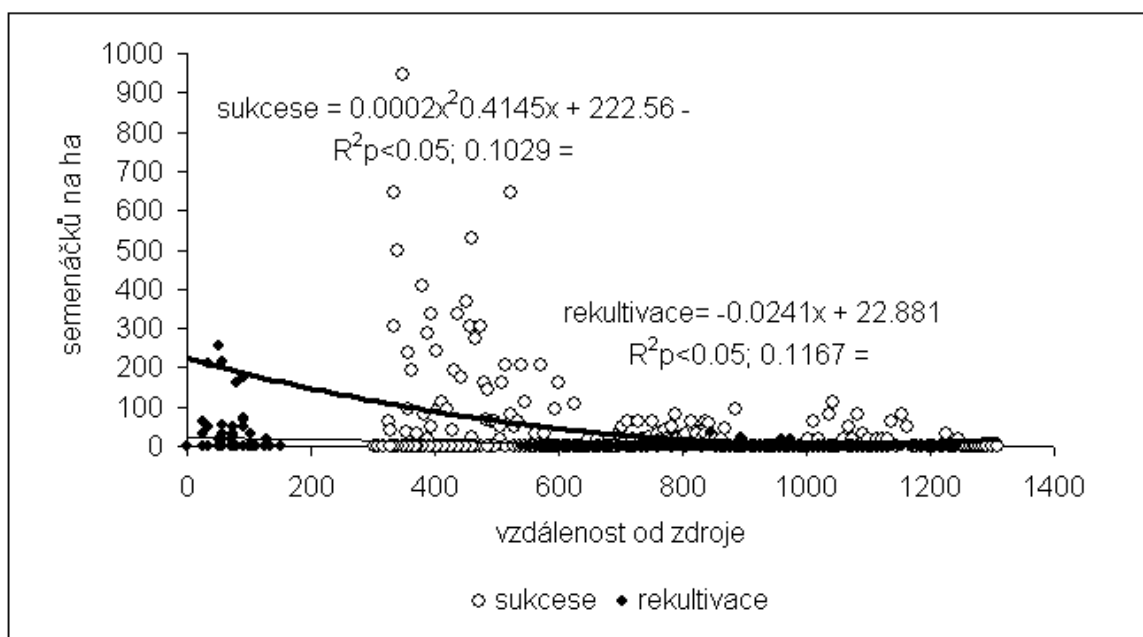
4. Výsledky

4.1 Distribuce dubu letního na výsypce

Z celkového počtu nalezených semenáčků na výsypce (757) byla většina semenáčků nalezena ve spontánní sukcesi (657) a 98 semenáčků bylo nalezeno v olšinové rekultivaci.

Ke zjištění vlivu vzdálenosti zdroje diaspor na distribuci semenáčků na výsypce byl použit generalizovaný lineární model (GLM) ANOVA, který umožňuje hodnotit závislost počtu semenáčků na více parametrech prostředí. Jako graduální parametr prostředí byla hodnocena vzdálenost od zdroje diaspor a jako kategoriální proměnná byla zavedena „umělá veličina“, která nabývá hodnot 1, pokud se semenáček nachází ve spontánní rekultivaci nebo 0, pokud se nachází v olšinové rekultivaci.

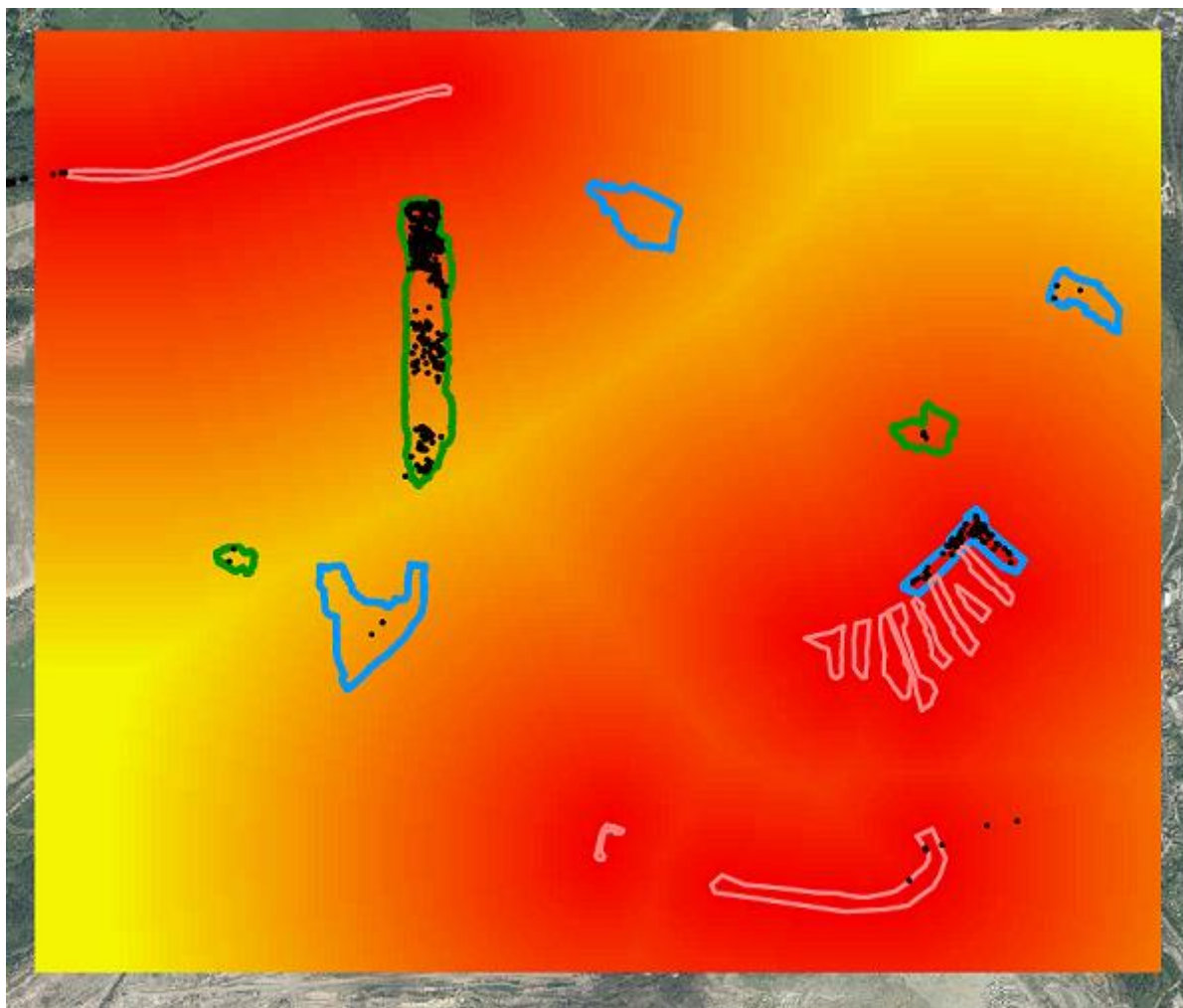
Byl prokázán signifikantní vliv vzdálenosti od zdroje diaspor na počet semenáčků ($p < 0,0001$), s rostoucí vzdáleností od zdroje diaspor klesá počet semenáčků. Tento fakt byl prokázán ve spontánní sukcesi i v olšinové rekultivaci. Spontánní sukcese má signifikantní vliv na růst semenáčků ($p < 0,0001$) (Obr.č.2 Tab.č.1). Signifikantně větší hustota semenáčků byla nalezena v sukcesních plochách. Z grafu je možné vyčíst, že křivka znázorňující počet semenáčků v závislosti od zdroje diaspor je charakterizovaná polynomem druhého řádu, zatímco výskyt semenáčků v rekultivaci je lineárně závislá na vzdálenosti od zdroje diaspor.



Obr. č.2: Vliv vzdálenosti zdroje diaspor na počet semenáčků na ha

Zdroj variability	Součet čtverců SS	Počet stupňů volnosti	Průměrný čtverec MS	Testovací kritérium F	p
Intercept	0,004296888	1	0,004296888	80,34041105	0
vzdálenost	0,002022647	1	0,002022647	37,81813415	1,37E-09
sukcese	0,002106204	1	0,002106204	39,38043381	6,43E-10
Error	0,034229456	640	5,34835E-05		

Tab.č.1: Hodnoty výpočtu generalizovaného lineárního modelu ANOVA

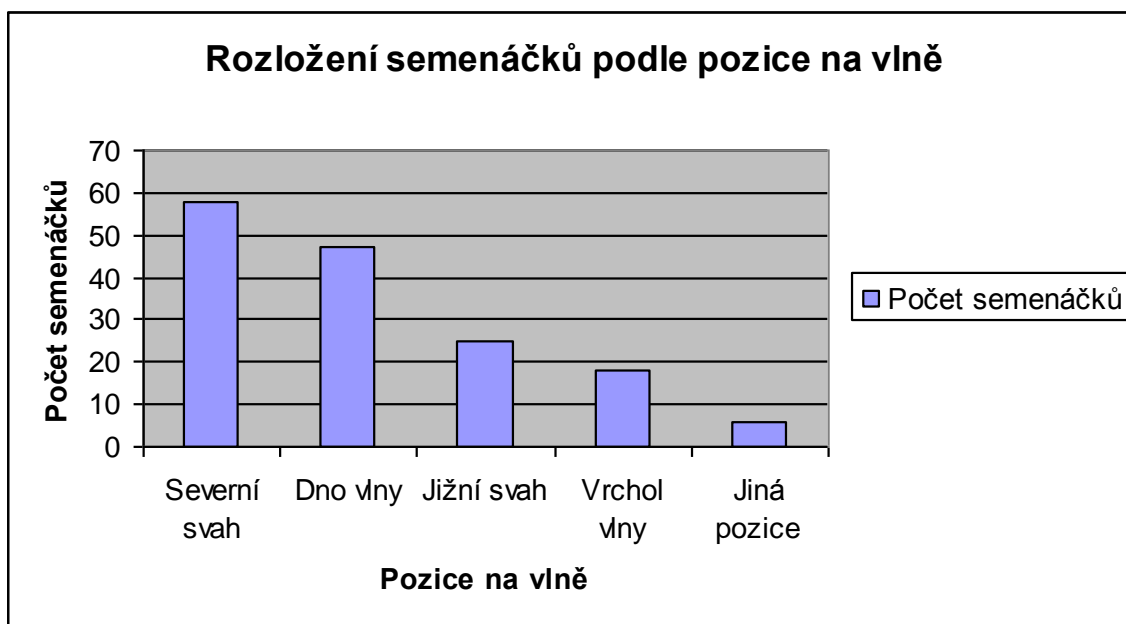


Obr.č.3: Rastr vzdáleností výskytu semenáčků od polygonů, červená barva charakterizuje nejbližší vzdálenost a žlutá barva nejdelší vzdálenost od zdroje diaspor

4.2 Vliv mikrostanovištních podmínek na vlně na distribuci semenáčků

Na největší lokalitě spontánní sukcese bylo nalezeno celkem 652 semenáčků. U části z nich (154) jsem určila v jaké pozici na vlně rostou. K tomuto účelu byly definovány pozice vrchol, severní svah, jižní svah, dno vlny a ostatní pozice byly definovány jako jiné.

Použitím chí- kvadrát testu jsem zjistila, že rozdělení četností semenáčků na jednotlivých vlnách se významně liší od rovnoměrného rozdělení ($p < 0,0001$). Z toho můžeme usoudit, že na různých pozicích na vlně jsou různé mikrostanovištní podmínky. Nejlepší podmínky pro růst semenáčků poskytuje severní svah a dno vlny (Obr.č.4).

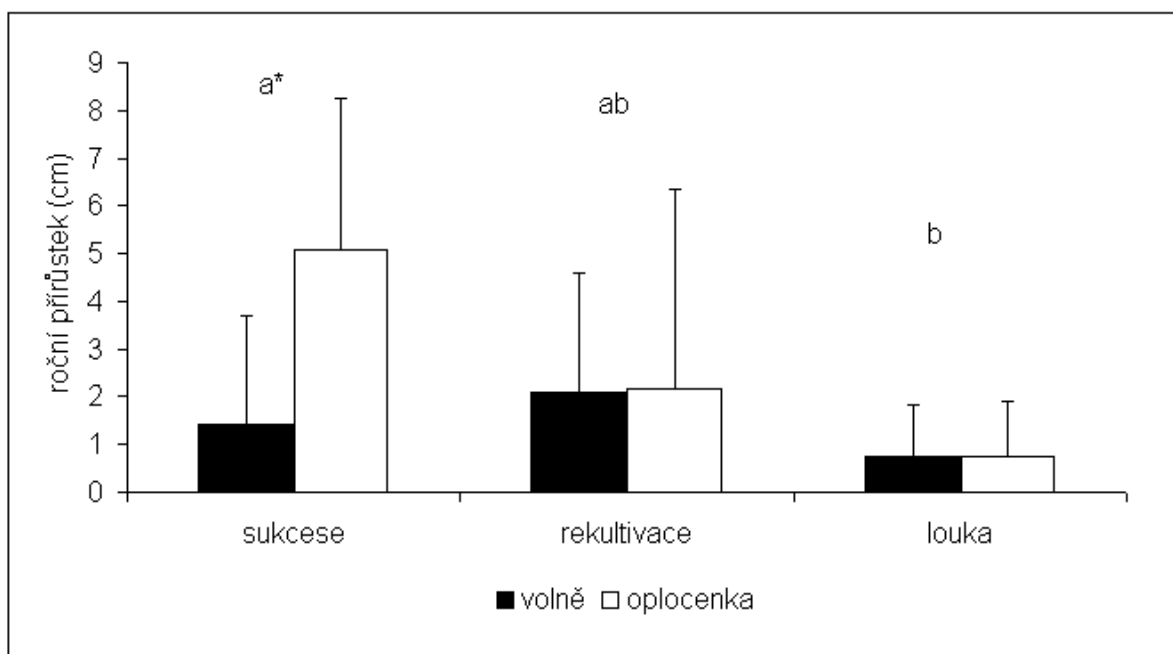


Obr.č.4: Rozložení semenáčků podle pozice na vlně ve spontánní sukcesí

4.3. Přežívání semenáčků na různých lokalitách

Pomocí dvoucestné ANOVY byl prokázán signifikantní vliv stanoviště na přežití a růst zakoupených sazenic dubu letního a marginálně signifikantní vliv oplocenek. Nejlépe se sazenicím dařilo ve spontánní sukcesi a jedině tam byl prokázán signifikantní vliv oplocenek na přírůstek dubu letního. Tento fakt potvrzuje hypotézu, že spontánní sukcese je nejvhodnější pro růst dubu letního na výsypkách a že na tomto stanovišti má negativní vliv okus zvěří. V olšinové rekultivaci a na volné ploše porostlé trávou měly sazenice vysokou mortalitu a malé přírůstky, na těchto plochách neměly oplocenky signifikantní vliv. Z grafu je ale vidět, že sazenice měly větší přírůstky v rekultivaci než na louce. Mezi oplocenou a volnou plochou nebyly na těchto stanovištích rozdíly v přírůstcích.

Obr.č.5. znázorňuje roční přírůstek sazenic dubu letního v sukcesi, v olšové rekultivaci a na volné ploše porostlé trávou (louka). Statisticky homogenní skupiny jednotlivých ploch jsou označeny stejnými písmeny a nebo b, byly identifikované pomocí post hoc analýzy metodou LSD (Lest Significant Difference), která spočívá v porovnávání průměrů všech dvojic ploch.



Obr.č.5: Roční přírůstek sazenic dubu letního na různých plochách

5. Diskuze

Většina semenáčků dubu letního byla nalezena ve spontánní sukcesi a také manipulační výsadbové pokusy ukazují, že dubové semenáčky se lépe uchycují a rostou na sukesních plochách. Tyto výsledky souhlasí s podobnou studií prováděnou na stejných plochách s uchycením buků (Vobořilová, 2011) Dub letní patří mezi klimaxové druhy, je proto vhodným indikátorem kvality prostředí. Klimaxové dřeviny mají vyšší nároky na prostředí než pionýrské druhy dřevin, vyžadují vlhčí a humózní substrát (Clements 1936).

Jeden z cílů této diplomové práce bylo potvrdit myšlenku, že spontánní sukcese je vhodná volba pro obnovu ekosystémů na výsypce a měla by se využívat ve větší míře. V České republice je uznána jako dobrý způsob obnovy narušených míst pouze na 0,05% lokalit. Spontánně obnovená místa obvykle vykazují vyšší prostorově-časovou heterogenitu a tím vyšší biodiverzitu než technicky obnovená stanoviště (Prach 2009), (Frouz, Prach, et al. 2008).

Tato diplomová práce navazuje na výzkum šíření buku lesního na výsypce, který také patří mezi klimaxové dřeviny. U obou dřevin bylo prokázáno, že se jim lépe daří ve spontánní sukcesi s porostem jívy (*Salix caprea*), břízy bělokoré (*Betula pendula*) a topolem osikou (*Populus tremula*) (Frouz et al., 2008). Byla zde nalezena většina semenáčků a vysazené sazenice zde měly největší přírůstky na rozdíl od sazenic v rekultivacích. To je zřejmě způsobeno mnoha faktory.

Terén ve spontánní sukcesi je půdně i prostorově heterogenní. Je tvořen vlnami, které jsou vytvořeny nasypáním substrátu. Vlny jsou asi 1-2 metry vysoké a vzdálené od sebe kolem 6 metrů (Helingerová et al. 2010). Heterogenita terénu poskytuje různorodé mikrostanovištní podmínky (pH, vlhkost, teplota, intenzita slunečního záření, edafické podmínky i druhové složení vegetace) a ovlivňuje průběh sukcese (Walker a del Moral, 2003). Prostorová heterogenita může také snižovat erozi a napomáhat spontánnímu zarůstání (Harmáčková 2011).

Většina semenáčků dubu letního byla nalezena na severních závětrných svazích, stejně tomu bylo i u semenáčků buku (Vobořilová 2011). Semenáčky klimaxových dřevin rostou lépe v zastínění a s dostatkem vody (Kadlus 2005), proto byla nalezena většina semenáčků na severním svahu (38%), který není tolik vystaven slunci a je závětrný, je tu větší vlhkost a je závětrný.

Právě půdní voda je limitující faktor pro růst semenáčků, protože většina čerstvě navaženého substrátu na výsypce je nenasycená vodou. To je způsobeno značnou pórovitostí substrátu, který obsahuje tabulární, planární a mezerovité póry. Tyto póry výše specifikovaných tvarů mají rozdílné velikosti a stávají se preferenčními cestami pro pohyb vody, tj. atmosférických srážek jako jediného zdroje půdní vody na všech výsypkách v první fázi rekultivačního cyklu. Tato časová strukturální proměna je závislá na primárních formách zpevnění a v časové posloupnosti také na volbě způsobů rekultivace (zemědělská, lesnická, ostatní). Velikost pórů tabulárních, planárních a mezerovitých různých geometrických tvarů a velikosti je proměnnou veličinou závislou také na rhizologické hloubce a množství kořenových soustav voleného druhu lesních dřevin. Zároveň je zcela určující pro volbu dřevin a jejich „úspěch“ při lesnické rekultivaci (Kupka, Dimitrovský 2011).

Substrát na jednotlivých vlnách má různorodé fyzikální a chemické vlastnosti. Je tvořen vytěženým sedimentem různého geologického i pedologického původu, může se v něm nacházet různé množství uhlí a půdních bloků. Chemická heterogenita je způsobena různou oxidací materiálu, díky odvodnění nebo dočasné expozici atmosféry (Gerke et al., 1998).

Také půdní textura na vlnách je heterogenní a může ovlivňovat růst semenáčků. Na vrcholech vln má jílový materiál spíše lamelovou strukturu, zatímco v údolích vln je substrát tvořen drobnými úlomky a amorfni hmotou (Frouz a Nováková 2005).

Na rozšíření dubu letního může mít také vliv zhutnění substrátu, ke kterému dochází při zarovnávání terénu těžkou technikou (Smolík et. al 2010). Na lokalitách s přirozenou obnovou lesních porostů vzniklých náletem dřevin, se tvoří kvalitní kořenový systém (Gubka 2006). Zarovnaný terén je prakticky na celé výsypce kromě nerekulitovaných spontánní sukcesí. Zarovnaním terénu se sníží prostorová heterogenita. Zhutněný substrát má nižší pórovitost, nižší infiltraci a aeraci, větší tendenci k vodní erozi. Snížením provzdušňování půdy se omezuje růst kořenů a zmenšuje plocha vegetačního krytu (Naghdil et al. 2007).

Šíření dubu letního je ovlivněno vzdáleností od zdroje diaspor, s rostoucí vzdáleností od zdroje diaspor klesá počet semenáčků. Nejvíce semenáčků bylo nalezeno ve spontánní sukcesí na severním okraji výsypky, kde výsypka sousedí s okolní krajinou. Také v rekultivované ploše bylo nalezeno nejvíce semenáčků v rekultivaci v bezprostřední blízkosti zdrojů diaspor. Na ostatních rekultivovaných plochách, které ležely ve větší vzdálenosti od zdrojů diaspor, bylo nalezeno jen několik jedinců.

Hustota semenáčků se v sukcesí nesnižovala od severního okraje výsypky rovnoměrně, semenáčky se nevyskytovaly na zatravněných vlnách s absencí keřů a stromů.

Na těchto plochách nebylo dostatek zastínění, které semenáčky preferují. Přímé záření významně ovlivňuje teplotu a vlhkost půdy (Špulák 2009).

Hustota semenáčků se snižuje směrem od zdroje diaspor. Největší hustota semenáčků je na severním okraji výsypky ve spontánní sukcesi. Na severním okraji výsypky v sukcesi bylo nejvíce patrné shlukování semenáčků. Shlukování sazenic je způsobeno zoochorií. Míra shlukování klesala se vzdáleností od zdroje diaspor a s nižší denzitou semenáčků. Tento jev prokázali i Bleher a Oberrath (2002).

Nejdelší zjištěná vzdálenost semenáčku od zdroje diaspor byla 1300 metrů. Vzhledem k velikosti semen to potvrzuje hypotézu, že jsou semena dubu roznášena zoochorně, pravděpodobně divokým prasetem, sojkou obecnou nebo hlodavci. Do vzdálenosti 30 metrů se na zoochorii podílí většinou hlodavci. Na delší vzdálenost se semena roznáší především ptáky. Šíření semen dubů na velké vzdálenosti je pravděpodobně dílem sojky obecné (Nilsson 1985). Bossema (1979) provedl studii sojky obecné v Nizomesku a zjistil, že sojka obecná (*Garrulus g. Glandarius*) se živí převážně žaludy. Velké množství žaludů hromadí a schovává na mnoha různých místech na dobu kdy nejsou dostupné. Mnoho žaludů vyklíčí, takže sojky hrají významnou roli v reprodukci a šíření dubů.

Jensen a Nielsen (1986) přisuzují největší zásluhu na rozšiřování dubového lesa v Dánsku hlodavcům. Za posledních 100 let rozšířili dubový les o 300 metrů. Také zde byly sazenice nacházeny ve shlucích, což podle nich způsobují právě hlodavci. Hlodavci roznášely žaludy do vzdálenosti kolem 34 metrů od mateřského stromu (v průměru $15,3 \pm 8,2$ metru).

Zaujala mne studie zabývající se predací žaludů a sazenic korkového dubu (*Quercus suber L.*) v jižním Španělsku (Herrera 1995). Výsledky můžou přiblížit jak probíhá zoochorie na výsypce.

Všechny žaludy, které autor rozmístil pod stromy volně na zem, byly spotřebovány než mohly vyklíčit. V prvním týdnu bylo spotřebováno 90% žaludů, ale 40% žaludů zmizelo už během 5 hodin. Na predaci se podílela hlavně vysoká zvěř a divoká prasata. Žaludy ležící na povrchu 100 metrů od stromů spotřebovaly divoká prasata, několik žaludů však opomněly. Když prasata zjistila přítomnost žaludů na povrchu, začala vyhrabávat i zahrabané žaludy, unikl jim pouze jeden žalud pod zemí. Pod hustými křovinami zmizely všechny žaludy z povrchu i ukryté pod zemí. Nebyly zde nalezeny stopy velkých savců, predace byla pravděpodobně dílem hlodavců. Žaludy pod rozvolněnými křovinami rozmístěné na zemi

byly také 100 % spotřebovány, ale žaludy zahrabané pod povrchem vykazovaly menší predaci 52%. Nejmenší predace byla 38% u zahrabených žaludů pod hustými křovinami.

Z této studie usuzují, že vysoké procento žaludů z mateřských stromů v okolí výsypky spotřebují obratlovci. Nějakou část žaludů sežerou, nějaké žaludy si hlodavci nebo sojky schovají na „horší časy“. Tyto žaludy mohou vyklíčit. Otázkou je kolik procent sežraných žaludů je šířeno endozoochorně tzn. projde trávicím traktem zvířat.

Snižování disperze semen od zdroje diaspor potvrdili i Godoy a Jordano, semena se od mateřského stromu šíří nejčastěji do 10 m, v 65% případů je disperzní vzdálenost menší než 20 metrů. Do vzdálenosti 30 metrů se však zoochorie prolíná s barochorií (Godoy, Jordano 2001).

Různé druhy dřevin se šíří na různou vzdálenost. Ribbens vypracoval model pro 10 různých stromů, kde byly určeny 4 kategorie. Buk byl zařazen do kategorie s velmi omezenou disperzní vzdáleností do 6 metrů. Dub byl zařazen do druhé kategorie s disperzní vzdáleností 6-12 metrů (Ribbens et al. 1974).

Také výsledky z experimentu „oplocenky“ ukazují, že spontánní sukcese poskytuje semenáčkům lepší podmínky. Sazenice dubu vykazovaly největší přírůstky ve spontánní sukcesi v porovnání s vysazenými sazenicemi na travnaté ploše nebo v olšinové rekultivaci. Ke stejnému výsledku došla i Vobořilová (2011) s předchozím výzkumu buků.

Z výsledků jsem usoudila, že růst semenáčků ovlivňuje okolní vegetace. Dřeviny v sukcesi poskytují zastínění, je zde eliminováno bylinné patro, čímž je snížena konkurence. U sazenic vysazených v sukcesi byl prokázán signifikantní vliv oplocenek. Okus zvěří má tedy vliv na přežívání semenáčků na výsypce. Výhodou sukcese je, že křoviny mohou semenáčkům poskytovat ochranu proti herbovorům, díky zvlněnému terénu je zde snížena průchodnost. Zvěř má v sukcesi širší výběr potravy než na travnaté ploše.

Negativní vliv okusu zvěří se dal očekávat, protože v hospodářských lesích na nejmladších porostech je poškozeno každoročně asi 40% stromů. Poškození ohryzem a loupáním ve středně starých porostech je kolem 30 %. Intenzivní okus dřevin zvěří vede na řadě lokalit k podstatným zásahům do umělé i přirozené obnovy lesa. Obnova je zpožďována, dřeviny ztrácí na přírůstek i kvalitě, zvyšuje se jejich mortalita. Díky selektivnímu okusu dochází ke znatelným změnám dřevinné skladby, vzácné dřeviny s vyšší

potravní atraktivitou jsou často z obnovy zcela vyloučeny. Důsledky tohoto vlivu jsou zřejmé jak na úrovni hospodářské, tak úrovni ekologické – omezování uplatnění přirozených adaptačních procesů, predispozice pro jiná poškození (např. suchem), snižování druhové diverzity. Nejvýznamnějším důsledkem tohoto poškození je hniloba pevníku krvavějícího (*Stereum sanguinolentum*). Pevníkem je většinou zasažena více než polovina poškozených stromů. Hniloba postupuje kmenem podle podmínek různou rychlostí, nejčastěji v rozmezí 10 až 50 cm za rok, v extrémním případě byl zjištěn vertikální postup až 70 cm za rok (Čermák, Mrkva 2007).

Naproti tomu Crawley (1985) ve svém výzkumu dubu letního došel k výsledku, že poškození herbivory nesnižuje reprodukci, neovlivňuje růst ani přežívání dubu letního. Na výsypce je však nedospělá populace, která není srovnatelná s populací, na které Crawley prováděl výzkum.

Nejnižší roční přírůstky vykazovaly semenáčky na travnaté ploše. Travnatá plocha neposkytuje semenáčkům zastínění, které jako klimaxové dřeviny preferují zvláště v iniciální fázi růstu (Aldrich et al. 2003). Na travnaté ploše je druhově chudé společenstvo, s převahou konkurenčně silného druhu třtiny křovištní (*Calamagrostis epigejos*), její šíření podporují i uměle vnesené živiny a organický materiál (Prach a Hobbs, 2008).

Kolem 10. roku se na zatravněných plochách začnou objevovat dřeviny nejčastěji bez černý, bříza bělokorá a ostružiníky, později se přidávají jiné. Třtina v zástínu dřevin postupně vymizí. Vývoj porostu přirozenou sukcesí by po mnoha desetiletích pravděpodobně vedl k vytvoření listnatého lesa s převahou dubu, odpovídajícího zdejšímu klimatickým a půdním podmínkám (Zelený, Česká 2000).

Ani olšínová rekultivace neposkytovala podle ročních přírůstků sazenicím vhodné podmínky. V porovnání s travnatou plochou se zde ale semenáčkům dařilo o něco lépe. Horší podmínky pro růst semenáčků v rekultivaci oproti sukcesí dokazuje i znatelně menší počet nalezených semenáčků v rekultivaci. Nízký počet nalezených semenáčků a menší roční přírůstky sazenic v rekultivaci si vysvětlují tím, že v olšínové rekultivaci je vyšší konkurence travin s převahou *Calamagrostis epigejos*. Negativní vliv zde může mít i zhutnění půdy a jiný vývoj půdy v porovnání se sukcesí díky vyššímu přísunu dusíku do půdy.

Lesnická rekultivace používá celou škálu dřevin, jejichž využití se opírá o znalost historie i současných výsledků při realizaci rekultivačních prací v oblasti těžby nerostných

surovin. Z hlediska nenáročnosti dřeviny na úpravu substrátu, kterou je míněna především nutnost úpravy chemické reakce a pórovitosti svrchních vrstev antropogenních substrátů, jsou nejvhodnější olše, břízy, dále topol bílý a topol osika, vrby (lýkovcová a plazivá), jeřáb ptačí, lípa malolistá a z jehličnatých dřevin modřín opadavý. (Kupka, Dimitrovský 2011).

Olše lepkavá (*Alnus glutinosa L. Gaertn.*) je rekultivačně cenná dřevina, použitelná je i jako dřevina meliorační nebo pomocná. Její výhodou je, že obohacuje půdu o dusík, tvoří symbiotický vztah s bakteriemi rodu *Rhizobium*. Na postranních kořenech jsou hlízky s bakteriemi fixující dusík. Půdu dusíkem obohacuje i opad listů (Čermák, Ondráček 2006). Pokud půda neobsahuje žádný dusík je olšinová rekultivace výhodnější než hnojení dusíkem. Hnojení vyřeší deficit dusíku jen krátkodobě nebo jen velmi omezené množství, je také výhodná výsadba olší (Skousen, Zipper 2011).

6. Závěr

Výsledky této diplomové práce potvrzují naše hypotézy. Šíření dubu letního je ovlivněno vzdáleností od zdroje diaspor, s rostoucí vzdáleností od zdroje diaspor klesá počet semenáčků. Nejvíce semenáčků bylo nalezeno ve spontánní sukcesi na severním okraji výsypky. Semenáčky dubu letního se šíří na velké vzdálenosti i 1300 metrů od zdroje diaspor, rozšiřování semen na výsypce je většinou způsobeno zoochorií.

Uchycení semenáčků dubu letního souvisí s podmínkami na stanovišti. Nejlepší podmínky pro růst semenáčků poskytuje spontánní sukcese, kde byla nalezena většina z mapovaných semenáčků. Uchycení semenáčků souvisí s mikromorfologií terénu. Nejvhodnější podmínky spontánní sukcese jsou na severních svazích zvlněného povrchu, kde rostlo nejvíce semenáčků.

V experimentu „oplocenky“ byl prokázán vliv okusu zvěří na přežívání volně rostoucích semenáčků ve spontánní sukcesi. Vysazeným sazenicím se nejlépe dařilo ve spontánní sukcesi, kde byl prokázán signifikantní vliv okusu zvěří na růst sazenic. Sazenice, které byly vysazeny na volné ploše s travním porostem (*Calamagrostis epigejos*) a v olšínové rekultivaci, vykazovaly menší roční přírůstek a vyšší mortalitu, oplocenka zde neměla pozitivní vliv na jejich růst. Nejmenší přírůstek měly sazenice vysazené na travnaté ploše.

V této diplomové práci navazující na diplomovou práci „Faktory ovlivňující šíření buku lesního (*Fagus sylvatica*) na výsypce po těžbě uhlí“, bylo zjištěno, že dub letní a buk lesní mají velmi podobné nároky pro svůj růst. Jakožto zástupci klimaxových dřevin, které mají vyšší nároky na podmínky prostředí než pionýrské dřeviny, potvrzují hypotézu, že spontánní sukcese vytváří hodnotnější ekosystémy na výsypkách.

Tyto poznatky by měly sloužit k tomu, aby se při obnově krajiny postižené těžbou více využívala spontánní sukcese. Spontánní sukcese zvyšuje přirozenou hodnotu narušené lokality, zlepšuje ekosystémové funkce a služby, jakou jsou produktivita a ochrana proti erozi (Prach, Hobbs 2008).

7. Použitá literatura

- Aas G., Riedmiller A. (1997): Stromy kapesní atlas, Nakladatelství Slováry, s.r.o., Praha
- Aldrich P.R., Parker G.R., Ward J.S. (2003): Spatial dispersion of trees in an old-growth temperate hardwood forest over 60 years of succession, *Forest Ecology and Management* 180, p. 475–491
- Baldrian P., et al.(2008): Enzyme activities and microbial biomass in topsoil layer during spontaneous succession in spoil heaps after brown coal mining, *Soil Biology & Biochemistry* 40, p.2107–2115
- Blažková M. (2000): Těžba hnědého uhlí a její vliv na krajinu Podkrušnohorské hnědouhelné pánve, Sborník příspěvků z mezinárodní konference I., Univerzita J.E. Turkyň v Ústí nad Labem, p. 5-8
- Bleher B., Oberrath R., Böhning-Gaese K. (2002): Seed dispersal, breeding system, tree density and the spatial pattern of trees – a simulation approach, *Basic Appl. Ecol.* 3, p.115–123
- Bossema I. (1979): Jays and oaks: An eco-ethological study of a symbiosis. *Behaviour*, Vol. 70, p. 1—117
- Bradshaw, A. (1993): The reconstruction of ecosystems, *J Appl Ecol* 20, p. 1-17
- Broumová H., Novotná K., Šimová I. (2007): Výsypka po těžbě hnědého uhlí – unikátní krajinný novotvar, Laboratoř aplikované ekologie, Zemědělská fakulta, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
- Burrows F. M. (1975): Wind-borne seed and fruit movement, *New Phytol* 75, p. 405–418.
- Clements F. E. (1936): *Nature and Structure of the Klimax*, The Journal of Ecology, Published by: British Ecological Society, Vol. 24, p. 252-284
- Crawley M. J.(1985): Reduction of oak fecundity by low-density herbivore populations, *Nature* Vol. 314, p.163-164.
- Čermák P., Ondráček, V. (2006): Rekultivace antropozemí výsypek severočeské hnědouhelné pánve, Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha
- Čermák P., Mrkva R. (2007): Škody zvěří – neřešený eskalující problém, *Zpravodaj ochrany lesa / Setkání lesníků tří generací*, p. 39-45
- Dočkal M. (2009): Rekultivace nejen po těžbě, ČVUT v Praze f. Stavební katedra hydromeliorací a krajinného inženýrství
- Dunger W. (2004): Possibilities of soil duality assessment in reclaimed land, *Peckiana*, Vol. 3., p. 47-67
- Fenner M. (2000): *Seeds: The Ecology of Regeneration in Plant Communities*, 2nd Edition, Gabi publishing,

- Frouz J. (1997): The effect of vegetation patterns on oviposition habitat preference: A driving mechanism in terrestrial chironomid (Diptera : Chironomidae) succession, *Researches on Population Ecology* 39, p. 207-213
- Frouz J. (1999): Návrat přírody do krajiny poznamenané těžbou uhlí, Sokolovská uhelná, a.s.,
- Frouz J., 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, p.54– 64
- Frouz J. et al. (2006): Effects of soil macrofauna on other soil biota and soil formation in reclaimed and unreclaimed post mining sites: Results of a field microcosm experiment, *Applied Soil Ecology* 33, p. 308–320
- Frouz J. et al. (2007): The effect of litter quality and soil faunal composition on organic matter dynamics in post-mining soil: A laboratory study, *Applied soil ecology* 37, p. 72 – 80
- Frouz J., Prach K. (2008): Interaction between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites, *European Journal of soil biology*, Vol. 44, p.109-121
- Frouz, J., et al. (2008): Soil biota development in areas affected by open coast coal mining in Europe and its role in soil biota formation, *Coal Mining: Research, Technology and Safety*, p. 119-137
- Fuentes M. (2000): Frugivory, seed dispersal and plant community ecology, *Trends in ecology & evolution*, Vol.15, Issue 12, p. 487-488
- Gadgil M., Solbrig O.T. (1972): The concept of r- and K- selection: Evidence from wild flower and some theoretical considerations, *The american naturalist*, Vol.106, No 947., p 14-31
- Gerke H.H., Molson J.W., Frind E.O. (1998): Modelling the effect of chemical heterogeneity on acidification and solute leaching in overburden mine spoils, *Journal of Hydrology* 209, p.166-185
- Glenn-Lewin D. C., Peet R. K., Veblen T. T. (1992): *Plant succession: theory and prediction*. Chapman & Hall, London
- Godoy J.A., Jordano P. (2001): Seed dispersal by animals: exact identification of source trees with endocarp DNA microsatellites. *Molecular Ecology*, Vol.10, p. 2275– 2283
- Grime J. P. (1981): *Plant strategies and vegetation processes*, John Wiley & Sons, Chichester
- Gubka K. (2006): Effects of the altitude change on the structure of the soil protective and anti-erosive function, *Stabilization of forest functions in biotopes disturbed by anthropogenic activity*, *Proceedings of conference in Opočno*, p. 537-544.

- Haneca K., Cufar K., Beeckman H. (2009): Oaks, tree-rings and wooden cultural heritage: a review of the main characteristics and applications of oak dendrochronology in Europe, *Journal of Archaeological Science* 36, p.1–11
- Harmáčková V.Z. (2011): Diplomová práce: Modelování vlivu prostorové heterogenity výsypek na rozvoj půdy a vegetace, Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta
- Hartmann G., Nieshaus F., Butin H. (2001): Atlas poškození lesních dřevin, Nakladatelství Brázda, s.r.o.,
- Helingerová M., Frouz J., Šantrůčková H.(2010): Microbial activity in reclaimed and unreclaimed post-mining sites near Sokolov (Czech Republic), *Ecological Engineering* 36, p.768–776
- Herrera J.(1995): Acorn predation and seedling production in a low-density population of cork oak (*Quercus suber* L.), *Forest Ecology and Management*, Vol. 76, p.197–201
- Hodačová D., Prach K. (2003): Spoil Heaps From Brown Coal Mining: Technical Reclamation Versus Spontaneous Revegetation, *Restoration Ecology* 11, p.385-391
- Howe H.F., Smallwood J. (1982):Ecology of Seed Dispersal, *Annual Review of Ecology and Systematics*, Vol. 13, p. 201-228
- Chmelár Š., Záhora J (2011): Microbial soil acidity in soil spontaneously emerginc on naked rocks, *MENDELNET*, p.338-348
- Jeník J. (1957): Kořenový systém dubu letního a zimního, *Rozpravy Československé akademie věd* 67, sešit 14
- Jeník J. (1995): Ekosystémy. Úvod do organizace zonálních a azonálních biomů. Univerzita Karlova, Praha
- Jensen T.J., Nielsen T.S.(1986): Rodents as seed dispersers in a heath — oak wood succession, *Oecologia* ,Vol. 70, p. 214-221
- Jeschke J.M., Gabriel W., Kokko H. (2008): r-Strategist/K-Strategists, *Encyclopedia of Ekology*, p. 3113-3122
- Kabish S.(2004): Revitalisation changes for communities in post mining landscape, *Peckiana*, Vol. 3, p. 87-99
- Kadlus Z. (2005): Poznámky k pěstování dubu, *Lesnická práce*, Ročník 84, č. 4/05
- Klimecký O., et al.(1997): Hnědé uhlí v České republice, PULFORD spol. s.r.o. Praha
- Kolář T., Kyncl T., Rybníček M. (2012): Oak chronology development in the Czech Republic and its teleconnection on a European scale, *Dendrochronologia* 30, p. 243-248
- Kovář P.(2004): Natural recovery of human-made deposits in landscape (biotic interactions and ore/ash-slag artificial ecosystems), *Academia*, Praha, Czech Republic.

- Krebs Ch. J. (2001): Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance, Benjamin Cummings, San Francisco
- Kremer B., P. (2003): Průvodce přírodou, Stromy, Eromedia Group - Knižní klub v Praze, p. 136-138
- Kubát K., Machová I.(2010): Šíření autochtonních dřevin na neobhospodařovaných pozemcích v JZ. části Českého středohoří (SZ. Čechy), *Studia Oecologica* IV/2010
- Kupka I., Ulbrichová I., Remeš J.(2006): Rešerše k problematice obnovy horských lesů, Průběžná zpráva za řešení projektu 2B06012 Management biodiversity v Krkonoších a na Šumavě v roce 2006, Editor K. Matějka, Praha
- Kupka I., Dimitrovský K. (2011): Výsledky testování vybraných dřevin pro lesnické rekultivace na Sokolovsku: review, *Zprávy lesnického výzkumu*, Vol.56, p. 52-56
- Pěgřímek, R.; Peleška, O.; Kružík, F.(2005): Kvantifikace externalit vznikajících těžbou a užitím hnědého uhlí a algoritmizace výpočtu externalit modifikovanou hessenskou metodou. Spolužití průmyslu a obcí : Sborník přednášek
- Levine, J.M., Adler, P. B., Zelenák, S. G (2004): A meta-analysis of biotic resistance to exotic plant Invasions, *Ecology Letters*, Vol. 7, p. 975–98
- Naghdil R., Bagheri I., Akef M., Mahdavi A. (2007): Soil compaction caused by 450C Timber Jack wheeled skidder (Shefarood forest, northern Iran), *JOURNAL OF FOREST SCIENCE*, Vol. 53, p. 314–319
- Nilsson S.G.(1985):Ecological and Evolutionary Interactions between Reproduction of Beech *Fagus silvatica* and Seed Eating Animals, *Oikos*, Vol. 44, p.157-164
- Peňáz J. (1999): Přirozená obnova dubu, *Lesnická práce* č.9/99, Vol.78
- Petřík P., et al. (2007): Přírodě blízké postupy hospodaření v lesích z pohledu České Bioplatformy, Botanický ústav Akademie věd ČR, v.v.i.
- Pilát A. (1953): Listnaté stromy a keře našich zahrad a parků, Státní zemědělské nakladatelství Praha
- Pěgřímek, R., Peleška, O.; Kružík, F.(2005): Kvantifikace externalit vznikajících těžbou a užitím hnědého uhlí a algoritmizace výpočtu externalit modifikovanou hessenskou metodou., Spolužití průmyslu a obcí : Sborník přednášek
- Ponge J.F. (2003): Humus forms in terrestrial ecosystems: a framework to biodiversity, *Soil Biology & Biochemistry* 35, p. 935–945
- Prach K. (1996): Úvod do vegetační ekologie. Vysoká škola báňská – Technická univerzita, Ostrava

- Prach K., Pyšek P. (2001): Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: Experience from Central Europe, *Ecological Engineering* 17, p. 55–62
- Prach K. (2004): Studies succession contribute to ecological Tudory and provide a basis for ecological restoration, *Natural recovery of human –made deposits in landscape*, p.11-13
- Prach K., Hobbs R. (2008): Spontaneous Succession versus Technical Reclamation in the Restoration of Disturbed Sites, *Restoration Ecology* Vol. 16, No. 3, p. 363–366
- Prach, K. (2009): Ekologie obnovy narušených míst, *Živa* 6, p. 262-264
- Smolík, D., et al. (2010).: Význam rekultivace jako proces obnovy narušené biosféry, *Výukový program Enviromentální vzdělávání, Evropský sociální fond ČR*
- Storch. D., Mihulka. S. (2000): Úvod do současné ekologie. Portál s. r. o. Praha
- Šnajdr J., et al. (2013): Dominant trees affect microbial community composition and activity in post-mining afforested soils, *Soil Biology & Biochemistry* 56, p. 105-115
- Šourková M., et al.(2005): Soil development and properties of microbial biomass succession in reclaimed post mining sites near Sokolov (Czech Republic) and near Cottbus (Germany), *Geoderma* 129, p.73–80
- Špulák O. (2009): Kvalita a kvantita přirozené obnovy buku ve vztahu ke světelným podmínkám mateřského porostu, *Zprávy lesnického výzkumu, Svazek 54*, p. 248-254
- Štýs S. et al. (1981): Rekultivace území postižených těžbou nerostných surovin, *SNTL Praha*
- Štýs S., (1997): Rekultivace. Vydavatelství Mostecká uhelná společnost, a.s., Most.
- Ribbens E., Silander J., Pacala S (1994): Seedling Recruitment in Forests: Calibrating Models to Predict Patterns of Tree Seedling Dispersion, *Ecology* 75, p.1794–1806
- Řehounek J., Řehouňková K., Prach K. (2010): Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi, *Calla 2010*
- Řehouňková K., Prach K. (2010): Life-history traits and habitat preference of colonizing plant species i n long-term spontaneous succession in abandoned gravel–sandpits, *Basic and Applied Ecology* 11, p. 45–53
- Vobořilová V. (2011): Diplomová práce: Faktory šíření buku lesního (*Fagus sylvatica*) na výsypce po těžbě uhlí, *Univerzita Karlova, Přírodovědecká fakulta*
- Vogtmann H., et al.(2004): Issues and aspekt of nature conservation in the rehabilitation of lignite surfare mining sites in Germany, *Peckiana*, Vol. 3, p. 129-135

- Vráblíková J., Vráblík P. (2000): Rekultivace území po těžbě, Sborník příspěvků z mezinárodní konference I., Univerzita J.E. Turkyň v Ústí nad Labem, p. 9-12
- Walker L.R., del Moral R. (2003): Primary succession and ecosystem rehabilitation, Cambridge University, Press. Cambridge, p. 442
- Whittaker R. H. (1953): A consideration of klimax theory: A climax as a population and pattern, Ecological monographs, Vol. 23, No 1., p.41-78
- Wiedemann D., Kleine M.(2004): Nature conservation areas as landscape elements in the post mining landscape, Peckiana, Vol. 3, p.143-153
- Xylander W., Bender J. (2004): Animal species and zoocoenoses of former opencast lignite mines in Eastern Germany- Aspekt of mining, reclamation and conservation, Vol. 3., p. 155-165
- Zelený V., Česká J. (2000): Botanický výzkum území severočeských dolů, IUPPA Praha, p.12-14
- Zipper C.E., Skousen J.E. (2011): Income opportunities on Reclaimed Surface Mine Lands in Central Appalachia, West Virginia University

Internetové zdroje:

- <http://prirozenelesy.cz/node/10>