

**Univerzita Hradec Králové**  
**Přírodovědecká fakulta**  
**katedra biologie**

## Sukcese dřevin na rudním odkališti ve Chvaleticích

Bakalářská práce

Autor: Marek Šourek  
Studijní program: B 1501 Biologie  
Studijní obor: Systematické biologie a ekologie  
Vedoucí práce: RNDr. Romana Prausová Ph.D.

## **PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedl všechny prameny, z kterých jsem vycházel.

V Hradci Králové dne 19.5.2019

Marek Šourek

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat především RNDr. Romaně Prausové Ph.D. za její trpělivost, péči, rady, konzultace a pomoc při psaní celé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval doc. RNDr. Karlu Šilhánovi Ph.D., že mi jako jeden z konzultantů pomohl s mapovými výstupy a s prací s programem Q-GIS, dále bych rád poděkoval konzultantům z fakulty Lesnické a dřevařské z Mendelovy Univerzity v Brně a to konkrétně panu prof. Dr. Ing. Petru Maděrovi a panu Ing. Martinu Šenfeldrovi Ph.D. za cenné rady při analýze vzorků a za umožnění využívat jejich přístroje k vyhodnocení. Nakonec bych rád poděkoval Tereze Hurdákové za pomoc při odběru vzorků a za morální podporu během celého psaní mé bakalářské práce.

## **ANOTACE**

ŠOUREK M. (2019): Sukcese dřevin na rudním odkališti ve Chvaleticích, Hradec Králové. Bakalářská práce na Přírodovědecké fakultě Univerzity Hradec Králové. Vedoucí bakalářské práce RNDr. Romana Prausová Ph.D. 46 s.

Bakalářská práce se zabývá studiem sukcese na dílčích plochách rudního odkaliště pomocí metody datování jednotlivých druhů dřevin (*Betula* spp., *Populus tremula*, *Robinia pseudoacacia*), tj. sčítání letokruhů a měření ročních přírůstků dřevin. Dílčí plochy se liší stanovištními parametry, kterými je průběh sukcese ovlivněn, což se promítá do pokryvnosti vegetačních pater, početnosti a druhové diverzity dřevin. Rešeršní část práce je zaměřená na antropogenní stanoviště vznikající destruktivní činností člověka. Mezi ně patří i rudní odkaliště ve Chvaleticích.

### **Klíčová slova**

antropogenní stanoviště, dendrochronologie, ekologie obnovy, rudné odkaliště, sukcese,

## **ANNOTATION**

ŠOUREK M. (2019): Succession of woody species in abandoned ore sedimentation basin in Chvaletice, Hradec Králové. Bachelor thesis at Faculty of Science University of Hradec Králové. Thesis Supervisor RNDr. Romana Prausová Ph.D. 46 s.

Bachelor thesis is focused on study of succession on sub-areas in abandoned ore sedimentation basin using methods of dating of individual tree species (*Betula pendula*, *Populus tremula*, *Robinia pseudoacacia*), i.e. annual ring counting and measuring year-gain of woody species. Sub-areas differ parameters on stands which affect process of succession and it is shown in coverage of vegetation, abundance and diversity of woody species. Theoretical part of the thesis is focused on antropogenic stands that are made by human destructive activities. These include also abandoned ore sedimentation basin in Chvaletice.

### **Key words**

antropogenic stand, dendrochronology, ecology recovery, ore sedimentation basin, succession

# Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod</b> .....	<b>7</b>
1.1	Obecný úvod do problematiky .....	7
1.2	Cíle práce.....	8
<b>2</b>	<b>Přehled dosavadních poznatků o problematice (literární rešerše)</b> .....	<b>9</b>
2.1	<b>Ekologická obnova na antropogenních stanovištích</b> .....	<b>9</b>
	<i>Těžební oblasti</i> .....	9
	<i>Pískovny a štěrkovny</i> .....	9
	<i>Výsypky</i> .....	10
	<i>Bývalé zemědělské půdy (pole, louky, pastviny)</i> .....	11
2.2	<b>Charakteristika zájmového území</b> .....	<b>12</b>
	<i>Lokalizace území</i> .....	12
	<i>Geomorfologické, geologické a pedologické charakteristiky</i> .....	12
	<i>Klimatické poměry</i> .....	13
	<i>Antropogenní vlivy - těžba rudy</i> .....	13
	<i>Vývoj lokality po ukončení těžby</i> .....	14
<b>3</b>	<b>Metodika</b> .....	<b>17</b>
3.1	Vymezení dílčích ploch.....	17
3.2	Odběr vzorků .....	18
3.3	Hodnocení početnosti a pokryvnosti dřevin.....	19
3.4	Měření stáří dřevin a tloušťky letokruhů .....	21
3.5	Stanovištní poměry dílčích ploch .....	22
3.6	Statistické zpracování .....	23
3.7	Vytvoření mapového podkladu v programu Q-GIS .....	25
<b>4</b>	<b>Výsledky</b> .....	<b>27</b>
4.1	Charakter vegetačního krytu na dílčích plochách.....	27
4.2	Věk monitorovaných dřevin na dílčích plochách .....	31
4.3	Přírůstek dřevin .....	33
<b>5</b>	<b>Diskuze</b> .....	<b>36</b>
<b>6</b>	<b>Závěr</b> .....	<b>39</b>
<b>7</b>	<b>Literatura</b> .....	<b>41</b>
<b>8</b>	<b>Přílohy</b> .....	<b>44</b>

# 1 Úvod

## 1.1 Obecný úvod do problematiky

Svou bakalářskou práci jsem si vybral, protože mě velmi zajímá ochrana přírody. Zvláště v dnešní době, kdy jde zpravidla o globální problém (např.: problém s plasty). Je k dispozici mnoho článků zabývajících se touto tematikou. Já jsem se zaměřil na místa, která svou činností poškodil člověk. Nejedná se jen o těžbu. Antropogenními stanovišti mohou být i pole, silniční násypy, výsypky nebo louky. Je marné si myslet, že se člověk obejde bez neobnovitelných zdrojů, nicméně mě vždy zajímalo, jak nejlépe s krajinou, která byla člověkem narušená, správně naložit. Právě toto je hlavní snaha ekologů, kteří se zabývají ekologií obnovy, což je poněkud nové odvětví ekologie, ale neméně důležité. Hlavním cílem teoretické části práce bylo získat, co nejvíce informací o antropogenních stanovištích, jak vznikají a jaký je vhodný management pro jejich obnovu.

Hlavním nástrojem ekologie obnovy je spontánní sukcese, kterou můžeme usměrňovat, zpomalovat, urychlovat nebo vracet zpět. Jde vlastně o přirozené osidlování organismy bez jakéhokoliv lidského zásahu. Bohužel v dnešní době převládá snaha rekultivovat veškerá antropogenní stanoviště po jejich opuštění a to je škoda. Technická rekultivace je mnohem nákladnější než spontánní sukcese a ani není z hlediska druhové biodiverzity žádoucí.

Podle mého názoru je důležité překonat mnohdy již zastaralé, vžitě předsudky a naučit smýšlet občany „proekologicky“. K tomu by mohla pomoci snaha ekologů o provádění mnoha studií na antropogenních stanovištích, publikování a medializaci jejich výsledků. Rád bych i svou práci byl přínosem.

Hlavním cílem praktické části práce bylo zjištění momentálního stavu sukcese na rudním odkališti ve Chvaleticích. Abych zjistil, kdy se na stanovišti začaly uchytávat semenáčky, zvolil jsem metodu dendrochronologie.

Položil jsem si následující otázky: Kdy se začalo toto narušené stanoviště osidlovat organismy? Jaký je momentální stav sukcese a druhová diverzita na odkališti? Proč je na lokalitě právě tento stav? Jak může být spontánní sukcese přínosná?

## 1.2 Cíle práce

Hlavními cíli předložené práce bylo:

- (1) Vypracovat přehled dosavadních znalostí o studované problematice formou literární rešerše.
- (2) Seznámit se s vybranými metodickými postupy v oboru dendrochronologie a fytocenologie.
- (3) Na základě vlastního sběru dat zachytit maximální stáří dřevin a jejich druhovou diverzitu a pokryvnost na rudním odkališti ve Chvaleticích ve vztahu k odlišným stanovištním poměrům na dílčích plochách.



## 2 Přehled dosavadních poznatků o problematice (literární rešerše)

### 2.1 Ekologická obnova na antropogenních stanovištích

Antropogenními stanovišti se rozumí všechna stanoviště, která jsou nějakým způsobem ovlivněná nebo vytvořená člověkem. Mezi taková stanoviště patří místa těžby, orná půda, výsypky, silniční násypy, rybníční deponie, rumiště, odkaliště, rybníky nebo louky a pastviny. Na těchto opuštěných místech hraje velmi významnou roli ekologie obnovy při snaze vrácení přírodě její přirozený ráz (PRACH 2018a).

#### *Těžební oblasti*

Základy ekologie obnovy u nás jsou položeny na místech narušených těžbou (PRACH 1987). Důležitým nástrojem ekologie obnovy je znalost průběhu spontánní sukcese, kterou můžeme blokovat, usměrňovat, urychlovat, nebo vracet zpět. S obnovou těžbou narušených stanovišť je ale dobré začít již během těžby, kdy by měl být prováděn průběžný výzkum převážně se zaměřením na vzácné a ohrožené druhy. Po ukončení těžby je také vhodné nechat alespoň část stanoviště spontánní sukcesi. Občasné narušování je výhodné pro zachování mladých cenných sukcesních stádií. Je také žádoucí nejhodnotnější těžebny po skončení těžby prohlásit za chráněná území nebo za významné krajinné prvky (ŘEHOUNEK et al. 2015).

Z hlediska biodiverzity druhů může být těžba přínosem. Tato stanoviště jsou totiž chudá na živiny a takových míst v naší eutrofizované krajině je velmi málo. Můžou tak být domovem pro mizející druhy rostlin a živočichů. Jedinou podmínkou je, že nesmí dojít k technické rekultivaci ani se do těžeben nesmí vnášet organický materiál. Zvýšení hladiny živin podpoří konkurenčně silné druhy a ty potom mohou vzácné druhy vytlačit. Navíc je technická rekultivace finančně mnohem nákladnější než spontánní sukcese. Obnova narušené krajiny nám zvyšuje zadržitelnost vody, snižuje vodní a větrnou erozi, zvyšuje biodiverzitu, udržuje úrodnost půd, snižuje dopad sucha a zvyšuje estetičnost, což se projeví na možnosti rekreačního využití (PRACH 2018a).

#### *Pískovny a štěrkovny*

Pískovny zaujímají velkou část území ČR. Typické jsou pro ně velké vodní plochy a nápadné vysoké stěny. Sukcese těchto lokalit je nejvíce ovlivněna výškou hladiny podzemní vody, půdní texturou, pH a makroklimatem (ŘEHOUNKOVÁ & ŘEHOUNEK 2012). Poskytují také útočiště řadě ohrožených druhů, například břehuli říční (*Riparia riparia*) (HENEBERG 2009), nebo kriticky ohroženým druhům, patřících do červeného seznamu –

přeslička různobarvá (*Equisetum variegatum*) a chruplavník rolní (*Polycnemum arvense*) (ŘEHOUNKOVÁ & ŘEHOUNEK 2012). Jak zjistil HENEBERG (2009), díky vytváření a obnově hnízdnic stěn pro břehule říční (*Riparia riparia*) došlo k zastavení hlubokého poklesu populací tohoto ohroženého druhu, když se v pískovnáčích v jižních Čechách vyskytovalo 52 % veškeré jihočeské populace břehule říční (*Riparia riparia*).

Tato stanoviště vznikala obvykle říční, jezerní nebo mořskou sedimentací, případně i činnostmi větru. Půdotvorný proces probíhá pomalu, což umožňuje dlouhodobě oligotrofní charakter substrátu i vody, pokud nedojde k navedení organického materiálu. Z hlediska vhodné obnovy je dobrá kombinace spontánní a řízené sukcese s managementovými zásahy jako je strhávání drnu (ŘEHOUNKOVÁ & ŘEHOUNEK 2012). Dalším managementovým zásahem může být vytvoření tůní, které by ale měly vyhovovat nejen obojživelníkům, ale i jiným ohroženým skupinám, proto by měly mít rozsáhlé mělké litorály, členité pobřeží a pozvolný přechod k souši (BOUKAL 2010).

Spontánní sukcese obvykle směřuje k lesnímu porostu v závislosti na vlhkosti. Ve vlhčích pískovnáčích, zhruba po 25 letech, to jsou vrbové a olšové porosty. V suchých pískovnáčích zase porosty s břízou bělokorou (*Betula pendula*), borovicí lesní (*Pinus sylvestris*), dubem letním (*Quercus robur*) a jeřábem ptačím (*Sorbus aucuparia*) (ŘEHOUNKOVÁ & ŘEHOUNEK 2012).

Bohužel v dnešní době převažuje nákladnější technická rekultivace, jako je rekultivace lesnická (nejčastěji borové monokultury), zemědělská (pole, louky, pastviny) nebo hydrická (rozsáhlé vodní plochy v zatopených pískovnáčích) (ŘEHOUNKOVÁ & ŘEHOUNEK 2012).

### **Výsypky**

Těžba nemusí být pouze hlubinná, ale může být i povrchová. Takové povrchové doly najdeme například i na Sokolovsku (FROUZ et al. 2007) nebo Mostecku, kde se uhlí může nacházet i 100 m pod povrchem. V takovém případě je nutné přemístit na výsypky, známé pro svou velkou rozlohu, značné množství materiálu z těžby hnědého uhlí, a proto jsou původní ekosystémy odtěženy nebo překryty vrstvami hlušiny (MUDRÁK et al. 2018).

Většinou je nadložní zemina sypána zakladači do víceméně pravidelných, avšak značně členitých tvarů. Na těchto terénních depresích na nepropustných půdách se vytvářejí tzv. „nebeská jezírka“ různých tvarů a velikostí. Vodní biotopy se nevytvářejí pouze na povrchu výsypek ale také při jejich patách, kde slouží jako „nášlapné kameny“ pro osidlování těchto stanovišť (VOJAR et al. 2018).

V současné době, kdy převládají na antropogenních stanovištích nákladnější technické rekultivace, jsou tyto plochy odvodňovány a tyto přirozeně vytvořené vodní plochy zcela zničeny. Technické rekultivace probíhají tak, že se nejprve stabilizuje výsypkový materiál

(obvykle 8 let), poté se povrch vyrovná pomocí těžké techniky a stanoviště se odvodní. Nakonec se naveze organický materiál, jako je štěpka, drčená kůra nebo organické horizonty z jiných těžeben. Některé výsyvky nejsou technicky rekultivovány, ne však z důvodu ponechání spontánní sukcesi, ale například z důvodu existence uhlí pod výsyvkami. (PRACH 2012). Pokud chceme tyto výsyvky obnovit, je důležitý půdotvorný proces a velmi důležitým faktorem, ovlivňujícím tento proces je interakce rostlin a žížal. Po nasypání je nejprve substrát kolonizován rostlinami a následně přibližně kolem 15. roku od nasypání i žížalami, které se živí rostlinným opadem. Žížaly promíchávají povrchový opad rostlin s půdním minerálním substrátem, zabudovávají tak do půdy organickou hmotu a vytvářejí organo-minerální půdní horizont (FROUZ et al 2008).

Půdotvorný proces nerektivovaných ploch má pomalejší nástup než u ploch rekultivovaných, ale v průběhu let se rozdíly ztrácejí (MUDRÁK et al. 2010). Důležitým faktorem pro raná stádia sukcese je reliéf terénu. Čím je reliéf členitější, tím lépe se zachytávají semínka semenáčů a to urychluje další vývoj rostlinných společenstev (FROUZ et al. 2018). Z hlediska vzniku vodních ploch a druhové diverzity obojživelníků v nich žijících jsou výsyvky, které se ponechají spontánní sukcesi, vhodnější než výsyvky rekultivované (VOJAR et al. 2018).

Po opuštění jsou výsyvky kolonizovány semeny rostlin roznášených anemochorně, zoochorně nebo i antropochorně. V prvních letech převažují jednoletky a dvouletky. Během 5 až 15 let začínají na výsyvkách dominovat širokolisté byliny, následované trávami. Tyto druhy snižují pokryvnost ruderálních druhů a zvyšují pokryvnost lučních druhů. Po uplynutí této doby dojde k vytvoření více méně souvislého vegetačního krytu. Po 20 letech se vytvoří polo-přirozená lesostep (HODAČOVÁ & PRACH 2003). Následně je už zcela zapojené stromové patro s dominující vrbou jívou (*Salix caprea*) a později mezi 20. a 30. rokem je postupně vrba nahrazena topolem osikou (*Populus tremula*) a břízou bělokorou (*Betula pendula*). Po více než 40 letech se na lokalitě objevuje rozvolněný les s břízou bělokorou (*Betula pendula*) a topolem osikou (*Populus tremula*) a začínají se objevovat semenáčky sukcesně pokročilých druhů dřevin, jako je dub letní (*Quercus robur*) a buk lesní (*Fagus sylvatica*). Spontánní sukcese na těchto plochách má příznivý vliv na obnovu a funkce půdy zejména díky opadu, který je příznivý pro půdní makrofaunu, zároveň ale podpoří expanzi konkurenčně silné třtiny křovištní (*Calamagrotis epigejos*), která potlačuje druhovou bohatost rostlinných společenstev (MUDRÁK et al 2018).

### ***Bývalé zemědělské půdy (pole, louky, pastviny)***

Tato stanoviště jsou známá pro svou velkou rozlohu. To, jak bude vegetace na opuštěných polích úspěšná, závisí na vlhkosti, množství živin, charakteru substrátu a nadmořské

výšce. Na suchých bazických substrátech v termofytiku jsou tato stanoviště druhově nejbohatší (PRACH et al 2014).

Náletové dřeviny a křoviny se zvládají na těchto místech uchytit a zakořenit. Křoviny, jako je trnka obecná (*Prunus spinosa*), růže (*Rosa* spp.), hloh (*Crataegus* spp.) nebo vrba popelavá (*Salix cinerea*) ale způsobují zastínění, které vede k poklesu druhové diverzity (PRACH 2018b). Na druhou stranu křoviny vytvářejí mozaikové porosty, které zvyšují přístupnost světla. Následkem je jemnozrnná vegetační mozaika a vysoká beta diverzita. Na holých místech bez křovin se vykytují světlomilné druhy (VOJTA et al. 2018). Druhou diverzitu také zvyšuje disturbance prasetem divokým (*Sus scrofa*) (HORČÍČKOVÁ 2010).

Jak zmiňuje VOJTA & KOPECKÝ (2006), po náletových dřevinách se na těchto opuštěných antropogenních stanovištích vyskytují i dřeviny středních sukcesních stádií a klimaxu (jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), javor klen (*Acer pseudoplatanus*), topol osika (*Populus tremula*), bříza bělokorá (*Betula pendula*) a olše lepkavá (*Alnus glutinosa*)). Bez lidského zásahu směřují tato stanoviště k přirozeným strukturně bohatým lesům a vyloučení světlomilných druhů (VOJTA et al. 2018). Travní porosty podléhají konkurenci vysokých stromů, proto se obnovují jen na velmi suchých nebo naopak velmi vlhkých stanovištích. Na suchých stanovištích se ale samozřejmě pole nezakládala, takže největší šanci pro trávy jsou vlhká stanoviště. V našich podmínkách se takto výborně šíří expanzivní třtina křovištní (*Calamagrotis epigejos*). Pro zvýšení druhové diverzity je dobré tato stanoviště po opuštění pravidelně kosit (PRACH 2018b).

## 2.2 Charakteristika zájmového území

### *Lokalizace území*

Lokalita „rudní odkaliště ve Chvaleticích“ se nachází v Pardubickém kraji. Od okresního města Pardubice se zhruba 25 km západně rozkládá obec Chvaletice, u jejíž severní části leží Labská niva se zájmovým územím. Toto území leží na levém břehu řeky Labe v nejsevernější části Železných hor. Nadmořská výška, ve které se odkaliště nachází, je 200 m. n.m. a celková plocha tohoto odkaliště je 40 ha. Zeměpisné souřadnice této lokality jsou: 50°02'N, 15°26'E (KOVÁŘ 2004).

### *Geomorfologické, geologické a pedologické charakteristiky*

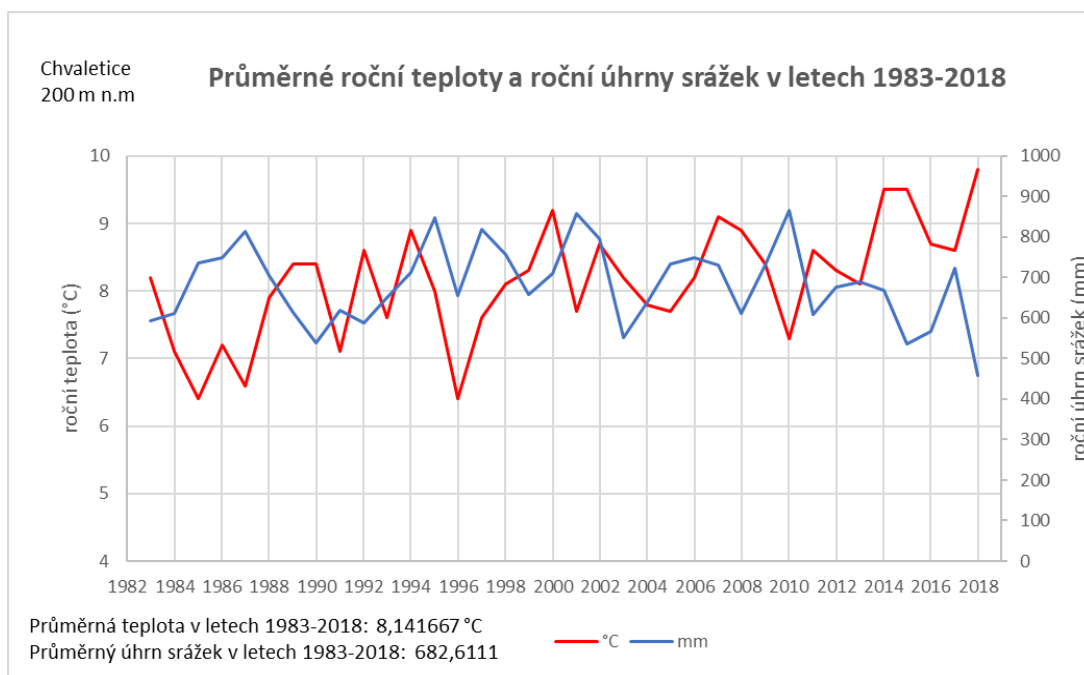
Lokalita se nachází v Hercynském systému, provincii Česká Vysočina a spadá do subprovincie Česká tabule v oblasti Východočeská tabule, v celku Východolabská tabule. Zájmové území patří do okrsku Kunětická kotlina v rámci podcelku Pardubická kotlina (DEMEK & MACKOVČIN 2006).

Geologicky spadá lokalita do marinního mezozoika Českého masivu, konkrétně do období svrchní křídý, do takzvaného turonu. Co se týká hornin, tak zde nalezneme převážně vápnité jílovce, slínovce, méně jílovité vápence. Souvrstvím v této oblasti je jizerské a bělohorské souvrství (CHÁB et al. 2007).

Převážná část lokality se nachází na modální fluvizemi, které spadá do fluvisolů se substrátem bezkarbonátových nivních sedimentů, avšak jižní část této lokality leží na haldové antropozemi, která spadá do antroposolů s antropogenním substrátem (TOMÁŠEK 2000).

### ***Klimatické poměry***

Lokalita se nachází v oblasti s mírně teplým až mírně vlhkým klimatem. Průměrná roční teplota se na této lokalitě pohybuje v rozmezí 7-8 °C a průměrný úhrn srážek je 550-650 m.m. Délka vegetační doby je 181-200 dní (QUITT 1971). Oblast má víceméně kontinentální makroklima s nízkým úhrnem srážek a vysokou průměrnou teplotou (KOVÁŘ 1979). Průměrné teploty a roční úhrny srážek za období 1983-2018 jsou uvedeny na Obr. 1 a v Tab. 3.



Obr. 1: Přehled průměrných ročních teplot a průměrných ročních úhrnů srážek v letech 1983-2018; Zpracováno na základě dat ČHMÚ (2002).

### ***Antropogenní vlivy - těžba rudy***

Historicky byla velmi pravděpodobně tato lokalita ovlivňována člověkem, o čemž svědčí nálezy z doby kamenné a ze středověku v Přelouči (FILIP 1948). Od roku 1952 se tu v povrchovém dolu těžil pyrit. Hlavním produktem byla kyselina sírová a vedlejšími produkty byly především sulfidické břidlice a karbonátové manganové rudy (KOVÁŘ et al.

2018). Odpad smíchaný s vodou byl hydraulicky převeden do tří sedimentačních nádrží (rudních odkališť) vzdálených od 500 do 2000 m. Tvar těchto nádrží udávala pozice potrubních věží, které směřovaly odpad s vodou (KOVÁŘ 1979). Často docházelo ke střídání rudních odkališť ve funkci. Se zvětšujícím se množstvím odpadového materiálu muselo dojít k zvednutí hráze, která obklopovala odkaliště. Těžba byla ukončena v polovině 70. let. Byla zde zaznamenána nižší biodiverzita cévnatých rostlin ale větší biodiverzita dřevin oproti odkališti v Opatovicích (lokalita u Bukoviny) (KOVÁŘ 2004).

### **Vývoj lokality po ukončení těžby**

Stanoviště sestává ze tří rudních odkališť, přičemž dvě z nich byla technicky rekultivována (v letech 1975-1979) a stromy zde byly vysázeny v období 1981-1983. Před technickou rekultivací byl povrch těchto odkališť po několik let opuštěn a nastoupila na něm primární spontánní sukcese. První dvě nejstarší odkaliště mají podobnou rozlohu (40 ha) s kapacitou 12 000 000 m<sup>3</sup> (KOVÁŘ 1979). Dominantním druhem se na rekultivovaných rovinách stala třtina křovištní (*Calamagrotis epigejos*) (KOVÁŘ 2004). Třetí odkaliště je zároveň nejmladší. Jeho kapacita nebyla nikdy dovršena a odkaliště nebylo zrekultivováno (rekultivace byla zastavena v roce 1984 z důvodu zájmu společnosti Baterie Slaný). Odkaliště tedy bylo opuštěno a ponecháno spontánnímu osidlování organismy (KOVÁŘ et al. 2011).

Rekultivace postranních svahů probíhala jinak než rekultivace odkališť. Svahy byly pokryté 30-50 cm obdělané půdy, potom od roku 1966 byly svahy postupně zasety směsí rostlinných druhů. Na všech svazích byly stejné půdní podmínky a stejné iniciační množství druhů, přesto jsou jižní a západní svahy druhově bohatší než svahy severní a východní. Důvodem jsou západní větry, které s sebou přinášejí vlhkost a diaspory a tudíž je usnadněné přimíchávání lučních druhů. Rozdíly také mohou souviset s rozdíly mikroklimatu v zimních měsících (rozdílná sněhová pokrývka během zimních slunečních dnů a rozdílná vlhkost jarní oblevy) (KOVÁŘ 1979).

Centrální část nerekultivovaného odkaliště s vodní plochou byla, v roce 1974, nejprve osídlena charakteristickými druhy planktonu a bentosu: hrotnatka (*Daphnia* spp.), drobní korýši (*Cyclops*), klešťanka zdošená (*Sigara lateralis*) nebo znakoplavka obecná (*Notonecta glauca*). Na okrajích byly zaregistrovány druhy ptáků, například racek chechtavý (*Larus ridibundus*), dočasné druhy jako kachna divoká (*Anas platyrhynchos*) nebo polák chocholačka (*Aythya fuligula*). Byly tu zaregistrováni ptáci typičtí pro otevřené krajiny jako čejka chocholátá (*Vanellus vanellus*) nebo konipas bílý (*Motacilla alba*). Vyvýšené strany zase poskytovaly útočiště pro predátory, jako je káně lesní (*Buteo buteo*) nebo krahujec obecný (*Accipiter nisus*). Mezi druhy rostlin, které se na odkališti vyskytovaly v roce 1974, byly například: rdest hřebenitý (*Potamogeton pectinatus*), rákos

obecný (*Phragmites australis*), šťovík přímořský (*Rumex maritimus*), třtina křovištní (*Calamagrotis epigejos*), lipnice roční (*Poa annua*), nebo ostřice zaječí (*Carex leporina*). Mechové patro tu nebylo vyvinuto, pouze se tu vyskytoval rohozub nachový (*Ceratodon purpureus*). Mezi lety 1973 a 1974 proběhla expanze rákosin v litorální zóně. Kolonie již dříve zmíněného racka chechtavého (*Larus ridibundus*) se tu mohla objevit až po vytvoření keřového patra v litorální zóně. Dominantní druh třtina křovištní (*Calamagrotis epigejos*) nejvíce toleruje stres ze všech druhů rostlin, a proto se dobře šíří (roste i na nejsušších biotopech). Typ šíření této rostliny na rudním odkališti je typ querilla. Nejrozhodujícím momentem v sukcesním vývoji je zakládání semenáčků, což je silně limitováno extrémními teplotami na otevřených místech (KOVÁŘ 2004). Nejstarším sukcesním stádiem jsou porosty břízy bělokoré (*Betula pendula*) s přimíšenou břízou pýřitou (*Betula pubescens*) a topolem osikou (*Populus tremula*) (PRAUSOVÁ et al. 2017). Na stanovišti se nacházejí areály zcela bez rostlinného pokryvu po mnoho let i areály s vegetacích různých sukcesních obdobích a s velkou diverzitou rostlin (KOVÁŘ 1994).

Na lokalitě je vysoká koncentrace těžkých kovů (především Mn a Zn), extrémně nízké hodnoty pH, výkvěty solí (ze sádrovce a jarositu) a velký obsah síry a fenolických látek (PRACH et al. 2016). Nízké pH (extrémní případy: hodnota 3) podporuje absorpci mikroprvků do nadzemní biomasy stromů, rostlin i mechů. Vysoká úroveň salinity je způsobena sulfidy pohybujícími se s vodou vertikálně uvnitř substrátu během suchých období (KOVÁŘ 2004). V hlubších vrstvách se vyvinul silně zpevněný horizont s hnědočervenými oxidy železa a sádrovcem (RAUCH 2004). Na povrchu se spontánně vytvářejí půdní krusty analogické ke krustám v aridním a semiaridním prostředí v centrální části Španělska (ROMÃO et al. 2004). V těchto biologických krustách nalezneme především houbová mycelia, cyanobakterie, řasy, lišejníky, mechy a játrovky (NEUSTUPA et al. 2009). Cévnaté rostliny se na těchto krustách neuchycují kvůli nedostatečné drsnosti a absenci humusové vrstvy (POHLOVÁ 2004). Hlavním typem šíření semen je na lokalitě anemochorie a zoochorie (KOVÁŘ 2004). Jedním z nejvýznamnějších faktorů urychlujících sukcesi je aktivita mravenců, jelikož díky nim je narušována křusta (nadzemními konstrukcemi hnízd) a vzniká pro rostliny přínosný profil substrátu (KOVÁŘ et al. 2013).

Oproti popílkovému odkališti v Opatovicích je na rudním odkališti ve Chvaleticích menší druhová diverzita cévnatých rostlin, ale primitivnější skupiny jako mechy, lišejníky, řasy, makrohouby i mikrohouby (KUBÁTOVÁ et al. 1996), převažují naopak na odkališti rudním (KOVÁŘ 2004).

S postupující sukcesí se mění i druhové složení mravenců a tím vzrůstá i celková diverzita rostlin. Dílčí plochy, které nebyly osídlené mravenci, mají řádově méně rostlinných druhů než plochy osídlené, důvodem je převážně myrmekochorie. Před deseti

lety byly porosty dřevin kvantifikovány jako semenáčky (převažovalo bylinné nebo keřové patro), ale dnes už dosahují výšky 5 m. Kromě myrmekochorie začíná mít vliv i jiný způsob zoochorie (např.: velkými zvířaty - divokými prasaty). V hlubších částech odkaliště, především v exponovaných okrajových partiích, jsou problémem podpovrchové krusty sádrovce, které blokují rozvoj kořenových systémů (KOVÁŘ et al. 2018).

V srpnu roku 1994 tu proběhl požár, který značně ovlivnil povrch odkaliště, ukončil proces primární sukcese a nastartoval proces sukcese sekundární. Požár ale neovlivnil celou plochu odkaliště, proto bylo možné porovnání sukcese na spálených a nespálených místech (KOVÁŘ 1994). Počet jedinců topolu osiky (*Populus tremula*), rákosu obecného (*Phragmites australis*) a vikví (*Vicia* spp.) se po požáru značně zvětšil, zatímco počty jedinců břízy bělokoré (*Betula pendula*) a třtiny křovištní (*Calamagrotis epigejos*) se neměnily. Rychlost rozkladu organické hmoty byla stejná na spálených i nespálených místech. Vlhkost půdy se na místech zasažených požárem snížila. Denní teplota půdy se zvýšila, ale noční teplota zůstala zhruba stejná, což způsobovalo značné rozdíly teploty půdy přes den a v noci a zhoršené podmínky pro přežití semenáčků (ŠTEFÁNEK 2004).



### 3 Metodika

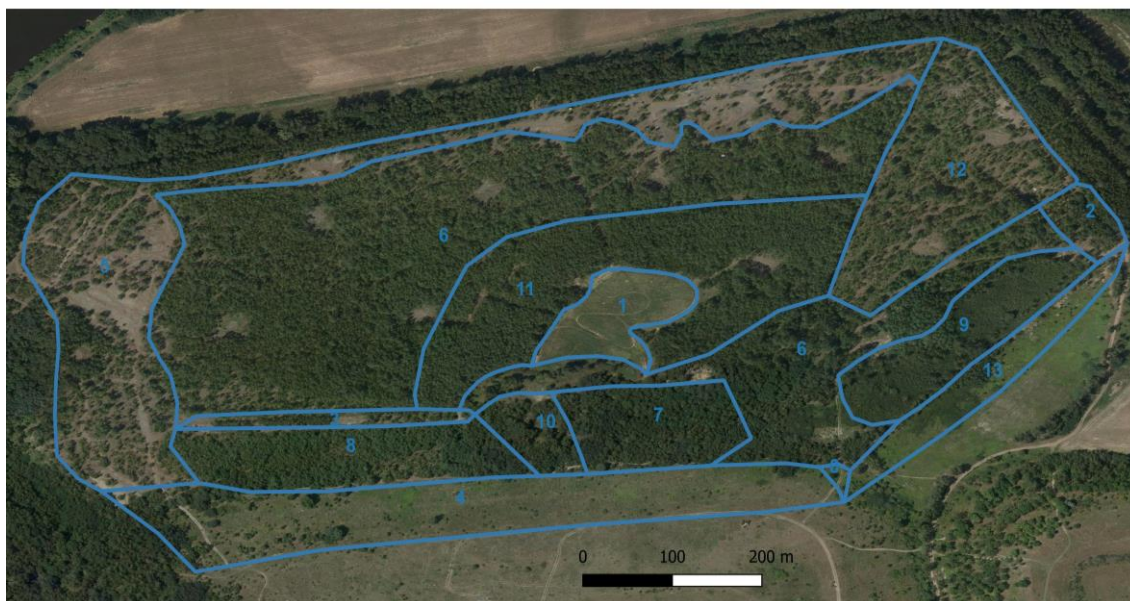
#### 3.1 Vymezení dílčích ploch

Stanoviště bylo rozděleno na 13 dílčích ploch podle rozdílného charakteru vegetačního krytu ve spolupráci s profesorem Kovářem z katedry geobotaniky Univerzity Karlovy.

Tab. 1: Charakteristika dílčích ploch s jejich nadmořskou výškou.

Číslo lokality	Charakteristika lokality	Nadmořská výška (m.n.m.)
1	zbytková laguna někdejšího odkaliště s rákosinou, dočasně stagnující voda	210,2-210,9
2	navážka suti s roztroušenými dřevinami v prostoru propojených odtěžených jam	211,4,1-215
3	navezený val s velkými kusy částečně zvětralé horniny	213,8-214,5
4	rekultivovaný svah přilehlého staršího odkaliště	213,9-227,8
5	suché okrajové části deponie s rozvolněným porostem dřevin a volnými plochami zcela bez vegetace	213,7-214,5
6	vyšší vnitřní partie bývalé sedimentační nádrže s kolísavou vlhkostí (nejvýznamněji postižené požárem v r. 1994), zahrnují někdejší litorál původní laguny, s vyšším zápojem dřevin	212,9-213,9
7	vysychavá navážka suti a zeminy se zastoupením ruderalních rostlin, vyvinut zápoj stromového patra	213,6-214,5
8	okrajová převážně suchá a disturbovaná část odkaliště na JZ (přístupová cesta, pojezdové trasy motokár) v kontaktu s rekultivovaným svahem staršího odkaliště, s řídkým porostem dřevin	213,7-213,9
9	okrajová převážně suchá část odkaliště na JV se sekundárním zápojem převážně ruderalních a invazních bylin a dřevin	213,8-214,0
10	převážně suchá mozaika náletových dřevin a obnažených ploch na hrubším substrátu při J okraji odkaliště v kontaktu s rekultivovaným svahem	213,5-213,7
11	vlhčí vnitřní část odkaliště s vyšším zápojem dřevin (méně postižená požárem v r. 1994)	210,9-212,9
12	středně suchá zplanýrovaná partie pobřežní zóny a dna někdejší laguny (napříč zmizelou hranicí mezi oběma zónami) s rozptýlenými dřevinami	213,7-214,5
13	sekundární navážka heterogenního materiálu, zčásti zeminy z okolí a jílů, mozaika bylinných, křovitých a stromových porostů včetně zavlečených a vysazených druhů	213,5-213,8

### Dílčí plochy na rudném odkališti ve Chvaleticích



Obr. 2: Vymezení dílčích ploch na rudném odkališti ve Chvaleticích podle rozdílného vegetačního krytu; ortofoto převzato z: [http://geoportal.cuzk.cz/WMS\\_ORTOFOTO\\_PUB/WMSservice.aspx](http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx); upraveno: Šourek 2019 v programu GIS.

### 3.2 Odběr vzorků

Při odběru vzorků byli upřednostňováni nejmohutnější jedinci (považováni za nejstarší). Vybraný strom byl nejdříve determinován, očíslován a lokalizován pomocí GARMIN GPSmap 62 s. Pro orientaci na stanovišti byl používán letecký snímek s vyznačenými



Obr. 3: Odběr vzorků Presslerovým přírůstovým nebozezem; Hurdálková 2019.



Obr. 4: Ukázka nalepeného vzorku v dřevěné liště; Šourek 2019.

dílčími plochami. Krejčovským metrem byl změřen obvod při bázi stromu a ve výšce 130 cm nad půdním povrchem. Poté byl proveden odběr Presslerovým přírůstovým nebozezem. Vrt byl umístěn nejbližší k bázi stromu, aby bylo určení staří stromu co nejpřesnější (Obr. 4). Vrták musel být směřován kolmo na cévní svazky a nejbližší středu kmene stromu, aby vzorek obsahoval všechny letokruhy. Jelikož obvody kmene většinou nedosahovaly enormních čísel, bylo možné provrtat celý strom v celém jeho průměru. Tímto byly získány dva vzorky pro určování letokruhů. Pro vyjmutí vzorku z nebozezu byl použit extraktor, jež je součástí vrtáku. Následně byl vzorek přenesen na dřevěnou pomocnou lištu, aniž by došlo ke ztrátě nebo poničení vzorku. Vzorek byl na liště připevněn tekutým lepidlem Herkules. Vzorek se do lišty musel lepit tak, aby cévní svazky směřovaly kolmo na lištu, v opačném případě by se vzorek stal nečitelným (Obr. 3). Vzorek byl oblepen papírovou lepicí páskou, očíslován a uložen. Každý vzorkovaný strom byl označován lesnickým sprejem firmy Soppec (Obr. 5) a vyfotografován pro možnost zpětného dohledání. Celkem proběhlo pět odběrů v termínech: 8.10., 11.10., 29.10., 11.11. a 20.11 a bylo odebráno 90 vzorků.



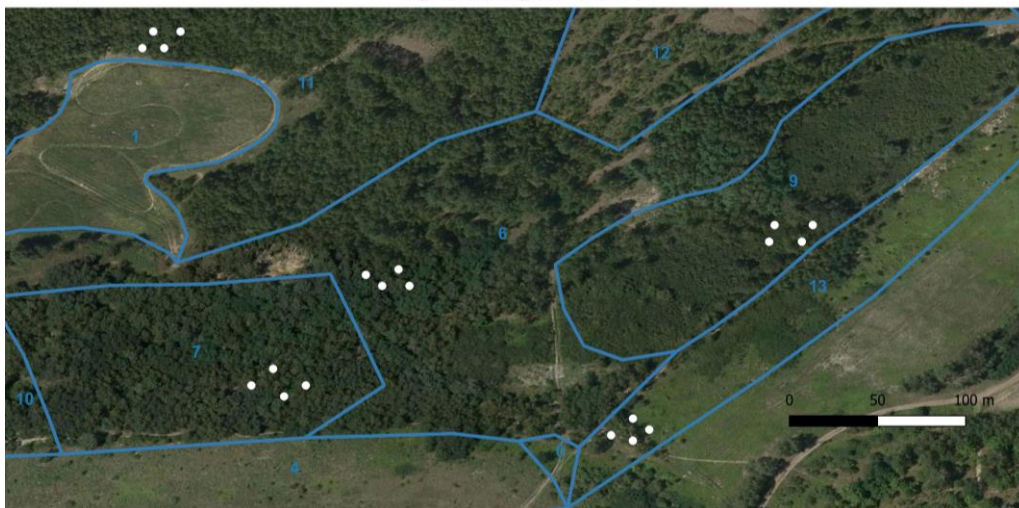
Obr. 5: Označování dřevin lesnickým sprejem; Hurdálková 2019.

### 3.3 Hodnocení početnosti a pokryvnosti dřevin

Pro jasnou představu o pokryvnosti jednotlivých vegetačních pater, druhové diverzitě a početnosti druhů dřevin bylo na dílčích plochách provedeno hodnocení početnosti a pokryvnosti druhů dřevin v procentech. Pro účely následného vyhodnocení byly změřené hodnoty převedeny do pěti-stupňové škály, zjednodušené Braun-Blanquetovy stupnice (BRAUN-BLANQUET 1928): 1=do 5%; 2=5-25 %; 3=25-50 %; 4=50-75 %; 5=75-100 %.

Na každé dílčí ploše byl vytyčen čtverec 10 m x 10 m (Obr. 6) tak, aby uvnitř tohoto čtverce byl vzorkovaný strom právě z této dílčí plochy. Pomocí přístroje GARMIN GPSmap 62 s byly změřeny souřadnice rohů vytyčeného čtverce.

**Výřez rudného odkaliště ve Chvaleticích s  
vyznačenými čtverci**



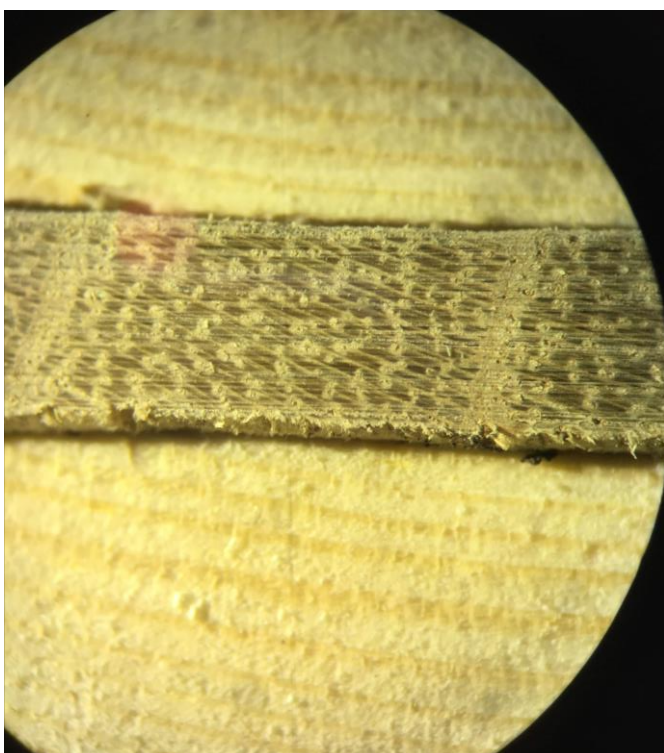
Obr. 6: Výřez rudného odkaliště s vyznačenými čtverci pro hodnocení početnosti a pokryvnosti; ortofoto převzato z: [http://geoportal.cuzk.cz/WMS\\_ORTOFOTO\\_PUB/WMSservice.aspx](http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx); upraveno: Šourek 2019 v programu GIS.

Přítomné stromy ve čtverci byly rozříděny podle obvodu kmene ve 130 cm a výšky do kategorií: kategorie A – do 25 cm obvod a do 7 m výška; kategorie B – 25–50 cm obvod a 7–11 m výška a kategorie C – nad 50 cm obvod a nad 11 m výška. Následně byl zjištěn počet stromů v jednotlivých velikostních kategoriích a změřen jejich obvod ve výšce 130 cm. Dále byla změřena výška jednoho stromu každé kategorie výškoměrem Vertex Laser 5 & Laser 5 od firmy Haglöf Sweden, které byly následně generalizovány na všechny stromy v dané kategorii.

Nomenklatura dřevin je uvedena podle DANIELKY et. al (2012). U rodu *Betula* byly převážně nacházeni jedinci břízy bělokoré (*Betula pendula*) a jedinci s přechodovými znaky mezi tímto druhem a břízou pýřitou (*Betula pubescens*). Pro účely této práce byly všechny exempláře zahrnuty do společného taxonu *Betula* spp.

### 3.4 Měření stáří dřevin a tloušťky letokruhů

Před měřením byly všechny vzorky zbrušeny pásovou bruskou, aby vznikla hladká, rovná plocha se snadnějším rozlišováním letokruhů. Pro vyhodnocení stáří stromů a šířky jednotlivých přírůstků bylo využito přístrojové vybavení na Lesnické a dřevařské fakultě Mendelovy Univerzity v Brně. Používán byl binokulární mikroskop Leica S6 (Obr. 8) s posuvným stolem Time Table od firmy Vias (Obr. 7). Pro vyhodnocení tloušťky a počtu letokruhů byl použit software Past5. Výsledný věk měřených vzorků byl upraven pomocí korekčních šablon (posun o 0-3 roky). Výsledky byly exportovány do programu Excel, ve kterém proběhlo jejich statistické vyhodnocení.



Obr. 8: Vzorek pod binokulárním mikroskopem Leica S6; Šourek 2019.



Obr. 7: Měření přírůstků a letokruhů jednotlivých druhů stromů na Lesnické a dřevařské fakultě na Mendelově Univerzitě v Brně; Hurdálková 2019.

### 3.5 Stanovištní poměry dílčích ploch

Informace o chemismu, pH a vlhkosti substrátu byly převzaty z dostupných informací od firmy EURO MANGANESE INC. (2019) realizovaných v letech 2017 a 2018. Z těchto dat byly využity pouze výsledky z měření pH a relativní vlhkosti půdy (Tab. 2).

Tab. 2: Relativní vlhkost a pH jednotlivých dílčích ploch na rudním odkališti ve Chvaleticích (vysvětlivky: N.A. – nejsou data).

<b>Plocha</b>	<b>Relativní vlhkost (%)</b>	<b>pH</b>
2	10,92	5,7
3	17,67	6,65
4	14,30	6,65
5	13,30	6,39
6	18,38	6,83
7	25,80	6,6
8	22,52	5,3
9	14,85	6,5
10	21,85	N.A.
11	26,53	6,9
12	16,17	N.A.
13	11,85	N.A.

Klimatologická data o stanovišti byla převzata z dostupných informací Českého hydrometeorologického ústavu, ze sekce Historická data o počasí, konkrétně z územních srážek a územních teplot Pardubického kraje od roku 1983 (Obr. 1, Tab. 3). Tento rok byl zvolen proto, že v něm začal růst nejstarší strom z 90 vzorkovaných stromů, z jejichž vrtů bylo určeno stáří dřevin na dílčích plochách 1-13 (ČHMÚ 2002).

Tab. 3: Přehled ročních úhrnů srážek a průměrných ročních teplot v období 1983-2018. Zpracováno na základě dat ČHMÚ (2002).

<b>ROK</b>	<b>SRÁŽKY (mm)</b>	<b>Teplota (°C)</b>
1983	593	8,2
1984	612	7,1
1985	736	6,4
1986	749	7,2
1987	813	6,6
1988	704	7,9
1989	615	8,4
1990	538	8,4
1991	619	7,1
1992	588	8,6
1993	651	7,6
1994	712	8,9
1995	848	8
1996	656	6,4
1997	819	7,6
1998	757	8,1
1999	658	8,3
2000	710	9,2
2001	859	7,7
2002	795	8,7
2003	551	8,2
2004	641	7,8
2005	732	7,7
2006	748	8,2
2007	731	9,1
2008	612	8,9
2009	731	8,4
2010	866	7,3
2011	610	8,6
2012	677	8,3
2013	690	8,1
2014	668	9,5
2015	536	9,5
2016	568	8,7
2017	723	8,6
2018	458	9,8

### 3. 6 Statistické zpracování

Pro veškerou práci s tabulkami a grafy byl po celou dobu zpracovávání bakalářské práce používán program Excel. Nejprve byly všechny informace o jednotlivých odebíraných dřevinách převedeny z programu Past5 do programu Excel (Příloha 1), kde došlo k jejich

úpravě, vytvoření tabulek, výpočtů základních popisných statistik (Příloha 2, 3, 4). Následně došlo k vytvoření sloupcových, bodových a krabicových grafů. V krabicových grafech jsou zobrazeny kvartily, mediány a odlehlé hodnoty. Šířka mezery mezi jednotlivými krabicovými grafy byly nastavená na 50 %. Křížek v krabicových grafech znamená průměrnou hodnotu a čára skrz krabicový graf udává medián.

Pro analýzu stáří dřevin a jejich přírůstků vzhledem k odlišným stanovištním poměrům a klimatickým poměrům, byla použita regresní statistika v programu Excel (Tab. 4). Zkoumán byl vliv vlhkosti půdy a pH na stáří dřevin a vliv ročního úhrnu srážek a průměrných teplot na přírůstky jednotlivých druhů dřevin v jednotlivých letech. Tyto vztahy byly zkoumány na všech odebraných dřevinách dohromady, a potom i na každém rodu (*Betula* a *Populus*,) zvlášť. Pro porovnání stáří a přírůstků exemplářů z rodů *Betula* a *Populus* mezi sebou byl použit dvouvýběrový t-test (Tab. 4). U všech dat byla provedena logaritmická transformace a všude byla počítána hladina významnosti 5 %. Informace o přírůstcích exemplářů z rodu *Robinia* nemají velkou vypovídající hodnotu, protože byly odebrány pouze 3 vzorky, a proto nebyl do statistické analýzy zahrnut.



Tab. 4: Přehled realizovaných statistických analýz použitých při vyhodnocování dat

Jednoduchá lineární regrese (logaritmická transformace dat)	Dvouvýběrový F-test pro rozptyl, Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů (případně Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů), logaritmická transformace
1. Vliv vlhkosti půdy na věk dřevin	1. Odlišnost věku <i>Betula</i> sp. a <i>Populus tremula</i>
2. Vliv pH půdy na věk dřevin	2. Odlišnost velikosti ročních přírůstků <i>Betula</i> sp. a <i>Populus tremula</i>
3. Vliv vlhkosti půdy na věk <i>Betula</i> sp.	3. Odlišnost průměrného věku <i>Betula</i> sp. a <i>Populus tremula</i> na dílčích plochách
4. Vliv vlhkosti půdy na věk <i>Populus tremula</i>	4. Odlišnost velikosti ročních přírůstků <i>Betula</i> sp. a <i>Populus tremula</i> v jednotlivých letech
5. Vliv pH půdy na věk <i>Betula</i> sp.	
6. Vliv pH půdy na věk <i>Populus tremula</i>	
7. Vliv ročního úhrnu srážek na roční přírůstky dřevin	
8. Vliv ročního úhrnu srážek na roční přírůstky <i>Betula</i> sp.	
9. Vliv ročního úhrnu srážek na roční přírůstky <i>Populus tremula</i>	
10. Vliv průměrné roční teploty na roční přírůstky dřevin	
11. Vliv průměrné roční teploty na roční přírůstky <i>Betula</i> sp.	
12. Vliv průměrné roční teploty na roční přírůstky <i>Populus tremula</i>	

### 3.7 Vytvoření mapového podkladu v programu Q-GIS

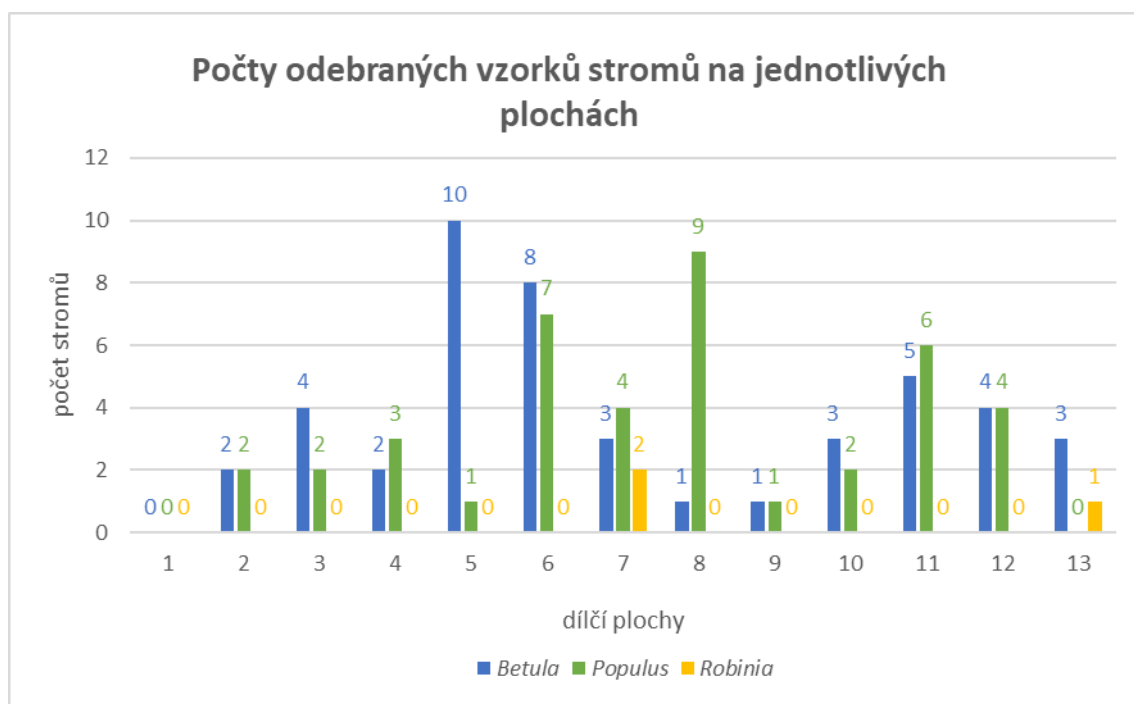
Veškeré mapy byly vytvořené v programu Quantum GIS (Q-GIS). Byla využita volně přístupná vektorová ortofoto vrstva z databáze ČÚZK. Byla vytvořena polygonová vrstva vykreslující dílčí plochy podle předlohy. Při tvorbě polygonové vrstvy byly ke všem dílčím plochám přidány základní informace o pokryvnosti stromového patra, počtu odebraných exemplářů z rodů *Betula*, *Populus* a *Robinia*, průměrném věku dřevin a maximálním stáří dřevin pro možnost pozdější práce s těmito informacemi. Podle stáří jednotlivých dílčích ploch byla vytvořena barevná mapa, kde každá barva symbolizuje jiné stáří (Obr. 13). Souřadnice odebíraných stromů a rohů vytyčených čtverců pro hodnocení početnosti a pokryvnosti byly převedeny do WGS souřadnicového systému a byly zobrazeny na mapě

(Obr. 6, 10). Při tvorbě všech mapových výstupů bylo do map přidáno měřítko a u barevné mapy i legenda.

## 4 Výsledky

### 4.1 Charakter vegetačního krytu na dílčích plochách

Celkem bylo na lokalitě odebráno 90 vzorků, z toho 46 z břízy (*Betula* spp.), 41 z topolu osiky (*Populus tremula*) a 3 z trnovníku akátu (*Robinia pseudoacacia*). Jména dřevin budou v následujícím textu uvedena pouze latinským rodovým jménem (*Betula*, *Populus*, *Robinia*). Na ploše číslo 1, která má charakter rákosiny, nebyly odběry provedeny, protože se zde žádné stromy nevyskytují. Trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) byl odebírán jen na dílčích plochách 7 a 13 v celkovém počtu tří jedinců (Obr. 9). Vzhledem k nízkému zastoupení trnovníku akátu na celém území byl tento druh z některých analýz vyloučen.



Obr. 9: Počty odebraných vzorků stromů na jednotlivých dílčích plochách.

*Betula* byla nejvíce zastoupena na ploše číslo 5, naopak nejméně bylo odebráno shodně na plochách číslo 8 a 9. Vzorky rodu *Populus* byly nejvíce odebrány na dílčí ploše 8, ale žádný nebyl odebrán na ploše číslo 13 (Obr. 9)

Na ploše 2 byly odebrány 4 vzorky, z toho 2 vzorky *Betula* a 2 *Populus*. Tato dílčí plocha je velmi těžko dostupná kvůli navážce suti a svažitosti. Vzorky byly odebírány především v severozápadní části, kde byla přístupnost lepší (Obr. 9, 10). Při hodnocení početnosti a pokryvnosti bylo zjištěno, že stromové patro je málo zapojeno (stupeň 2). Nejvíce bylo vzorků *Betula* (24), z nichž většina byla ve velikostní kategorii A (18 stromů) (Tab. 5).

Na dílčí ploše 3, která má charakter úzkého valu, byla odebrána 4x *Betula* a 2x *Populus*. Dřeviny byly na této ploše odebírány rovnoměrně po celé délce valu (Obr. 9, 10). Nejvíce je tu zastoupené mechové patro (stupeň 4), stromové patro je také zapojeno (stupeň 3).

Obdobně jako na ploše 2, kde bylo odebráno nejvíce odebráno vzorků *Betula* (32), z toho 28 patřilo do kategorie A (Tab. 5).

Plocha 4 má charakter svahu a patří do přilehlého rekultivovaného odkaliště. Na této ploše byly odebrány 2 vzorky *Betula* a 3 vzorky *Populus*. Většina stromů se vyskytovala v její západní části (Obr. 9, 10). Ze získaných informací vyplývá, že na lokalitě převládá mechové patro (stupeň 3) a stromové patro má pouze stupeň 1. V monitorovaném čtverci se vyskytoval pouze jeden exemplář *Betula* a *Populus* a obojí ve velikostní kategorii C (Tab. 5).



Obr. 10: Mapa rudného odkaliště ve Chvaleticích s vyznačenými dílčími plochami a odebranými stromy; ortofoto převzato z: [http://geoportal.cuzk.cz/WMS\\_ORTOFOTO\\_PUB/WMSservice.aspx](http://geoportal.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx); upraveno: Šourek 2019 v programu GIS.

Na dílčí ploše 5 převažovala jednoznačně *Betula*, která zde byla zastoupena 10x. *Populus* pouze 1x. Vzorky byly na této suché, okrajové ploše odebírány rovnoměrně (Obr. 9, 10). Z hodnocení pokryvnosti vyplývá, že na této ploše je nejvíce zapojené mechové a bylinné patro (stupeň 4). Stromové je zastoupeno ve stupni 2. Ve vytyčeném čtverci se vyskytovalo 19 jedinců rodu *Betula* a 3 jedinci rodu *Populus*. Všichni jedinci rodu *Betula* patřili do velikostní kategorie A a B, ale *Populus* patřil jen do kategorie A (Tab. 5).

Nejvíce vzorků (15) bylo odebráno na ploše 6, a to 8x *Betula* a 7x *Populus*. Tato plocha je zároveň největší v rámci celé lokality. Stromy pro odběr byly vybírány rovnoměrně po celé její rozloze (Obr. 9, 10). Na této ploše převažuje stromové patro společně s patrem bylinným (stupeň 3). Nejvíce se v tomto čtverci vyskytovala *Robinia*, konkrétně 18x, všechny exempláře patřily do velikostní kategorie B (Tab. 5).

První plocha, na které byl odebírán nebozezem vzorek z rodu *Robinia*, je plocha 7. Na této ploše bylo všech 9 vzorků odebíráno rovnoměrně po celé rozloze, zhruba ve stejném množství. Odebrána byla 3x *Betula*, 4x *Populus* a 2x *Robinia* (Obr. 9, 10). Z hlediska pokrývnosti převažuje bylinné patro (stupeň 4), stromové patro je zastoupeno stupněm 3. *Betula* se v tomto testovacím čtverci objevovala nejčastěji, konkrétně 17 jedinců, z nichž 11 patřilo do kategorie A (Tab. 5).

Plocha 8 je od ostatních odlišná, protože na ní převažuje *Populus* v celkové počtu 9 vzorků, *Betula* byla odebrána pouze 1x, přičemž bylo dodrženo rovnoměrné odebírání po celé této ploše (Obr. 9, 10) Stromové patro je zastoupeno stupněm 4, stejně jako mechové, avšak převažuje patro bylinné, které má stupeň 5. Nejvíce se ve vytyčeném čtverci vyskytoval *Populus* (55x) z toho 52 stromů patřilo do kategorie A (Tab. 5).

Nejméně vzorků (po vyřazení dílčí plochy 1) bylo na ploše 9. Zde byl odebrán pouze jeden exemplář z každého rodu (*Betula* a *Populus*). Oba stromy byly odebrány v centrální části plochy (Obr. 9, 10). Na této dílčí ploše převažuje keřové patro (stupeň 5), stromové patro je zapojeno minimálně (stupeň 1). Ve vytyčeném čtverci byla nalezena 5x *Betula* ve velikostní kategorii B a C (Tab. 5).

Malou rozlohu má plocha 10, kde byly odebrány jen vzorky z 5 stromů (3x *Betula* a 2x *Populus*). Vzorky byly odebírány hlavně v jižní části této plochy (Obr. 9, 10). Stromové patro je zde zapojeno stejně jako bylinné patro (stupeň 4). *Betula* se v monitorovaném čtverci vyskytovala 30x ve velikostní kategorii A, zatímco *Populus* se vyskytoval 20x hlavně ve velikostní kategorii A (Tab. 5).

Hodně vzorků bylo odebráno také na ploše 11, konkrétně 5x *Betula* a 6x *Populus*. Tato plocha má také poměrně velkou rozlohu a vzorky byly odebírány hlavně v centrální části této plochy (Obr. 9, 10). Stromové patro je tu zapojeno stejně jako patro bylinné (stupeň 4). Ve vytyčeném čtverci radikálně převažuje *Betula* – 79 jedinců, převážně ve velikostní kategorii A (Tab. 5).

Na dílčí ploše 12 byla odebrána 4x *Betula* a 4x *Populus*. Vzorky byly odebírány rovnoměrně po celé ploše (Obr. 9, 10). Na této ploše je nejvíce zapojeno bylinné patro (stupeň 5). Stromové patro je zastoupeno stupněm 3. V monitorovacím čtverci se *Betula* vyskytovala 23x ve velikostní kategorii A. *Populus* se v tomto čtverci vyskytoval 24x, nejvíce v kategoriích A a B (Tab. 5).

Druhá plocha, na které byla odebrána *Robinia*, je plocha 13. Na této ploše se odebírala 3x *Betula* a 1x *Robinia*. Stromy se vyskytovaly pouze v její jihozápadní části u cesty, na zbývající části se vyskytovaly spíše solitérní stromy (Obr. 9, 10). Stromové patro tu bylo zastoupeno stupněm 2, nicméně převažovalo patro bylinné (stupeň 4). V monitorovaném čtverci bylo napočítáno 25x *Betula*, většina v kategorii A, méně v kategorii B (Tab. 5).

Tab. 5: Pokryvnost dřevin na jednotlivých dílčích plochách s počty jedinců dřevin a rozsahem jejich stáří (vysvětlivky: označení jednotlivých pater: E1 = stromové, E2 = keřové, E1 = bylinné, E0 = mechové; stupnice pokryvnosti jednotlivých pater: 1 = do 5%, 2 = 5-25 %, 3= 25-50 %, 4 = 50-75 %, 5 = 75-100 %; velikostní kategorie dřeviny podle obvodu kmene ve výšce 130 cm: A = do 25 cm, B = 25-50 cm, C = nad 50 cm)

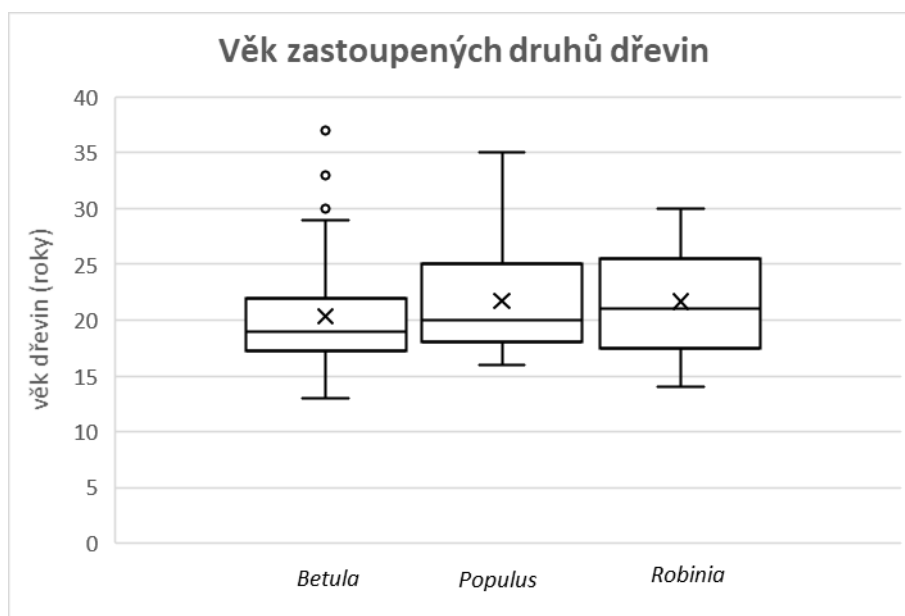
Číslo dílčí plochy	Pokryvnosti jednotlivých ploch				Počty jedinců v E3 patře			Pokryvnost stromů ve velikostních kategoriích A-C									rozsah stáří	
	E3	E2	E1	E0	<i>Betula pendula</i>	<i>Populus tremula</i>	<i>Robinia pseudoacacia</i>	<i>Betula pendula</i>			<i>Populus tremula</i>			<i>Robinia pseudoacacia</i>				
								A	B	C	A	B	C	A	B	C		
1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	2	1	1	2	24	4	0	18	6	0	3	0	1	0	0	0	0	14-27
3	3	2	1	4	32	4	0	28	4	0	3	1	0	0	0	0	0	16-25
4	1	3	4	3	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	19-30
5	2	2	4	4	19	3	0	10	8	1	3	0	0	0	0	0	0	13-20
6	3	1	3	1	11	8	18	9	0	2	4	0	4	0	18	0	0	16-25
7	3	1	4	1	17	2	6	11	8	0	1	0	1	0	0	6	0	14-30
8	4	1	5	4	15	55	0	15	0	0	52	3	0	0	0	0	0	17-25
9	1	5	1	0	5	1	0	0	4	1	0	0	1	0	0	0	0	29-33
10	4	1	4	1	30	20	1	28	2	0	7	12	1	0	0	1	0	23-37
11	4	1	4	0	79	2	0	72	0	7	0	0	2	0	0	0	0	16-35
12	3	1	5	1	23	24	0	21	2	0	10	9	5	0	0	0	0	17-25
13	2	2	4	0	25	0	1	18	7	0	0	1	0	0	0	0	0	14-22

## 4.2 Věk monitorovaných dřevin na dílčích plochách

Po analýze vzorků bylo zjištěno, že nejstarší *Betula* (vzorek 40), dosahovala stáří 37 let na dílčí ploše 10 (Obr. 13) a nejmladší vzorkovaný exemplář (vzorek 82), byl starý 13 let a byl odebrán na ploše 5. Průměrné stáří tohoto rodu bylo 20,37 let a medián byl 19 let (Obr. 11, 12, Příloha 3).

U rodu *Populus* dosahoval nejstarší strom věku 35 let (vzorek 5) a byl odebrán na ploše 11. Naopak nejmladší byly dva vzorky, oba byly staré 16 let. Jednalo se o vzorek 25 na ploše 6 a vzorek 56 na ploše 3. *Populus* dosahoval průměrného stáří 21,73 let a medián tu byl 20 let (Obr. 11, 12, Příloha 3). Rozdíly ve stáří dominantních dřevin *Betula* a *Populus* nám vyšly statisticky neprůkazné ( $P = 0,120804$ ) (Příloha 6).

Třetím a posledním studovaným druhem stromu byla *Robinia*, maximální věk byl 30 let (vzorek 31 na ploše 7) a nejmladší 14 let (vzorek 34 na ploše 7). Rozptyl věku trnovníku byl velký. Ze tří vzorků vyšly rozmanité hodnoty věku, a to: 14; 21 a 30. Průměrný věk ze tří odebraných vzorků rodu *Robinia* byl 21,67 let (Obr. 11, 12) (Příloha 3).



Obr. 11: Věk jednotlivých druhů dřevin na rudném odkališti ve Chvaleticích.

Na ploše 2 byl rozsah stáří 14-27 let (Obr. 12, 13). Průměrné stáří těchto dřevin bylo 19,75 let, medián 19 let (Příloha 2).

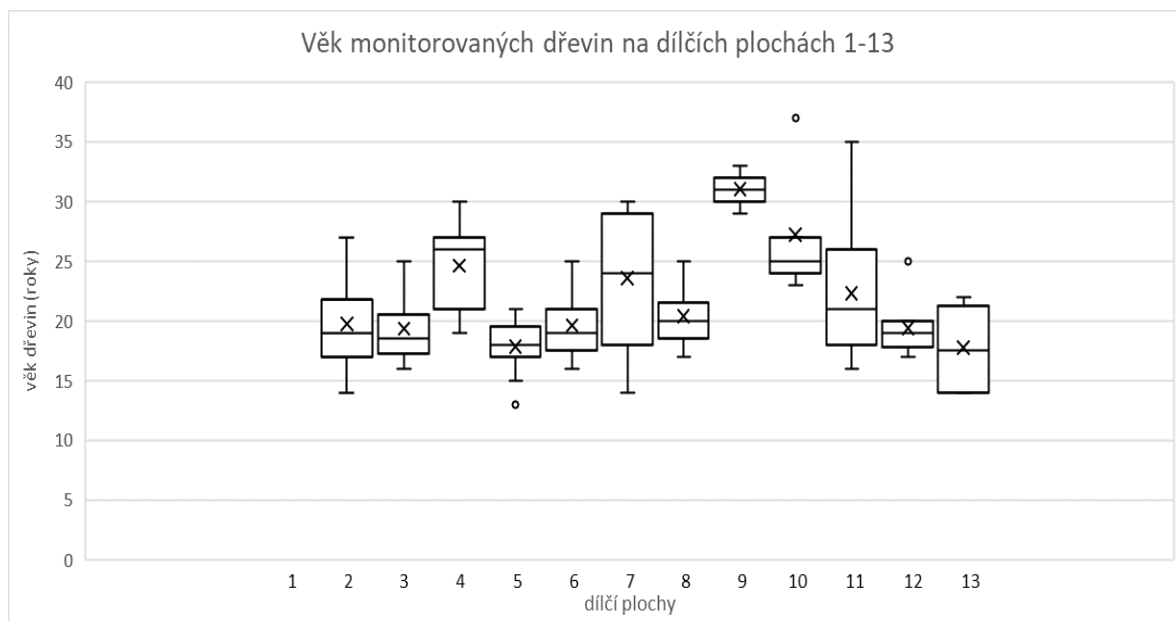
Plocha 3 měla minimální stáří vzorku 16 let a maximální 25 let (Obr. 12, 13). Průměrný věk odebraných vzorků dřevin byl 19,33, medián 18,5 let (Příloha 2).

Rozsah stáří na ploše číslo 4 byl v rozmezí 19-30 let (Obr. 12, 13). Odebrané vzorky dosahovaly průměrně věku 24,6 let a medián 26 let (Příloha 2).

Dílčí plocha číslo 5 dosahovala minimálního stáří odebraných dřevin 13 let a maximálního 21 let (Obr. 12, 13). Analyzované vzorky byly průměrně 17,82 let staré, medián 18 let (Příloha 2).

Minimální stáří na ploše číslo 6 bylo 16 let a maximální 25 let (Obr. 12, 13). Průměrný věk byl na této dílčí ploše 19,6 let, medián 19 let (Příloha 2).

Na dílčí ploše 7 byl rozsah stáří 14-30 let (Obr. 12, 13). Průměrný věk měřených vzorků byl 23,56 let, medián 24 let (Příloha 2).



Obr. 12: Věk dřevin na jednotlivých dílčích plochách na rudním odkališti ve Chvaleticích.

Minimální stáří na ploše 8 bylo 17 let a maximální 25 let (Obr. 12, 13). Odebrané dřeviny byly průměrně staré 20,4 let, medián 20 let (Příloha 2).

Rozsah stáří na dílčí ploše 9 byl 29-33 let (Obr. 12, 13). Průměrný věk i medián na této ploše byl 31 let (Příloha 2).

Na dílčí ploše 10 bylo minimální stáří odebraných vzorků dřevin 23 let a maximální 37 let (Obr. 12, 13). Odebrané vzorky dřevin byly průměrně staré 27,2 let, medián 25 let (Příloha 2).

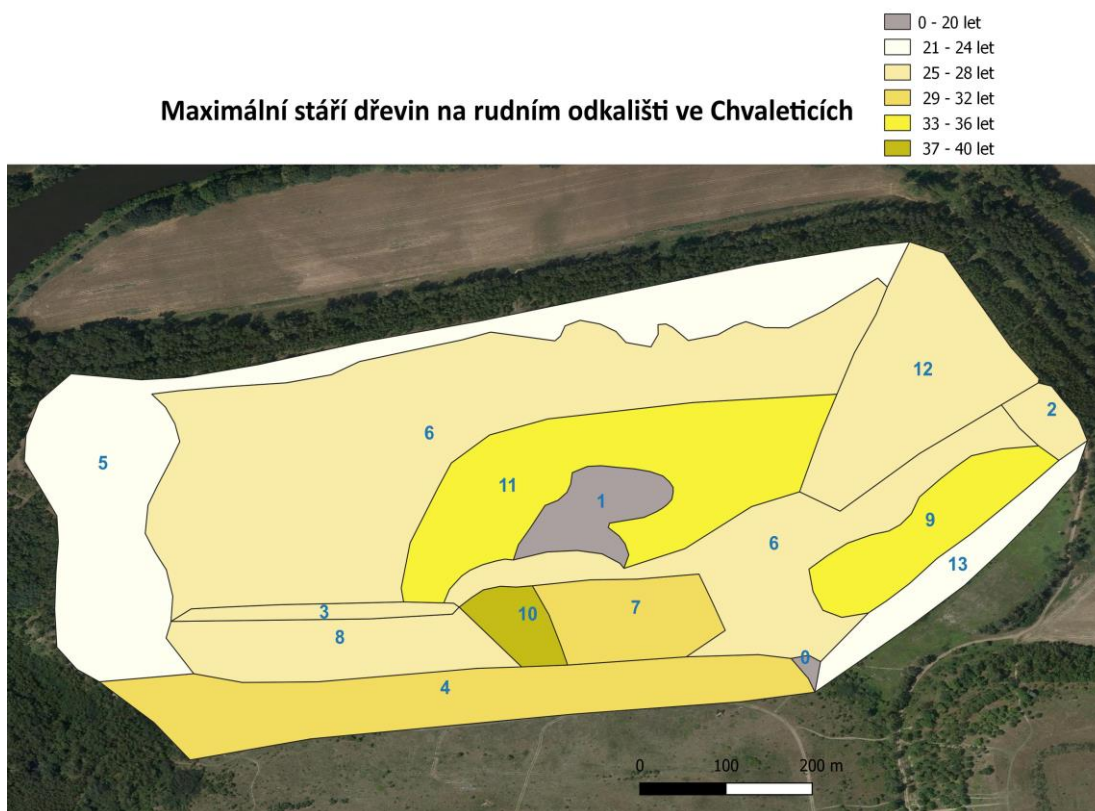
Dílčí plocha 11 měla rozsah stáří 16 až 35 let (Obr. 12, 13). Průměrně byly odebrané vzorky dřevin staré 22,27 let, medián 21 let (Příloha 2).

Minimální stáří na ploše 12 bylo změřeno na 17 let, maximální na 25 let (Obr. 12, 13). Analyzované vzorky dosahovaly průměrného věku 19,38 let, medián 19 let (Příloha 2).

Dílčí plocha 13 měla rozsah stáří 14-22 let (Obr. 12, 13). Průměrné stáří tu bylo 17,75 let, medián 17,5 let (Příloha 2).



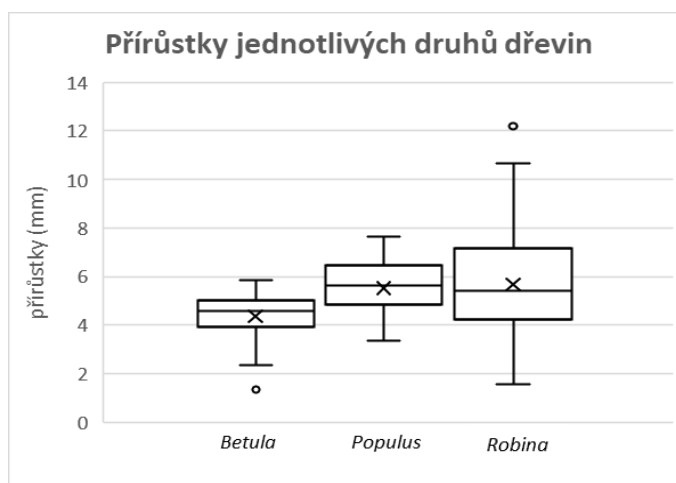
Ze statistické analýzy vyplývá, že průměrný věk dominantních dřevin *Betula* a *Populus* se na jednotlivých dílčích plochách neliší ( $P=0,925708$ ). Věk dřevin (*Betula* sp. + *Populus tremula*) je signifikantně pozitivně ovlivněn vlhkostí půdy (Příloha 5) ( $P= 0,011588$ ).



Obr. 13: Mapa rudního odkaliště ve Chvaleticích s vyznačenými dílčími plochami kategorizovanými podle maximálního stáří; ortofoto převzato z: [http://geoportál.cuzk.cz/WMS\\_ORTOFOTO\\_PUB/WMSservice.aspx](http://geoportál.cuzk.cz/WMS_ORTOFOTO_PUB/WMSservice.aspx); upraveno: Šourek 2019 v programu GIS.

### 4.3 Přírůstek dřevin

Průměrný roční přírůstek činil u rodu *Betula* 4,3624 mm. Minimální změřený roční

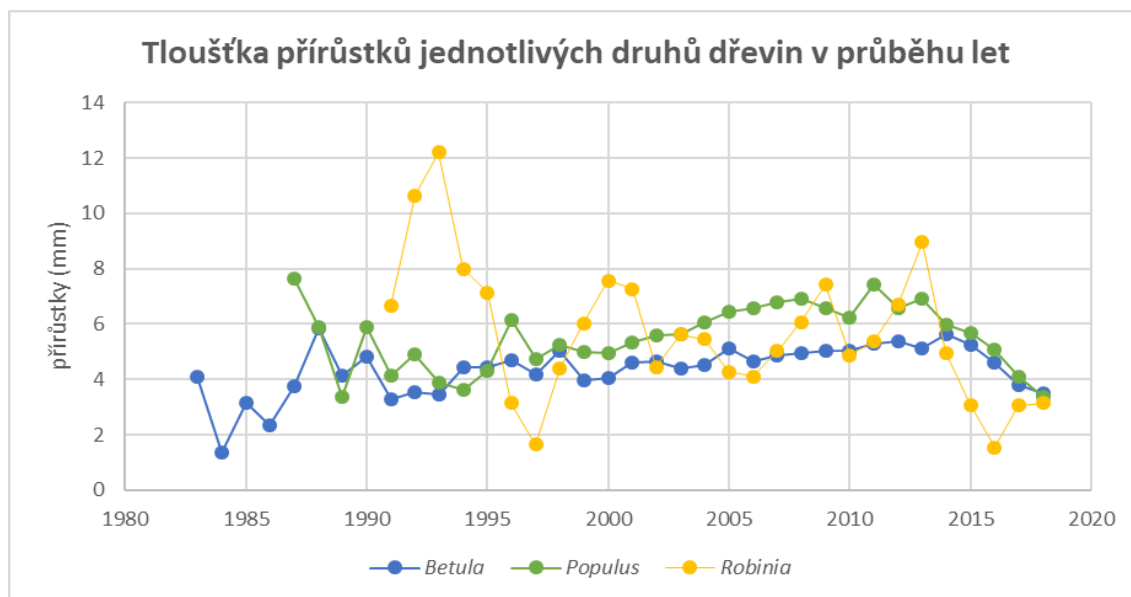


Obr. 14: Přírůstky jednotlivých druhů dřevin na lokalitě.

přírůstek u tohoto rodu byl 1,350 mm, zatímco maximální byl 5,850 mm. Mediánem u tohoto rodu bylo 4,5608 mm (Obr. 14).

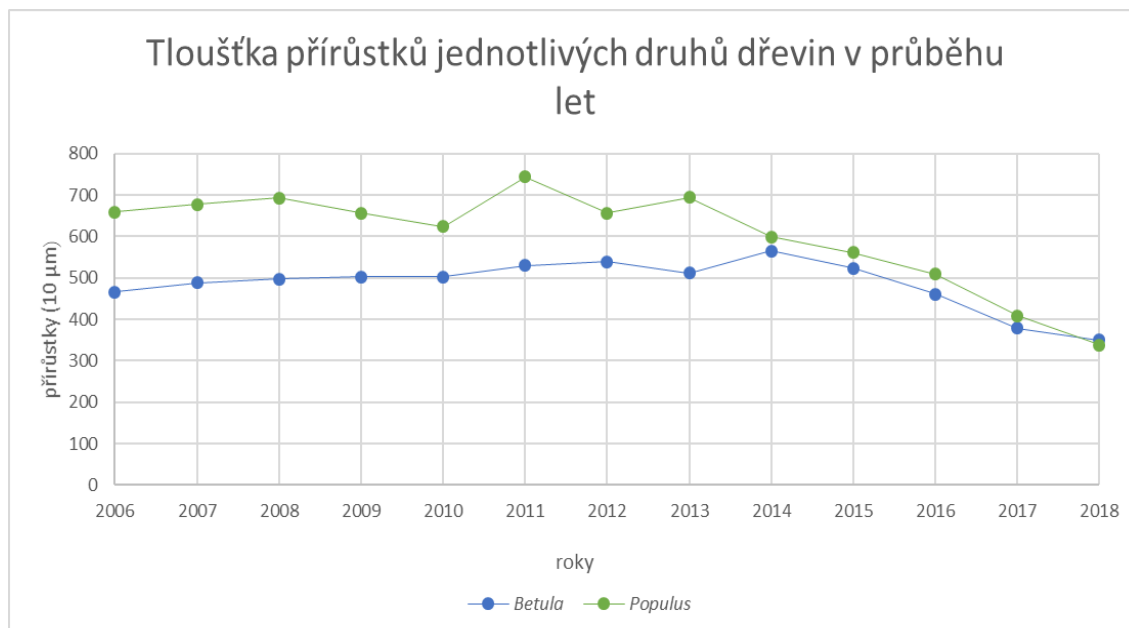
Rod *Populus* dosahoval průměrného přírůstku 5,5292 mm. Minimální přírůstek byl 3,35 mm a maximální 7,65 mm. Medián byl spočítán na 5,6301 mm (Obr. 14).

Průměrný roční přírůstek u rodu *Robinia* byl 5,673214 mm. Minimální přírůstek u tohoto rodu byl 1,55 mm, zatímco maximální byl 12,2 mm. Medián byl 5,408334 mm (Obr. 14, Příloha 4).



Obr. 15: Přírůstky jednotlivých druhů dřevin na zájmovém území v průběhu let.

Z výsledků vyplývá, že *Populus* má průměrně větší přírůstky než *Betula*. Průkazně tento rozdíl vyplývá i ze statistického zpracování ( $P=1,799138E-12$ ) (Příloha 6). Přírůstky dřevin jsou do roku 2000 nekonzistentní (Obr. 15). Exemplářů s takto starými přírůstky bylo málo, proto nemají tak vypovídající statistickou hodnotu. Od roku 2000 se přestávají u rodu *Populus* a *Betula* vytvářet výchyly a křivka začíná být konstantní.



Obr. 16: Graf přírůstků jednotlivých rodů dřevin v období 2006-2018 v zámjnovém území

Rod *Robinia* má po celou dobu velké výkyvy v přírůstání, důvodem je malý počet odebraných exemplářů. Od roku 2006 do roku 2010 byly přírůstky za jednotlivé roky poměrně konstantní. *Betula* v tomto období průměrně přirůstala o 5 (mm), zatímco *Populus* měl své průměrné roční přírůstky za toto období v rozmezí 6-7 (mm). V letech 2011-2013 docházelo u obou rodů k výkyvům v přírůstcích. *Populus* dosáhl maxima v přírůstání v roce 2011, kdy byl jeho průměrný roční přírůstek 7,4329 (mm), v tom samém roce *Betula* překročila hranici 5 (mm) na 5,2957 (mm). Zajímavý je rok 2014, kdy se *Populus* poprvé dostal pod hranici 6 (mm). Naopak *Betula* dosáhla v tomto roce svého maxima v přírůstání na hodnotu 5,6533 (mm). Od roku 2014 do roku 2018 mají průměrné roční přírůstky obou rodů dřevin klesající tendenci. V roce byl poprvé větší průměrný roční přírůstek u rodu *Betula* (3,5022 (mm)), zatímco u rodu *Populus* (3,3768 (mm)) (Obr. 16). Roční přírůstky byly rozdílné mezi jednotlivými kalendářními roky ( $P=0,000474$ ) (Příloha 6).

Ze statistické analýzy vyplývá signifikatní vliv ročního úhrnu srážek ( $P = 0,000596$ ) a průměrných ročních teplot ( $P = 0,022139$ ) na roční přírůstky dřevin (*Betula* spp. + *Populus tremula*) (Příloha 5).

## 5 Diskuze

Jednotlivé dílčí plochy se liší v pokryvnosti stromového patra. Na dílčí ploše 1 není stromové patro založeno, protože tu až do konce 90. let byla trvalá vodní plocha (KOVÁŘ 1979), která se postupně změnila v mokřad zarůstající rákosem obecným (*Phragmites australis*). V současné době je prostor zarostlý monocenózou rákosu. S rostoucí vzdáleností od centrální části odkaliště se pokryvnost stromového patra snižuje (KOVÁŘ 2004). V současné době je největší pokryvnost stromového patra na plochách 7, 8, 10 a 11.

Jednou z příčin rozdílné pokryvnosti dřevin je relativní vlhkost půdy, což bylo i statisticky prokázáno. Z výsledků EURO MANGANESE INC. (2019) vyplývá, že na centrálních plochách je relativní vlhkost větší (plocha 11 – 26,53 %; plocha 7 – 25,80 %; plocha 8 – 22,52 % a plocha 10 – 21,85 %) než na plochách okrajových (10,92 – 17,67 %).

Dalším faktorem, který ovlivnil současnou pokryvnost dřevin na lokalitě, byl požár, který proběhl v srpnu 1994. Největší dopad měl požár na dílčí plochu 6 a okrajové části dílčí plochy 11 (KOVÁŘ P., ústní sdělení). ŠTEFÁNEK (2004) uvádí, že požár způsobil pokles aktuální vlhkosti půdy na zasažených plochách. Nepotvrdil rozdílnou intenzitu rozkladu organické hmoty na spálených a nespálených místech. Vlhkost půdy se lišila i v souvislosti s odlišnými ročními úhrny srážek (v této práci je zachyceno období 1983-2018 ve vztahu k věku nejstaršího vzorkovaného stromu).

Lze předpokládat, že vliv na sukcesi má i chemismus substrátu (obsah solí nebo těžkých kovů), které určují životaschopnost semenáčků ovlivněných silným stresem. DOSTÁL (1997) uvádí, že slanost substrátu i disturbance suchem ovlivňuje životaschopnost semenné banky. Kvůli silnému zasolení se na odkališti stále nacházejí místa zcela bez vegetace projevující se tvorbou slaných krust na povrchu substrátu. Nejmarkantněji to je vidět během evaporace, kdy je sůl přinášena na povrch (RAUCH 1996). Měření toxicity substrátu nebylo předmětem této práce, ale již předchozí studie KOVÁŘ (2004) ukazuje na schopnost břízy bělokoré (*Betula pendula*) a topolu osiky (*Populus tremula*) vázat značné množství toxických prvků ve své nadzemní biomase. *Populus* obecně váže tyto prvky více než *Betula*. Tyto pionýrské druhy dřevin jednoznačně dominují na všech studovaných dílčích plochách.

Roli v uchytování semenáčků asi podporují disturbanční faktory jako větrná eroze, disturbance zvířaty a člověkem. Například okrajové plochy 4, 5 a 13 jsou disturbovány motorkáři. Zatímco plocha 5 je rovinatá, na plochách 4 a 13 spolu synergicky působí svažitosť terénu a disturbance motorkáři. V centrálnější části naopak převládá disturbance způsobená černou zvěří. Při disturbanci dochází k lokálnímu odstranění slaných krust, prokypření substrátu a zlepšení podmínek pro ecesi semenáčků. Proto se skupiny stromů

častěji vyskytují především u vyjetých kolejích, stezek, či shromaždišť zvěře. Úspěšnou ecesi semenáčků podporuje přítomnost biomasy a nekromasy, v nichž se snadněji zachytávají semena, která využívají ochrany proti odnosu větrem a zlepšuje mikroklimatické podmínky (větší vlhkost, mírnější teplotní extrémy, dostupnost živin) DLOUHÁ (2000). Pravděpodobně na stejném principu funguje pás keřů na ploše 9, jejíž jižní okraj je bohatý výskytem dřevin, které naopak zcela chybí na kontaktní ploše 13.

Dílčí plochy se liší v druhovém složení dřevin. Břízy převažují nad topoly především v okrajových dílčích plochách, zatímco na plochách blíže k centrální rákosině se poměr mezi počtem bříz (*Betula* spp.) a topolu osiky (*Populus tremula*) snižuje. Břízy (*Betula* spp.) jsou nenáročné na podmínky substrátu a jsou iniciačními dřevinami během primární sukcese, zatímco topol kolonizuje vlhká stanoviště blíže k centru odkaliště (MRÁZEK 2004). Kromě břízy a topolu se na některých dílčích plochách vyskytuje trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*). Výskyt těchto dřevin uvádí již DOSTÁL (1997). V bylinném patře je výraznou dominantou třtina křovištní (*Calamagrotis epigejos*) a její pokryvnost se zvyšuje od středu k okraji.

ŠTEFÁNEK (2004) uvádí, že populace topolu osiky (*Populus tremula*) byla podpořena požárem v roce 1994. Tento druh zvýšil svou fyziologickou aktivitu potřebnou pro regeneraci díky své klonalitě. Stejně závěry měl HERRANZ et al. (1996) při studiu sukcese lesního porostu buku lesního (*Fagus sylvatica*) a borovice lesní (*Pinus sylvestris*). Důvodem by mohly být následky požáru, který zapůsobil pozitivně na populace topolů osik (*Populus tremula*) ŠTEFÁNEK (2004). I když ŠTEFÁNEK (2004) uvádí, že požár nemá na populace bříz vliv a jejich počet se zásadně nemění, z výsledků této práce vyplývá, že se kodominanta bříza (*Betula* sp.) na ploše postižené požárem vyskytuje v menším zastoupení než na plochách požárem nepostižených.

MRÁZEK (2004) uvádí, že břízy (*Betula* spp.) ani trnovníky akáty nejsou na hodnotu pH náročné a rostou při jakékoliv hodnotě, naopak topol osika (*Populus tremula*) vyžaduje pro rychlý a zdravý růst neutrální nebo mírně kyselé prostředí. V našich statistických analýzách nebyl vliv pH půdy na stáří dřevin potvrzen (Příloha 5).

Spontánní sukcese směřuje na rudním odkališti ve Chvaleticích k porostu dřevin s dominantní břízou (*Betula* sp.), topolem osikou (*Populus tremula*), zřídka se ve vlhčích částech objevuje trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*) nebo olše (*Alnus* spp.). Naopak v sušších částech odkaliště se začíná objevovat borovice lesní (*Pinus sylvestris*) (PRAUSOVÁ et al. 2017).

Průměrné stáří vzorkovaných dřevin na celé lokalitě je 21 let. Úspěšná ecese dřevin nenastala ihned po ukončení těžby v polovině 70. let. Lze předpokládat krátkodobé přežívání semenáčků dřevin, které nakonec odumřely z důvodu působení výše popsaných

stresových faktorů. Na plochách nezasazených požárem byly zjištěny dřeviny přesahující 30 let (nejstarší – 37 let). Na základě měření stáří dřevin lze konstatovat, že *Populus* a *Betula* začaly odkaliště osidlovat přibližně ve stejnou dobu (od roku 1983), což vyšlo průkazně též ve statistickém vyhodnocení dat (Příloha 6). Ze vzorkovaných nejmohutnějších dřevin na ploše 6 byl jediný exemplář topolu osiky (*Populus tremula*) starší 24 let, to znamená, že přežil požár, ostatní dřeviny byly mladší a uchytily se až po požáru. Při porovnání stáří dřevin *Betula* a *Populus* nevyšly statisticky průkazné rozdíly (Příloha 6).

Při zkoumání ročních přírůstků jednotlivých druhů dřevin bylo zjištěno, že se neliší přírůstky mezi jednotlivými dílčími plochami (Příloha 6). Statisticky průkazně se liší přírůstky mezi jednotlivými roky (příloha 6). Topol osika (*Populus tremula*) roste rychleji než bříza (*Betula* spp.). Největší přírůstky (i přes 10 mm za rok) měl trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), který se ale vyskytuje pouze v několika exemplářích na vlhkých stanovištích. Velikost přírůstků dřevin je ovlivněná ročním úhrnem srážek a průměrnou roční teplotou, což potvrdila regresní analýza (Příloha 5). Od roku 2013 má průměrný úhrn srážek klesající tendenci, naopak průměrná roční teplota má vzrůstající tendenci, což se projevuje na velikostech přírůstků, které mají klesající tendenci.

## 6 Závěr

Na území České republiky je spousta antropogenních stanovišť. Ekologové se snaží bourat zažitý mýtus o pozitivním účinku technických rekultivací těchto stanovišť a naopak dostat do povědomí lidí jednoduchost a finanční nenáročnost spontánní sukcese. Na druhou stranu je technická rekultivace žádoucí v případě, že je lokalita ohrožena erozí, nebo je v blízkosti lidských sídel, anebo je plánované její rekreační využití. I když na našem území stále rekultivace převažuje, díky oboru ekologická obnova se uplatňují nové přístupy respektující přirozené přírodní procesy.

V této práci jsem se snažil formou literární rešerše udělat přehled o hlavních antropogenních stanovištích na našem území a speciálně se zaměřit na rudní odkaliště ve Chvaleticích, které je už dlouhou dobu ponecháno spontánní sukcesi a probíhá/probíhala na něm řada výzkumů.

V rámci praktické části práce jsem se snažil zjistit, kdy sukcese na rudním odkališti ve Chvaleticích začala. Ke zkoumání této problematiky jsem zvolil metodu dendrochronologie, která mi umožnila zjistit nejen stáří dřevin, ale poskytla též informace o ročních přírůstcích odebraných exemplářů. Pro zjištění současné druhové diverzity dřevin a jejich pokryvnost jsem použil zjednodušený postup odvozený od zápisu fytoecologického snímku. Průzkum proběhl na 13 dílčích plochách odlišných charakterem vegetačního krytu.

Z výsledků vyplynulo, že průměrné stáří nejstatnějších dřevin je 21 let, což souvisí s požárem v roce 1994, který zasáhl velkou část lokality. Dominantními druhy dřevin tu jsou bříza (*Betula* sp.), topol osika (*Populus tremula*) a trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*). Nejstarší odebraný vzorek patřil bříze (*Betula* spp.), u níž bylo zjištěno stáří 37 let. Tento exemplář nebyl poškozen požárem v roce 1994. I když byli k odběrům vzorků Presslerovým přírůstovým nebozezem vybírání jedinci s nejširším kmenem, právě tento exemplář břízy nevykazoval na první pohled známky vysokého stáří. Signifikační vliv na věk dřevin má především vlhkost půdy, kterou se vzájemně jednotlivé dílčí plochy liší. Naopak vliv pH půdy na stáří dřevin na 13 dílčích plochách nebyl statisticky průkazný.

Statisticky průkazný byl rozdíl v průměrných ročních přírůstcích dřevin - topolu osiky (*Populus tremula*) byly roční přírůstky větší (5,67 mm) než u břízy (*Betula* spp.) (4,36 mm). Na roční přírůstky mají vliv průměrné roční teploty a roční úhrny srážek zjištěné z dostupných dat ČHMÚ. Velikost průměrných ročních přírůstků má klesající tendenci, což pravděpodobně souvisí s tím, že se za poslední roky snížil roční úhrn srážek a zvýšila se průměrná roční teplota.

Bakalářská práce odpověděla na otázku, kdy začala spontánní sukcese dřevin na lokalitě, které dřeviny se v ní uplatnily a v jakém zastoupení. Výsledky doplňují již známé informace z předchozích průzkumů na lokalitě a podporují současné trendy oboru Ekologie obnovy, upřednostnit spontánní sukcesí před technickou rekultivací. Pozitivem nového směru je jak vyšší biologická hodnota (vyšší biodiverzita) spontánně obnovovaného ekosystému, tak i výraznější nižší ekonomická náročnost. V budoucnu by se získané informace o stáří a ročních přírůstcích dřevin mohly analyzovat v souvislosti s daty o chemismu půdy, zejména s obsahem těžkých kovů a intenzitou zasolení. Další pozornost by mohla být věnována vlivu různých disturbančních faktorů na přirůstání dřevin. Bakalářská práce by mohla sloužit jako podklad pro práci diplomovou.



## 7 Literatura

- BOUKAL M. (2010): Zhodnocení usměrněné spontánní obnovy z hlediska vodních brouků na několika vybraných jihočeských pískovnách, doplněné poznámkami k jejich dalšímu managementu. *Elateridarium 4: 78-93*.
- BRAUN-BLANQUET J. (1928): Pflanzensoziologie. Grundzüge der Vegetationskunde. Verlag von Julius Springer, Berlin.
- ČHMÚ. 2002. Územní teploty [online]. [cit. 3.4.2019]. Dostupné z WWW: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-teploty>.
- ČHMÚ. 2002. Územní teploty [online]. [cit. 3.4.2019]. Dostupné z WWW: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/uzemni-srazky>.
- DANIHELKA J., CHRTEK J. JR. & KAPLAN Z. (2012): Checklist of vascular plants of the Czech republic. – Preslia, Praha, 84: 647–812.
- DEMEK J. & MACKOVČIN P. [eds.] (2006): Hory a nížiny. Zeměpisný lexikon ČSR. AOPK ČR, Praha.
- DLOUHÁ V. (2000): Functions of dead organic matter in primary succession on abandoned ore washery sedimentations basin in Chvaletice. – Ms.; Master thesis, Department of Botany, Charles University, Prague.
- DOSTÁL P. (1997): Succession on abandoned ore deposit of the sedimentation pond in Chvaletice (SE Labe River Basin, Czech Republic). – Ms. [Dipl. Thesis, depon. In Library of the Department of Botany, Charles University, Benátská 2, Praha 2].
- EURO MANGANESE INC. (2019): Public Report and Preliminary Economic Assessment for the Chvaletice Manganese Project, Chvaletice, Czech Republic.
- FILIP J. (1948): Právěké Československo. – Státní tiskárna.
- FROUZ J., POPPERL J., PŘIKRYL I. & ŠTRUDL J. (2007): Tvorba nové krajiny na Sokolovsku. – Sokolovská uhelná, právní nástupce a.s., Sokolov.
- FROUZ J., PRACH K., PIŽL V., HÁNĚL L., STARÝ J., TAJOVSKÝ K., MATERNA J., BALÍK V., KALČÍK J. & ŘEHOUNKOVÁ K. (2008): Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European Journal of Soil Biology 44: 109–121*.
- FROUZ J., MUDRÁK O., REITCHMIEDOVÁ E., WALMSLEY A., VACHOVÁ P., ŠIMÁČKOVÁ H., ALBRECHTOVÁ J., MORADI J. & KUČERA J. (2018): Rough wave-like heaped overburden promotes establishment of woody vegetation while leveling promotes grasses during unassisted post mining site development. *Journal of Environmental Management 205: 50–58*.
- HENEBERG P. (2009): Analýza hnízdní populace břehulí v Jihočeském kraji v r. 2009. *Sdružení Calla, České Budějovice*.
- HERRANZ J. M., MARTINEZ-SANCHES J. J. DE LAS HERAS J. & FERRANDIS P. (1996): Stages of plant succession in *Fagus sylvatica* L. and *Pinus sylvestris* L. forests of Tejera Negra Natural Park (central Spain), three years after fire. – *Israel J. Plant Sci., 44: 347-358*.
- HODAČOVÁ D. & PRACH K. (2003): Spoil heaps from brown coal mining: technical reclamation vs. spontaneous re-vegetation. *Restoration Ecology 11: 358-391*.
- HORČÍKOVÁ E. (2010): Vliv prasete divokého na vegetaci semixerotermních trávníků. – Ms; dipl. pr., depon. In Ústav životního prostředí Přírodovědecké fakulty Univerzity Karlovy, Praha.
- CHÁB, J., STRÁNÍK, Z., ELIÁŠ, M. (2007): Geologická mapa České republiky 1:500 000. – Čes. geol. služba. Praha.

- KOVÁŘ P. (1979): Geobotanické aspekty rekultivace odkališť manganorudných a kyzových závodů Chvaletice. *Práce a Studie, Příroda 11*: 63-78.
- KOVÁŘ P. (1994): Vegetation monitoring and restoration ecology in landscape: Changes on sediment deposits at Chvaletice (Central Bohemia – Labe River Basins). *Příroda 1*, 79-96.
- KOVÁŘ P. [ed.] (2004): Natural recovery of human-made deposits in landscape (Biotic interactions and ore/ash-slag artificial ecosystems). – Academia, Praha.
- KOVÁŘ P., ŠTEFÁNEK M. & MRÁZEK J. (2011): Responses of vegetation stages with woody dominants to stress and disturbance during succession of abandoned tailings in cultural landscape. *Journal of Landscape Ecology 4(2)*: 35–48.
- KOVÁŘ P., VOJTÍŠEK P. & ZENTSOVÁ I. (2013): Ants as ecosystems engineers in natural restoration of human made habitats. *Journal of Landscape ecology 6(1)*: 18-31.
- KOVÁŘ P., RAUCH O., PECH P., PAUSOVÁ R., DVOŘÁČKOVÁ M., ŠTEFÁNEK M. & VOJTÍŠEK P. (2018): Interakce rostliny-mravenci v obnově biotopů na opuštěných odkalištích. In: JONGEPIEROVÁ I., PEŠOUT P. & PRACH K. [eds.] (2018): Ekologická obnova v České republice II.: 179-184, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
- KUBÁTOVÁ A., VAŇOVÁ M. & PRÁŠIL K. (1996): Biodiversity of saprophytic soil micromycetes on abandoned sedimentation ponds and their role in vegetation succession on toxic substrate.: 36-57. – In: KOVÁŘ P., HROUDOVÁ Z. (eds): Biotic interactions during vegetation succession on toxic substrate. Final Report for Grant Agency of Czech Republic, Prague.
- MRÁZEK J. (2004): Comparison of the growth of dominant trees (*Betula pendula*, *Populus tremula*) in primary succession on toxic substrate. – In: KOVÁŘ P. [ed.] (2004): Natural recovery of human-made deposits in landscape (Biotic interactions and ore/ash-slag artificial ecosystems). – Academia, Praha.
- MUDRÁK O., FROUZ J. & VELICHOVÁ V. (2010): Understory vegetation in reclaimed and unreclaimed post-mining forest stands. *Ecological Engineering 36*: 783–790.
- MUDRÁK O. & FROUZ J. (2018): Obnova ekosystémů na sokolovských výsypkách pomocí sukcesních procesů – In: JONGEPIEROVÁ I., PEŠOUT P. & PRACH K. [eds.] (2018): Ekologická obnova v České republice II.: 174-178, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
- NEUSTUPA J., ŠKALOUD P., PEKSA O., KUBÁTOVÁ A., SOLDÁN Z., ČERNÁ K., PRÁŠIL K., BUKOVSKÁ P., VOJTA J., PAŽOUTOVÁ M., VESELÁ J. & ŠKALOUDOVÁ M. (2009): The biological soil crust in Central European ecosystems , with special reference to taxonomic structure and ecology of the surface crusts at Czech ore-waste and ash-slag sedimentation industrial basins. *Novitates Botanicae Universitatis Carolinae 19/2008*: 9-99.
- POHLOVÁ R. (2004): Changes on microsites of the moss *Ceratodon purpureus* and lichens *Peltigera didactyla* and *Cladonia* sp. div. in the abandoned sedimentation basins in Chvaletice. – In: KOVÁŘ P. [ed.] (2004): Natural recovery of human-made deposits in landscape (Biotic interactions and ore/ash-slag artificial ecosystems). – Academia, Praha.
- QUITT E. (1971): Klimatické oblasti Československa. *Stud. Geogr., Brno*, 16: 1–73.
- PRACH K. (1987): Succession of vegetation on dumps from strip coal mining, N. W. Bohemia, Czechoslovakia. *Folia Geobot. Phytotax 22*: 339–354.
- Prach K. (2012): Výsypky po těžbě uhlí na Mostecku: potenciál spontánní sukcese pro obnovu. – In: JONGEPIEROVÁ I., PEŠOUT P., JONGEPIER J. W. & PRACH K. (eds.) (2012):

- Ekologická obnova v České republice.: 97-98, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
- PRACH K., JÍROVÁ A. & DOLEŽAL J. (2014): Pattern of old-field vegetation succession on a country scale. *Preslia* 86: 119-130.
- PRACH K., TICHÝ L., LENCOVÁ K., ADÁMEK M., KOUTECKÝ T., SÁDLO J., BARTOŠOVÁ A., NOVÁK J., KOVÁŘ P., JÍROVÁ A., ŠMILAUER P. & ŘEHOUNKOVÁ K. (2016): Does succession run towards potential natural vegetation? An analysis across seres. *Journal of Vegetation Science* 27: 515-523.
- PRACH K. (2018a): Antropogenní stanoviště – In: JONGEPIEROVÁ I., PEŠOUT P. & PRACH K. [eds.] (2018): Ekologická obnova v České republice II.: 163-168, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
- PRACH K. (2018b): Obnova ekosystémů na orné půdě spontánní sukcesí – In: JONGEPIEROVÁ I., PEŠOUT P. & PRACH K. [eds.] (2018): Ekologická obnova v České republice II.: 193-196, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
- PRAUSOVÁ R., ŠTEFÁNEK M., RAUCH O. & KOVÁŘ P. (2017): Trees as ecosystem engineers driving vegetational restoration/retrogradation of industrial deposits in cultural landscape. *Journal of Landscape Ecology* 10(2): 122-131.
- RAUCH O. (1996): Comparison of the selected element contents in the substrate of abandoned sedimentation ponds and dynamics of the soil water contamination. In: KOVÁŘ P., HROUDOVÁ Z. (eds): Biotic interactions during vegetation succession on toxic substrates. Final Report for Grant Agency of Czech Republic, Prague.
- RAUCH O. (2004): Genesis and characteristics of orewaste sulphate soils at Chvaletice. – In: KOVÁŘ P. [ed.] (2004): Natural recovery of human-made deposits in landscape (Biotic interactions and ore/ash-slag artificial ecosystems): 45-58, Academia, Praha
- ROMÃO L. R. & ESCUDERO A. (2005): Gypsum physical soil crusts and the existence of gypsophytes in semi-arid central Spain. *Plant Ecology* 181: 127-137.
- ŘEHOUNEK J., ŘEHOUNKOVÁ K., TROPEK P. & PRACH K. [eds.] (2015): Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi. 2. vydání. *Calla*, České Budějovice.
- ŘEHOUNKOVÁ K. & ŘEHOUNEK J. (2012): Obnova a ochrana pískoven. In: JONGEPIEROVÁ I., PEŠOUT P., JONGEPIER J. W. & PRACH K. (eds.) (2012): Ekologická obnova v České republice.: 94-96, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
- ŠTEFÁNEK M. (2004): Secondary succession after fire on an abandoned ore-washery sedimentation basin – different trajectories (a comparison with primary succession). – In: KOVÁŘ P. [ed.] (2004): Natural recovery of human-made deposits in landscape (Biotic interactions and ore/ash-slag artificial ecosystems). – Academia, Praha.
- TOMÁŠEK M. (2000): Půdy České republiky. Český geologický ústav, Praha.
- VOJAR J., DOLEŽALOVÁ J. & SOLSKÝ M. (2018): Obnova, početnost a význam vodních biotopů na výsypkách Mostecka. - In: JONGEPIEROVÁ I., PEŠOUT P. & PRACH K. [eds.] (2018): Ekologická obnova v České republice II.: 169-173, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
- VOJTA J. & KOPECKÝ M. (2006): Vegetace sekundárních lesů a křovin Doupovských hor. *Zprávy České botanické společnosti* 41: 209-225.
- VOJTA J., BRŮNA J., HORČIČKOVÁ E. & KAČMAROVÁ L. (2018): Sukcese dřevin ve vojenském újezdu Hradiště. – In: JONGEPIEROVÁ I., PEŠOUT P. & PRACH K. [eds.] (2018): Ekologická obnova v České republice II.: 189-192, Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.



**Příloha 2.** Základní popisná statistika z dat o stáří dřevin zjištěných z odebraných vzorků 90 exemplářů na 13 dílčích plochách.

DÍLČÍ PLOCHA	POČET EXEMPLÁŘŮ	PRŮMĚRNÝ VĚK	MINIMÁLNÍ VĚK	MAXIMÁLNÍ VĚK	SMĚRODATNÁ ODCHYLKA	MEDIÁN
1	0	0	0	0	0	0
2	4	19,75	14	27	5,439056291	19
3	6	19,33333333	16	25	3,265986324	18,5
4	5	24,6	19	30	4,50555213	26
5	11	17,81818182	13	21	2,315952582	18
6	15	19,6	16	25	2,772312083	19
7	9	23,55555556	14	30	6,207074817	24
8	10	20,4	17	25	2,59058123	20
9	2	31	29	33	2,828427125	31
10	5	27,2	23	37	5,674504384	25
11	11	22,27272727	16	35	5,763521651	21
12	8	19,375	17	25	2,55999442	19
13	4	17,75	14	22	4,34932945	17,5

**Příloha 3.** Základní popisná statistika z dat o stáří jednotlivých druhů dřevin.

DŘEVINA	POČET	PRŮMĚR	MAXIMÁLNÍ VĚK	MINIMÁLNÍ VĚK	SMĚRODATNÁ ODCHYLKA	MEDIÁN
<i>Betula</i>	46	20,36957	37	13	4,977097305	19
<i>Populus</i>	41	21,73171	35	16	4,483438358	20
<i>Robinia</i>	3	21,66667	30	14	8,020806277	21

**Příloha 4.** Základní popisná statistika z dat o přírůstcích jednotlivých druhů dřevin.

DŘEVINA	POČET	PRŮMĚR	MAXIMÁLNÍ PŘÍRŮSTEK	MINIMÁLNÍ PŘÍRŮSTEK	SMĚRODATNÁ ODCHYLKA	MEDIÁN
<i>Betula</i>	36	4,3624421	5,85	1,35	0,917775355	4,56079
<i>Populus</i>	32	5,5291677	7,65	3,35	1,171412496	5,630092
<i>Robinia</i>	28	5,6732143	12,2	1,55	2,479964346	5,408334

**Příloha 5.** Výsledky jednoduché regresní analýzy (vysvětlivky: tučně vyznačené jsou signifikantně průkazné).

JEDNODUCHÁ LINEÁRNÍ REGRESE (LOGARITMICKÁ TRANSFORMACE DAT)	P (HLAD. VÝZN. 5 %)
1. Vliv vlhkosti půdy na věk dřevin	<b>0,01158828</b>
2. Vliv pH půdy na věk dřevin	0,55434870
3. Vliv vlhkosti půdy na věk <i>Betula</i> sp.	<b>0,00261132</b>
4. Vliv vlhkosti půdy na věk <i>Populus tremula</i>	0,99662678
5. Vliv pH půdy na věk <i>Betula</i> sp.	0,96411359
6. Vliv pH půdy na věk <i>Populus tremula</i>	0,23995017
7. Vliv ročního úhrnu srážek na roční přírůstky dřevin	<b>0,00059615</b>
8. Vliv ročního úhrnu srážek na roční přírůstky <i>Betula</i> sp.	0,796732529
9. Vliv ročního úhrnu srážek na roční přírůstky <i>Populus tremula</i>	<b>0,00471790</b>
10. Vliv průměrné roční teploty na roční přírůstky dřevin	<b>0,022139485</b>
11. Vliv průměrné roční teploty na roční přírůstky <i>Betula</i> sp.	0,05121066
12. Vliv průměrné roční teploty na roční přírůstky <i>Populus tremula</i>	<b>0,004525698</b>

**Příloha 6.** Výsledky dvouvýběrového t-testu s rovností/nerovností rozptylů (vysvětlivky: tučně vyznačené jsou signifikantně průkazné).

Dvouvýběrový t-test s rovností rozptylů (případně Dvouvýběrový t-test s nerovností rozptylů), logaritmická transformace		P (hlad. význ. 5%)
1. Odlišnost věku <i>Betula</i> sp. a <i>Populus tremula</i>	P(T<=t) (1)	0,060402161
	t krit (1)	1,6629785
	P(T<=t) (2)	0,120804323
	t krit (2)	1,988267907
2. Odlišnost velikosti ročních přírůstků <i>Betula</i> sp. a <i>Populus tremula</i>	P(T<=t) (1)	<b>8,99569E-13</b>
	t krit (1)	1,645749399
	P(T<=t) (2)	<b>1,80E-12</b>
	t krit (2)	1,961358773
3. Odlišnost průměrného věku <i>Betula</i> sp. a <i>Populus tremula</i> na dílčích plochách	P(T<=t) (1)	0,462854136
	t krit (1)	1,724718243
	P(T<=t) (2)	0,925708272
	t krit (2)	2,085963447
4. Odlišnost velikosti ročních přírůstků <i>Betula</i> sp. a <i>Populus tremula</i> v jednotlivých letech	P(T<=t) (1)	<b>0,000236996</b>
	t krit (1)	1,673564906
	P(T<=t) (2)	<b>0,000473992</b>
	t krit (2)	2,004879288