

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra agroenvironmentální chemie a výživy rostlin



**Využití rychle rostoucích dřevin k ozdravení půdy při
přechodu do ekologického zemědělství**

Bakalářská práce

Autor práce: Magdaléna Kuklová

Obor studia: Ekologické zemědělství

Vedoucí práce: prof. Ing. Pavel Tlustoš, CSc.

© 2018 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci "Využití rychle rostoucích dřevin k ozdravení půdy při přechodu do ekologického zemědělství" jsem vypracoval(a) samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor(ka) uvedené bakalářské práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 20. 4. 2018

Poděkování

Rád(a) bych touto cestou poděkoval(a) prof. Ing. Pavlu Tlustošovi, CSc. za odborné vedení a připomínky k práci.

Využití rychle rostoucích dřevin k ozdravení půdy při přechodu do ekologického zemědělství

Souhrn

Tato bakalářská práce se zabývá problematikou pěstování rychle rostoucích dřevin na orné půdě. Rozebírá vhodné půdní a klimatické podmínky pro pěstování těchto dřevin a jejich výběr s ohledem na parametry stanoviště a způsobu využití produkovaného materiálu. Popisuje stav rychle rostoucích dřevin v České republice, kdy nejpěstovanější odrůdy představují topoly (*Populus* sp.) a vrby (*Salix* sp.). Práce dále popisuje postup založení plantáže a možnosti pěstování v ekologickém režimu. Na jaké dotační tituly v současné době jsme schopni dosáhnout a co nám legislativa ukládá. Další část této práce se zabývá využití rychle rostoucích dřevin k dekontaminaci půd rizikovými prvky. K pochopení této problematiky se kapitola rozepisuje o charakteristice rizikových prvků, jejich mobilitu v půdě a přístupnost k rostlinám. Eliminace těchto prvků je proces často ekonomicky, ekologicky a materiálově velice náročný. Jako možnost se nabízí fytořemediace, kdy jsou rizikové prvky přijímány rostlinou, která je následně sklizena (fyto-dekontaminace), nebo je zabráněno dalšímu šíření prvků do prostředí (fyto-stabilizace). Mezi další funkce porostu se řadí krajinné a ekologické aspekty, kdy porost plní funkci meliorační, izolační, asanační, biologickou, estetickou, kulturní a naučnou.

Před samotným založením výmladkových plantáží je zapotřebí obdržet souhlas odboru životního prostředí a OÚ příslušné obce nebo městské části o možné výsadbě rychle rostoucích dřevin. Forma žádosti není jednotná, ale musí obsahovat jisté náležitosti, které jsou popsány v této práci. Základním právním předpisem, ze kterého vyplývá postup místního orgánu ochrany přírody (OOP) při posuzování pěstování výmladkových plantáží rychle rostoucích dřevin je zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb. Rychle rostoucí dřeviny lze pěstovat i v ekologickém režimu. Dle Ministerstva zemědělství (2016) se rychle rostoucí dřeviny v ekologickém zájmu odlišují od zemědělské kultury D způsobilé pro SAPS odlišným seznamem povolených dřevin. Toto zpravuje nařízení vlády č. 50/2015 Sb.; § 15 - Plocha s rychle rostoucími dřevinami pěstovanými ve výmladkových plantážích v ekologickém zájmu.

Experimentální část práce hodnotí úspěšnost založení vlastních plantáží a růst rostlin v prvním roce. Pro zhodnocení těchto parametrů bylo sledováno 48 kusů jedinců topolu J-105. Výmladkové plantáže o celkové rozloze 5 ha byly založeny v obci Klokočná, kraji Středočeském. Měřené parametry byly výška rostliny a obvod kmene ve výšce 10 cm od

země. Měření dat probíhalo v měsíčních intervalech. Z naměřených dat byl vytvořen aritmetický průměr, směrodatná odchylka a medián pro každý sledovaný znak. Při výsadbě nebyly použity minerální, organické hnojiva ani stimulanty na podporu růstu. Předsadební příprava spočívala v podzimní hluboké orbě (30 cm) a následné jarní urovnání ornice smykovými branami a to z důvodu lepších podmínek pro plánovanou výsadbu a růst rostlin. Kromě přípravy pozemku je také důležité vybrat vhodný sadební materiál. Optimální délka řízky by měla být 20 cm a délka průměru 1- 2 cm. Řízky v průměru < 1 vykazovaly nejen horší růst v průběhu sledované doby, ale velký počet kusů se neujmul v důsledku vysušení a to i přesto, že byly zcela namočený do vody po dobu 24 hodin. Dále hůře odolávaly napadením škůdci, chorobám nebo okusem zvěří. Spon výsadby byl určen dle používané technologie a zamýšlené produkce na palivové dřevo. Výsadba probíhala ve dvou řádcích ve sponu 0,65 m a šířce meziřadí 2,2 m. Avšak literatura doporučuje nejmenší spon výsadby topolů na dřevo o délce 0,7 m nejlépe však 1 m a meziřadím 2 m. Na experimentálních plantážích se v prvním roce odplevelovalo celkem 4krát pomocí rotavátoru a bylo to shledáno jako dostačující. Růst rostlin v prvním měsíci byl podprůměrný, kdy očekávaná délka prýtu v prvních 14 dnech by měla dosahovat až 14 cm. Z údajů vyplývá, že polovina rostlin z obou plantáží této délky dosáhla až po 30 dnech od výsadby. V letních měsících dle literárních pramenů by měly prýty dosahovat výšky 50 – 80 cm. Této výšky rostliny na obou plantážích bez problému dosáhly. Již v měsíci srpnu polovina jedinců z obou sledovaných plantáží přesahovala délku 827,5 mm. V podmínkách ČR termální růst rostlin odpovídá hodnotám v prvním roce přes 0,5 metru/rok a v dalších letech přes 1 metr/rok. Více jak polovina rychle rostoucích dřevin ve stáří 10 měsíců dosahovalo délky nejméně 1705mm. Tato hodnota odpovídá plantáži o stáří 2 let.

Podstatou této práce bylo ukázat, jakým způsobem lze rychle rostoucí dřeviny pěstovat, které druhy a klony dřevin jsou vhodné. Jaké mohou mít i mimoprodukční využití a jaký skrývají potenciál pro zlepšení stavu ŽP a orných půd, které jsou pro nás nepostradatelné. Dále zobrazuje s jakou úspěšností lze pěstovat rychle rostoucí dřeviny bez průmyslových aditiv a chemického ošetření na půdách s třídou ochrany V.

Klíčová slova: topol, vrba, pěstování, biomasa, kontaminace

Summary

This Bachelor's Thesis deals with the area of growing short rotation coppice on arable land. It analyses favourable soil and climatic conditions for growing such coppice and their selection with regard to the parameters of the area and the utilisation of the material produced. The Thesis describes the situation of short rotation coppice in the Czech Republic, where the most commonly varieties grown include poplars (*Populus* sp.) and willows (*Salix* sp.). The Thesis also describes the procedure of founding a plantation and the options of growing the coppice ecologically and what subsidy titles can we apply for and what the legislation requires of us. The following part of the Thesis delves into the utilisation of short rotation coppice for decontamination of the soil containing elements posing risk. It expands upon the characteristics of the elements posing risk, their mobility within the soil and their availability to the plant life. Elimination of said elements is often a very demanding procedure with regard to its economy, the environment and materials used. Phytoremediation lends itself as an alternative, during which the elements posing risk are absorbed by a plant which is then harvested (phytodecontamination), or their further propagation into the environment is hindered (phytostablizing). Other functions of the growth include impact on the landscape and environment with the growth performing melioration, insulation, renovation, biological, aesthetical, cultural and educational roles.

Before the actual foundation of coppice plantations it is necessary to obtain the consent of the local Department of the Environment and the local municipal authority regarding the planting of short rotation coppice. The manner of filing the request is not unified but it does have to follow certain elements and rules described in the Thesis. The essential legislation which defines the procedure of the local environmental protection office (EPO) when evaluating the maintenance of coppice plantations is the Act on Protection of Nature and Landscape No. 114/1992 Sb. Short rotation coppice can also be grown in an environment-friendly fashion. According to the Ministry of Agriculture (2016) the short rotation coppice differs from the D-type agricultural culture eligible for SAPS due to a different list of approved coppices. This is specified in the Government Decree no. 50/2015 Sb., Sec. 15 – The Area with Short Rotation Coppice Grown in Plantations under Environmentally-Friendly Conditions.

The experimental part of the Thesis evaluates the success rate of founding the Author's own plantations and the plans' growth during the first year. 48 specimens of the J-105 poplar were observed with regard to the abovementioned parameters. The coppice plantations

incorporating a total of 5 ha of area were founded in the Klokočná community in the Central Bohemia Region. The parameters measured were: the height of the plant and the diameter of the trunk 10 cm above the ground. The measurement data was taken on a monthly basis. An arithmetic average, standard deviation and median for every parameter measured were defined using the data obtained in the measurements. The planting took place without any mineral or organic fertilizers or growth stimulants. The preparation of the soil included autumn deep ploughing (30 cm) and subsequent spring levelling of the topsoil using clod crushers in order to achieve better conditions for the planned planting and growth of the plants. Apart from plot preparation it is also important to select suitable planting stock. The optimum slip length is 20 cm at a diameter of 1-2 cm. Slips with a diameter of less than 1 cm exhibited not only worse growth within the observation time period, but what is more, a significant number of those did not successfully begin to grow despite the fact that they had been fully submerged in water for 24 hours. These slips also exhibited worse resistance against pests, diseases or animals trying to eat them. The spacing was executed with regard to the technology utilised and to the intention to use the produced wood as fuel. The planting took place in two rows with 0.65 m spacing and the distance between the rows of 2.2 m. However, the literature recommends the smallest spacing of poplars for fuel wood to be 0.7 m or better still 1 m with the distance between the rows of 2 m. During the first year the experimental plantations were weeded 4 times using a rotavator, which was deemed sufficient. The growth of the plants was below the average during the first month when the expected shoot length in the first 14 days should be as much as 14 cm. The data shows that half of the plants achieved such length only after 30 days since the planting. The literary sources indicate that the shoots should be 50-80 cm long in the summer months. This length was achieved on both plantations without trouble. It was already in August when half of the specimens on both the plantations had shoots longer than 827.5 mm. The conditions present in the Czech Republic regarding thermal growth in the first year of more than 0.5 metres/year and more than 1 metre/year in the subsequent years. More than half of the short rotation coppice exhibited a length of at least 1705 mm when 10 months old. This value is equivalent to that measured at a 2-year-old plantation.

The main goal of the Thesis was to show the way how to grow short rotation coppice, which varieties and coppice clones are suitable, as well as their extra-production utilisation and their potential of improving the environment and arable land, which is indispensable for us. Furthermore, it shows with how much success the coppice can be grown without industrial additives and chemical treatment in V class protection soils.

Keywords: poplar, willow, growth, biomass, contamination

Obsah

1	Úvod	1
2	Cíl práce	2
3	Přehled literatury	3
3.1	Rychle rostoucí dřeviny	3
3.1.1	Klimatické a půdní podmínky	4
3.1.2	Vrby, topoly a jejich klony s ohledem na stanoviště	5
3.1.2.1	Rod <i>Salix</i> spp.	5
3.1.2.2	Rod <i>Populus</i> spp.	6
3.2	Plantáže rychle rostoucích dřevin v České republice	8
3.3	Zakládání porostů výmladkových plantáží rychle rostoucích dřevin	11
3.3.1	Předsadební příprava	11
3.3.2	Příprava sadebního materiálu	12
3.3.3	Výsadba	13
3.3.4	Údržba a pěstování v dalších letech po výsadbě	14
3.3.4.1	Hnojení	14
3.3.4.2	Škůdci	14
3.3.5	Skizeň biomasy	15
3.3.6	Rušení plantáže a návrat stanoviště původnímu využití	16
3.3.7	Využití produktu	16
3.4	Úskalí při zakládání plantáže rychle rostoucích dřevin	17
3.4.1	Legislativa a dotační tituly	18
3.4.1.1	Ochrana a evidence půdy	19
3.4.1.2	Rychle rostoucí dřeviny jako zemědělská kultura	20
3.4.1.3	Nakládání se sadbou rychle rostoucích dřevin	20
3.4.2	Pravidla dotačních titulů pro RRD z rezortu MZe	20
3.4.3	Legislativa v režimu ekologického zemědělství	22
3.5	Krajinné a ekologické aspekty rychle rostoucích dřevin	23
3.6	Vliv rychle rostoucích dřevin na fyzikálně chemické vlastnosti půd a mobilitu rizikových prvků	25
3.6.1	Rizikové prvky	25
3.6.1.1	Mobilita rizikových prvků v půdě	26
3.6.1.2	Příjem a transport rizikových prvků rostlinou	27
3.6.1.3	Vybrané rizikové prvky v rostlině	28
3.7	Kontaminace půdy rizikovými prvky v České republice	31
3.8	Možnosti eliminace rizikových prvků v půdě	32

3.8.1	Fytoremediace	32
3.8.2	Fytoextrakce	33
3.8.3	Fytostabilizace	33
3.8.4	Fytodegradace	34
3.8.5	Fytovolatilizace	34
3.8.6	Rhizofiltrace	35
3.9	Schopnost rychle rostoucích dřevin hromadit toxické prvky	35
4	Experimentální část.....	39
4.1	Materiál a metody.....	39
4.1.1	Lokalita	39
4.1.2	Založení plantáží	39
4.1.3	Údržba	40
4.1.4	Vlastní experiment.....	40
5	Výsledky	40
6	Diskuze	44
7	Závěr	47
8	Seznam literatury.....	49
9	Přílohy	56

1 Úvod

V současnosti je stále více pozornosti směřováno k problematice životního prostředí. Nebylo tomu tak odjakživa. Lidé si začínají uvědomovat dopad své činnosti na svoje zdraví a zdraví svých blízkých. Proto společnost vynakládá mnoho úsilí a prostředků jak dopad na životní prostředí minimalizovat.

Vlivem vysokého nárůstu populace čelíme základnímu problému a tím jsou potraviny, kde hlavní roli hraje půda. Na půdu je vyvíjen veliký tlak díky intenzivní zemědělské produkci. Mimo zemědělskou činnost působí rozvíjející se průmysl, vyšší počet automobilů a spotřeba energie. Všechny tyto faktory zapříčiňují kontaminaci půdy těžkými kovy. Kovy jsou nedegradovatelné a za určitých podmínek se akumulují v pletivech rostlin. Z toho vyplývá závažnost situace, jelikož rostlinná složka je součástí potravin, nehledě na fakt, že rostliny jsou primární složkou potravních řetězců. Je známo, že příliš velká koncentrace těžkých kovů v těle člověka způsobuje hormonální dysbalance, rakovinné bujení, osteoporózu a mnoho jiných závažných onemocnění.

Eliminace těchto prvků je proces často ekonomicky, ekologicky a materiálově velice náročný. Z tohoto důvodu se hledají alternativy pro ekologičtější a levnější způsoby remediací kontaminovaných půd. Jako možnost se nabízí fyto remediaci, kdy jsou rizikové prvky přijímány rostlinou, která je následně sklizena (fyto dekontaminace), nebo je zabráněno dalšímu šíření prvků do prostředí (fyto stabilizace). Proti konvenčním způsobům čištění půdy, je velkým kladem fyto remediaci nízká ekonomická náročnost. Nezanedbatelná je i šetrnost k životnímu prostředí, estetická hodnota krajiny a zachování života na stanovišti. Jako vhodné rostliny k extrakci rizikových prvků z půdy se ukázaly být rychle rostoucí dřeviny. Dosahují dobrých výsledků v transportu rizikových prvků do nadzemní biomasy a díky vysokým přírůstkům jsou vhodné k energetickému využití. Nicméně tento proces je časově náročný a stále je ve fázi výzkumu.

Ujímovost a tvorba biomasy rychle rostoucích dřevin na stanovišti je ovlivněna mnoha faktory. Mezi hlavní lze řadit půdní a klimatické podmínky vybrané lokality. V České republice se pěstitelům nejvíce osvědčily vrby a topoly. Díky křížení původních dřevin nastala možnost pěstovat rychle rostoucí dřeviny v těch podmínkách, které byly pro původní druhy limitující.

Pro svoji práci jsem si zvolila využití rychle rostoucích dřevin k ozdravení půdy v rámci jejího přechodu k ekologickému hospodaření. Veliký podíl na volbě tohoto tématu je založení vlastní výmladkové plantáže o rozloze 5 ha.

2 Cíl práce

Cílem bakalářské práce bylo vypracovat literární rešerši zabývající se problematikou pěstování rychle rostoucích dřevin na orné půdě, popis půdních a klimatických podmínek a jejich výběr s ohledem na parametry stanoviště a způsob využití produkovaného materiálu, zejména pak hodnotící vliv těchto rostlin na fyzikálně chemické vlastnosti půd, včetně změny obsahu rizikových prvků v půdě a jejich přístupnost k rostlinám.

Dalším cílem práce bylo zjistit, zda legislativa umožňuje pěstování rychle rostoucích dřevin v ekologickém režimu a jaké nařízení ukládá. Dále na základě vlastního experimentu vyhodnotit úspěšnost založení plantáže a růst rostlin v prvním roce po jejím založení.

3 Přehled literatury

3.1 Rychle rostoucí dřeviny

Termín rychle rostoucí dřeviny se v odborné lesnické literatuře poprvé objevuje v první polovině 20. století, kdy takto začali evropští lesníci označovat skupinu dřevin (resp. jejich druhy případně klony), které dosahovaly výrazně nadprůměrný výškový přírůst a objemovou produkci. Od roku 1993 začaly být rychle rostoucí dřeviny zejména topoly a vrby u nás zkoumány také jako tzv. energetická plodina – pro produkci dřevní biomasy (hlavně štěpky příp. palivového dřeva) pro energetické využití. Základní vlastnosti RRD jsou následující:

- Vysoká objemová produkce dřeva přes 10 m³/ha/rok což odpovídá přibližně 4,5 t(suš.)/ha/rok v průměru za životnost porostu (kritérium IUFRO). V pozdější literatuře se uvádí i výrazně více např. minimálně 22 m³/ha/rok což odpovídá přibližně 10 t(suš.)/ha/rok.
- Rychlý terminální růst v prvních letech po výsadbě, což v podmínkách ČR znamená v prvním roce přes 0,5 metru/rok. V dalších letech přes 1 metr/rok.
- Snadné zakládání porostů zejména vegetativním způsobem např. řízky, pruty či biletý u většiny topolů a vrb, ale i generativně zejména sazenicemi jako např. u olše, některých vrb a topolů (*Salix caprea* – vrba jíva a topoly sekce *Leuce* – bílé topoly a osiky (Weger, 2011).

V posledních dvou desetiletích se v západní Evropě a také v některých oblastech Severní Ameriky začíná na stále větší a větší rozloze zemědělské půdy využívat nový systém hospodaření, který je v češtině nejčastěji označován jako plantáže rychle rostoucích dřevin případně energetické plantáže. Na rozdíl od lesnických lignikultur topolů, které jsou sklízeny po 20-30 letech růstu, plantáže rychle rostoucích dřevin na zemědělské půdě jsou sklízeny ve velmi krátkém obmýtí (tzv. minirotači) 3-7 let, kterou je možné opakovat několikrát po sobě bez nutnosti nové výsadby. Jejich produktem je (dřevní) biomasa využitelná hlavně jako palivo (vytápění, sdružená výroba elektřiny), ale i jako průmyslová surovina (výroba tekutých paliv, farmak, konstrukčních materiálů) (Weger, 2002).

Hlavními důvody pro zavádění tohoto systému v hospodářsky vyspělých zemích jsou:

1. využití zemědělské půdy pro nepotravinářskou produkci (snížení přebytků potravin),
2. rozvoj zemědělských oblastí (nová pracovní místa, posílení místní ekonomiky – peníze za energii zůstávají v regionu, investice do nových technologií),

3. snížení znečištění ovzduší (pokuty za emise, splnění mezinárodních dohod).

Jak u nás, tak i v zahraničí probíhá ve výzkumných organizacích šlechtění a selekce dřevin s cílem rozšířit sortiment tak, aby umožnil zakládání produkčních plantáží na co nejširším spektru stanovišť. Dřeviny pro produkční plantáže můžeme v současném stavu jejich poznání a využití v ČR rozdělit na následující skupiny:

- v ČR ověřené: topoly, vrby,
- v ČR ověřované: pajasan, jílny,
- v ČR perspektivní: růže zejm. trnité, olše, lípy, lísky, jeřáby.

V současné době tedy připadají pro plantáže v úvahu z hlediska produkce biomasy pouze vybrané druhy topolů a vrb (Weger, 2002).

3.1.1 Klimatické a půdní podmínky

Pro výmladkové plantáže rychle rostoucích dřevin (RRD) se v podmínkách mírného klimatického pásma používají téměř výhradně vybrané klony příp. odrůdy vrb a topolů. Další druhy dřevin testované u nás nebo v podobných přírodních podmínkách (např. olše, akát, pajasan, líska aj.) se zatím do praxe neprosadily, případně existují bariéry pro jejich využití. Pro značně proměnlivé půdně klimatické podmínky České republiky není možno přednostně doporučit jen klony/odrůdy topolů nebo jen vrb, jak je tomu v některých zemích či regionech Evropy. Například v severní Evropě se pěstují téměř výhradně vrby a topoly v Evropě jižní. Výběr klonu či odrůdy také ovlivňují další faktory jako např. požadovaný cílový produkt, pěstební a sklizňová mechanizace, dostupnost a vlastnická práva odrůd (Weger, 2011).

Výběr vhodných klonů a odrůd RRD pro konkrétní výsadbu případně region musí tedy vycházet v první řadě ze znalosti půdně-klimatických (stanovištních) podmínek zvolené lokality. K výběru vhodných stanovišť je možno použít například rámcovou typologii a rajonizaci doporučených klonů RRD (Weger, 2011).

Vhodností podmínek stanoviště pro pěstování rychle rostoucích dřevin v podmínkách České republiky se nejvíce zabýval VÚKOZ Průhonice (Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i.), který vytvořil tak zvanou rajonizaci. Rajonizace funguje na základě přiřazení klimatických regionů k hlavním půdním jednotkám (HPJK), které sdružují půdy dle příbuzných ekologických vlastností (půdní typ, subtyp, půdotvorný substrát, zrnitost, případná výrazná svažítost, hloubka půdního profilu, skeletovitost a stupeň hydromorfismu, což je ovlivnění půdního profilu vodou, tj. oglejení) byly vytvořeny tak zvané hlavní půdně klimatické jednotky (HPKJ). HPKJ pak byly posuzovány pro vhodnost pěstování plantáží

rychle rostoucích dřevin, přičemž jako hodnotící parametry vhodnosti HPKJ pro pěstování byly použity charakteristiky klimatických regionů, popisy vlastností HPJ (zejména půdní vláhota, vysychavost), tabulkové výnosy pšenice a trvalých travních porostů na daných HPKJ, případně bodové hodnocení BPEJ. Dále byly posuzovány výnosové a růstové parametry vybraných klonů rychle rostoucích dřevin na testovacích a poloprovozních plochách a zahraniční publikace o testování rychle rostoucích dřevin pro produkci biomasy na energetické využití (Havlíčková et al. 2006). Havlíčková et al. (2006) uvádějí rozdělení stanovišť v České republice do šesti oblastí podle očekávaných výnosů sušiny:

- nepříznivá A (0–3 t ha⁻¹ rok⁻¹),
- nepříznivá B (0–4 t ha⁻¹ rok⁻¹),
- podprůměrná (4–6,5 t ha⁻¹ rok⁻¹),
- průměrná (6–8,5 t ha⁻¹ rok⁻¹),
- nadprůměrná (8–12 t ha⁻¹ rok⁻¹),
- optimální (11–14 t ha⁻¹ rok⁻¹).

Havlíčková a kol. (2010) doporučují z hlediska typologie zemědělských půd (v systému BPEJ) především klimatické regiony KR 3, 5-7. Jako nevhodné uvádějí regiony KR 2, 4 a 9. Vhodné půdy jsou zejména semihydrofobní a hydrofobní (HPJ 42-52, 55-71) a dále vlhčí černozemě a hnědozemě (HPJ 0-3, 8-12, 24-26 a 28-30). Nevhodné jsou zejména vysychavé a skeletovité půdy (HPJ 34-41, 16-22, 55) a dále přemokřené půdy (HPJ 72-76).

3.1.2 Vrby, topoly a jejich klony s ohledem na stanoviště

3.1.2.1 Rod *Salix* spp.

Rod *Salix* spp. patří do čeledi *Salicaceae* (vrbovitě) a řádu *Malpighiales* (Malpighiotvaré), dříve řád *Salicales* (Vrbokvěté).

Jedná se o rostliny dvoudomé, opadavé. Vytvářejí květy v podobě jednopohlavních jehněd a plody jsou tobolky. Tobolky mají uvnitř 2 – 32 semen. Jsou to rostliny vlhkomilné, snášejí zamokření. Dřevo je měkké, lehké, větve poměrně křehké. Mají velmi vysokou obrůstací schopnost. U některých druhů je zjištěna větší náchylnost k chorobám a napadání škůdci. Vrby preferují slunná stanoviště. Na vlhčích kamenitých půdách v chladnějších oblastech rostou zakrslí jedinci. Půdy sušší preferují druhy s listy po obou stranách plstnatými. Vrby mohou vytvářet stromové, keřové nebo keříčkové formy (Drlíková a kol., 2008).

Šimíček (1992) zmiňuje, že vrby (*Salix* spp.) jsou z ekologického hlediska nenáročnými dřevinami snášejícími různá půdní prostředí. Vykazují poměrnou flexibilitu vůči vodnímu

režimu, některé druhy dokonce snášejí dlouhodobé zaplavení. Dále autor uvádí, že druhy vrb (*Salix* spp.) jsou z velké části světlomilné, pouze některé z nich snesou mírné zastínění. Domácí stromové druhy vrb, vrba bílá (*Salix alba*) a vrba křehká (*Salix fragilis*), i jejich kříženec vrba načervenalá (*Salix x rubens*) preferují spíše těžší a hluboké půdy dobře zásobené živinami. Na skeletovitých a vysychavých půdách je jejich růst omezený. Optimální růst vykazují v nadmořských výškách do 400 m n.m. Vrba košíkářská (*Salix viminalis*) a její hybridy patří k produkčně nejzdatnějším rychle rostoucím dřevinám. Vyžadují teplejší oblasti (nadmořská výška do 500 m n.m.) a nemají vyhraněné nároky na stanoviště, i když na sušších lokalitách zaostávají v růstu.

Vrba lýkovcová (*Salix daphnoides*) se vyskytuje i ve vyšších nadmořských výškách a vyžaduje propustné, minerálně bohatší půdy. Snáší krátkodobé přísušky (Čížek, 2007). Úradníček a kol. (2009) uvádějí, že vrby mají velmi dobrou schopnost křížit se. Vrba bílá (*Salix alba*), vrba košíkářská (*Salix viminalis*), vrba jíva (*Salix caprea*), vrba lýkovcová (*Salix daphnoides*) a jejich kříženci jsou dřeviny vhodné pro intenzivní kultury. Vrba bílá má vynikající kmenovou i pařezovou výmladnost. Roste ve formě stromu. Je odolná vůči dlouhotrvajícím záplavám. Dřevo vykazuje kvalitu srovnatelnou se dřevem topolovým. Vrba košíkářská vytváří nejčastěji keř. Mezi její vlastnosti patří odolnost vůči záplavám, a tudíž je i vhodná na vlhčí stanoviště. Mráz může vrbu poškodit, ale vrba disponuje i velmi dobrou regenerační schopností. Vrba jíva roste ve formě stromu nebo keře. Vyskytuje se na lokalitách po celé ČR. Jako jediná vrba preferuje sušší stanoviště.

V klimatických podmínkách České republiky mohou vrby dosahovat výnosu až 10 tun sušiny/ha za rok (Weger a Havlíčková, 2002).

3.1.2.2 Rod *Populus* spp.

Velké množství rodu *Populus* se vyskytuje na severní polokouli naší planety, zhruba zahrnují 110 druhů, ale kvůli snadné vegetativní reprodukci jsou v ekosystému rozšířeny stovky různých druhů kříženců *Populus* a mutací jako kultivary v silvikulturách, které rostou v boreálním až subtropické pásmu. Druhy a kultivary *Populus* mají velice rozdílné ekologické požadavky, přičemž mají obdobnou širokou genetickou variabilitu, takže rostou ve formě dvoudomých keřovitých tvarů až po vysoké stromy (Hejný a Slavík, 1990).

Topoly patří k opadavým dřevinám. Jedná se o rostliny dvoudomé s jednoduchými listy, které jsou střídavě postavené, členěné nebo celistvé. Řapík je dlouhý. Mají květy jednopohlavné, v nících jehnědách. Plodem je tobolka s 2 – 4 chloupky (Horáček, 2007).

Cejlak (2010) uvádí, že topoly vytváří mnoho poddruhů, odrůd a kultivarů díky své charakteristické variabilitě a schopností vzájemného křížení. Dále uvádí, že dřevo topolů se vyznačuje lehkostí. Je světlé, měkké, ohebné a lze jej snadno štípat. V současnosti se využívá převážně v řezbářství a jako palivo. Kultivary hlavně topolu černého jsou vysazovány jako ochranná stromořadí kolem hřišť, hospodářských budov, cest, továren, vodotečí atd. Topoly nesnesou utužené, špatně provzdušněné a podmáčené půdy se stagnující vodou a s oglejeným horizontem. Na takových stanovištích mají malý přírůstek, trpí chorobami a hynou. Jsou to převážně světlomilné dřeviny (Čížek, 2007).

Čížek (2007) uvádí, že dřeviny z rodu *Populus* se řadí do 5 sekcí. V podmínkách České republiky se sekce *Turanga* a *Leucoides* se nevyskytují, vyžadují totiž teplejší podnebí. Pro plantáže v našich podmínkách se využívají topoly ze sekce *Leuce*, *Aigeiros* a *Tacamahaca*. Nejčastějšími topoly pěstovanými v ČR jsou topoly černé (sekce *Aigeiros*). Topol černý (*P. nigra*) se v přírodě vyskytuje až do nadmořské výšky 600 m. Vyznačuje se velmi dobrou výmladkovou schopností na pařezu i na kmeni. Vyhovují mu světlomilná stanoviště. Pro pěstování v intenzivních kulturách je vhodný řidší spon, než se běžně používá. Vhodnější pro energetické plantáže jsou jeho kříženci. Jedná se o hybridní kultivary *P. × euroamericana* (kříženci *P. deltoides × P. nigra* a *P. angulata × P. nigra*), které jsou ze sekce topolů černých nejrozšířenější. Dále zde patří *P. canadensis*, což je kříženec *P. deltoides × P. nigra*. Tyto topoly jsou určeny do nížinných oblastí, kde dosahují vyšších výnosů než v podhorských oblastech (Čížek, 2007).

Do topolů bílých (sekce *Leuce*) patří domácí topol bílý (*P. alba*) a topol osika (*P. tremula*). Topol bílý je vhodný do nížin. Snáší zasolení. Topol osika je dřevinou odolnou, není poškozován mrazy. Roste jak v nížinách, tak ve vyšších polohách. Pro intenzivní pěstování ve vyšších polohách je vhodná hlubší půda, kde je stanoviště chráněno proti větru. Z kříženců, které jsou pro energetické plantáže vhodnější (vykazují větší výnosy a rychlejší růst), se ze sekce *Leuce* využívá kříženec *P. tremula* a *P. tremuloides* a dále také *P. × canescens*. Všechny topoly z této sekce jsou světlomilnými rostlinami a odolávají znečištění ovzduší (Čížek, 2007).

Čížek (2007) řadí do sekce *Tacamahaca* (topoly balzámové) druh *P. trichocarpa* a křížence *P. maximowiczii* a *P. trichocarpa*. Nejsou náročné na stanoviště. Balzámové topoly rostou obecně ve vyšších nebo severnějších polohách, ale vyskytují se také v teplejších oblastech. Pro intenzivní pěstování jsou vhodnější topoly teplejších oblastí.

3.2 Plantáže rychle rostoucích dřevin v České republice

Na území České republiky bylo pěstování rychle rostoucích dřevin zahájeno v roce 1994 v Hřebči-Peklově (Weger et al.; 2004).

Celková plocha plantáží s rychle rostoucími dřevinami představuje dnes v ČR něco málo přes 2000 ha a má potenciál k dalšímu rozšíření (Ministerstvo zemědělství, 2014).

Dostupné zdroje sadby jsou Schválené doporučené klony vrb a topolů, což jsou klony vybrané z domácích sbírek, nejsou chráněny šlechtitelskými právy a je s nimi založeno 98 % českých plantáží (Weger, 2011).

Havlíčková a kol. (2010) uvádějí tyto povolené odrůdy:

a) Vybrané klony vrb a topolů z domácích sbírek

Jedná se o klony topolů (např. J-105, P-468, P-464) a vrb (např. S-337, S-195, S-218) vybrané v rámci testování z domácích sbírek prováděném od roku 1994 v rámci projektů VÚKOZ, v. v. i. Klony nejsou chráněny šlechtitelskými právy. Patří mezi ně i u nás zatím nejvíce pěstovaný topolový klon J-105 (Max-4) známý pod populárním označením „japan“ nebo „japonský topol“. Díky dlouhodobému pěstování a testování je pro tyto klony dostupná sadba a údaje o pěstebních nárocích. Klony byly odsouhlaseny MŽP pro pěstování v krajině a jsou proto uvedeny v „Seznamu rostlin vhodných k pěstování za účelem využití biomasy pro energetické účely z pohledu minimalizace rizik pro ochranu přírody a krajiny“.

V roce 2011 byla uznána odrůda domácího topolu černého *P. nigra* L. 'Průhonice', která je výsledkem šlechtění domácích druhů RRD na VÚKOZ, v.v.i. a je určena zejména pro zvláště chráněná území (Weger, 2011).

b) Registrované odrůdy vrb

Jedná se zejména o registrované odrůdy tzv. švédských vrb (např. *Tora*, *Inger* a další). Odrůdy jsou chráněné šlechtitelskými právy a jejich množení je možné pouze za poplatek se souhlasem majitele odrůdy nebo oficiálního zástupce. V ČR se zatím pěstují odrůdy švédských a polských vrb na rozloze cca 6 ha. Sadbu je nutno dovážet ze zahraničí.

c) Registrované odrůdy topolů

Jedná se zejména o registrované odrůdy italských šlechtitelů (AF2, AF1, Sirio a další) a belgických šlechtitelů (Vesten, Muur, aj.) pocházející převážně ze skupiny tzv. kanadských hybridních topolů a kříženců balzámových a černých topolů. I zde je nutný souhlas majitele odrůdy nebo jeho oficiálního zástupce, kde množení těchto odrůd je možný pouze za poplatek. V ČR se pěstují jen v pokusných porostech.

Nové odrůdy topolů a vrb je nutné před praktickým použitím v krajině posoudit z hlediska rizik pro ochranu přírody a krajiny podobně jak to bylo provedeno v případě klonů vrb a topolů z domácích sbírek. Jedná se zejména o posouzení rizika ohrožení populací domácích druhů (Havličková a kol., 2010).

Weger et al. (2011) uvádějí, že přibližný poměr pěstovaných klonů topolů a vrb činí 9:1 a to v důsledku poškozování vrb okusem zvěří a vytloukání paroží srnčím. Prase divoké též dokáže lokálně poničit porosty vrb i topolů. Oplocování plantáží se z ekonomického pohledu nevyplácí. Na oplocení stát neposkytuje dotace. Protože počet zvěře je v ČR vyšší než v zahraničí, musí se zanášet do metod, převzatých ze zahraničních zkušeností, určité změny v pěstování.

Téměř výhradním klonem topolů je klon J-105 (na 70 % plantáží). V minimálním měřítku se pěstuje také topolový klon J-104. Oba zmíněné klony jsou kříženci topolu černého a topolu Maximovičova (*Populus nigra* × *Populus maximowiczii*). V terminologii názvů japonských topolů vládne nejednotnost, jelikož nemají právně registrované označení (Weger, 2011). Kromě topolů a vrb jsou však na plantážích rychle rostoucích dřevin v České republice pěstovány také další dřeviny.

Rychle rostoucí dřeviny lze pěstovat i v ekologickém zájmu tzv. (EFA). Pro ekologický režim MZe ČR vydalo seznam druhů pro výmladkové plantáže, který je uveden v (Tab. 2). Kritéria pro rychle rostoucí dřeviny v ekologickém režimu popisuje legislativa níže.

Přehled nejčastěji pěstovaných dřevin ukazuje následující tabulka (Tab. 1):

Tab.1 Seznam druhů rychle rostoucích dřevin na výmladkových plantážích ČR (Mistr, 2015).

Rychle rostoucí dřevina		Maximální délka obmýetí
Topol Maximovičův a jeho kříženci	(<i>Populus maximowiczii</i> Henry)	8 let
Topol chlupatoplodý a jeho kříženci	(<i>P. trichocarpa</i> Torr. et A.Gray)	8 let
Topol vznešený a jeho kříženci	(<i>P. × generosa</i> Henry)	8 let
Topol kanadský	(<i>P. × canadensis</i> Moench)	5 let
Topol Simonův a jeho kříženci	(<i>P. simonii</i> Carrière)	8 let
Topol balzámový a jeho kříženci	(<i>P. balsamifera</i> L.)	8 let
Topol černý	(<i>P. nigra</i> L.)	10 let
Topol osika	(<i>P. tremula</i> L.)	8 let
Vrba bílá a její kříženci	(<i>Salix alba</i> L., <i>S. × rubens</i> Schrank)	8 let
Vrba košíkářská a její kříženci	(<i>S. viminalis</i> L.)	5 let
Vrba jíva a její kříženci	(<i>S. caprea</i> L. hybrids, <i>S. × smithiana</i> Willd.)	5 let
Vrba lýkocová	(<i>S. daphnoides</i> L.)	5 let
Jasan ztepilý	(<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	8 let
Olše lepkavá	(<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gearth.)	8 let
Olše šedá	(<i>Alnus incana</i> (L.) Moench)	8 let
Líska obecná	(<i>Corylus avellana</i> L.)	10 let

Tab. 2 Seznam druhů rychle rostoucích dřevin a jejich kříženců pěstovaných ve výmladkových plantážích v České republice vhodných pro plochy využívané v ekologickém zájmu (Mistr, 2015).

Rychle rostoucí dřevina		Maximální délka obmýetí
Topol černý	(<i>P. nigra</i> L.)	10 let
Topol osika	(<i>P. tremula</i> L.)	8 let
Topol Maximovičův (<i>Populus maximowiczii</i> Henry)	- pouze kříženci s topolem černým (<i>P. nigra</i> L.)	8 let
Topol kanadský	(<i>P. × canadensis</i> Moench)	5 let
Topol Simonův (<i>P. simonii</i> Carrière)	- pouze kříženci s topolem černým (<i>P. nigra</i> L.)	8 let
Topol vznešený (<i>P. × generosa</i> Henry)	- pouze kříženci s topolem černým (<i>P. nigra</i> L.)	8 let
Vrba bílá a její kříženci	(<i>Salix alba</i> L., <i>S. × rubens</i> Schrank)	8 let
Vrba košíkářská a její kříženci	(<i>S. viminalis</i> L.)	5 let
Vrba jíva a její kříženci	(<i>S. caprea</i> L. hybrids, <i>S. × smithiana</i> Willd.)	5 let
Vrba lýkocová	(<i>S. daphnoides</i> L.)	5 let
Jasan ztepilý	(<i>Fraxinus excelsior</i> L.)	8 let
Olše lepkavá	(<i>Alnus glutinosa</i> (L.) Gearth.)	8 let
Olše šedá	(<i>Alnus incana</i> (L.) Moench)	8 let
Líska obecná	(<i>Corylus avellana</i> L.)	10 let

Trnka et al. (2008) prezentovali experimenty, které hodnotily vhodnost klonů. Zkušební stanice se zabývala zjišťováním, které klony topolů a vrb jsou nejvhodnější pro pěstování v podmínkách České republiky. Na jaře roku 2001 vznikla za tímto účelem pokusná plantáž na původně orné půdě, kde převažovalo pěstování obilnin a brambor. Rok před založením plantáže byla vyseta předplodina (směs ovsa a hrachu), která započala přípravu na nadcházející sadbu.

Cílem pokusu bylo otestovat pěstování jednotlivých klonů při šestileté minirotaci. V průběhu celého experimentu nebyla aplikována hnojiva ani závlahy, s plevelem se bojovalo pravidelným sečením, mulčováním a orbou meziřádků. Podrobná analýza hodnotící vlastnosti vybraných klonů během první rotace (prvních 6 let) sledovala množství nadzemní biomasy, roční přírůstky, mortalitu a vzájemnou variabilitu mezi jednotlivými klony (Žalud et al. 2010).

Nejlepší výnos poskytl klon J-105 a nejnižší *Populus nigra*, který měl zároveň nejvyšší procento mortality. V současné době pokus stále pokračuje a souběžně s ním probíhá i výzkum nejrozšířenějšího a zřejmě nejperspektivnějšího topolového klonu v České republice – klonu J-105, a to především podrobný monitoring půdně klimatických podmínek a jejich vztah k přírůstkům (Žalud et al. 2010).

3.3 Zakládání porostů výmladkových plantáží rychle rostoucích dřevin

Základním předpokladem úspěšného pěstování rychle rostoucích dřevin (RRD) na orné půdě, je splnění zejména následujících požadavků:

- extrémně vysoký vzrůst rostlin v mládí,
- výborné obrůstající schopnosti pařezů po obmýtí,
- snášenlivost konkurence bez regulovatelných zásahů,
- odolnost proti škůdcům a chorobám,
- uzpůsobený pozemek k mechanizačnímu zpracování,
- mocnost ornice min. 30cm, optimální 70 cm,
- hodnota pH min. 5,5,
- vysoká hladina spodní vody (60 až 120 cm, nesmí klesnout pod 2 m) (Pastorek et al., 2004).

3.3.1 Předsadební příprava

S přípravou pozemku je nutno začít obvykle rok před výsadbou, aby byly podmínky pro výsadbu a růst dřevin v prvních 3-5 měsících po výsadbě optimální. V našich podmínkách se

jedná zejména o maximální omezení růstu plevelů a optimalizaci fyzikálních vlastností půdy pro zakořenění dřevin (řízků, prutů, případně sazenic). Na zaplevelených pozemcích je nutné začít intenzivní odplevelování už 1,5-2 roky před výsadbou v závislosti na převažujících druzích plevelů a zvolené technologii odplevelování (Havlíčková a kol., 2010).

Plevele (ale i nepřípravené luční porosty) omezují růst vysazených dřevin dvojitým způsobem: jednak kořenovou konkurencí (připravují je o vodu a živiny) a nadzemní konkurencí vegetačních orgánů (omezují, až zamezují přístupu světla k rašícím prýtům). Obecně je preferováno a ověřeno opakované mechanické odplevelování v kombinaci s pěstováním přípravné plodiny (např. řepka, konopí, ječmen) na vybrané lokalitě rok před založením plantáže. Tento způsob současně přispívá ke zlepšení půdních podmínek. V zaplevelených lučních porostech je nutno porost opakovaně kosit nebo spásat, tak aby plevelné rostliny byly omezeny (Weger a kol., 2012).

Podzimní orbu a přípravu půdy před jarní výsadbou na dobře odpleveleném pozemku je nejlépe provést tak, aby nebylo nutné již pozemek orat, ale jen kultivovat případně, vyrovnat (Havlíčková a kol., 2010).

Hloubka orby závisí na místních půdních podmínkách a stavu pozemku. Na těžkých jílovitých půdách je vhodné rok dopředu provést hlubokou orbu (doporučuje se až do 70-80 cm) aby se zlepšilo provzdušnění půd na více let dopředu. V některých případech je nutné provést i jarní orbu (špatně odplevelené pozemky, utužená půda). Provádíme ji co nejdříve, aby se včas obnovila půdní kapilarita. Na dobře připravených pozemcích stačí provést je kultivaci a urovnání pozemku. V lučních porostech je nejefektivnější provést stržení pásu travního porostu oddrňovacím lesním pluhem (tzv. Krombergrem), který dříve vlastnil každý lesní závod. Při oddrňování je nutno dbát na to, aby byl odebrán opravdu jen tenký povrchový drn. Hluboká brázda není vhodná, protože půda v nižších horizontech obsahuje méně živin a rašící prýty mají oproti travám výškovou ztrátu a hrozí jejich uzavření pod vitálními plevele (Weger a kol., 2012).

3.3.2 Příprava sadebního materiálu

Kromě přípravy pozemku je také důležité vybrat vhodný sadební materiál. Zde je klíčová ujmavost. Využívají se převážně jednoleté řízky. Řízky, které mají dobrý předpoklad ujmutí, by měly mít 20 cm na délku a průměr 1 – 2 cm (Šinkora, 2008).

U řízků se dále doporučuje, aby měl minimálně 3 pupeny (Celjak, 2010).

U doporučených klonů topolů a vrb se nejčastěji sázejí 20-22cm dlouhé řízky nařezané z jednoletých prýtů (prutů, výhonů) na konci zimního období. Řízky je nutné skladovat do

výsadby ve vhodných skladovacích prostorách – optimální teplota pro krátkodobé skladování do 2 měsíců je 2-4°C a vzdušná vlhkost nad 50%. Skladované řízky je nutné před výsadbou namočit na 2 dny do vody o venkovní teplotě. Pokud skladování nebylo optimální a řízky vyschnuly, namáčení je nutno prodloužit až o 5 dnů (Havlíčková a kol., 2010).

3.3.3 Výsadba

Obvykle jsou řízky topolů a vrb sázeny v jarním termínu od poloviny března do poloviny května (Havlíčková a kol., 2010).

Určení optimálního termínu jarní výsadby RRD závisí na místních půdních podmínkách a průběhu počasí v předjaří (měsících II-III). V zahraničí se uvádí, že výsadbu je možné provést, když teplota půdy dosáhne +5 C, kdy dochází k tvorbě kořenů. V oblasti trpící jarními přísušky je řízky nejlépe vysazovat co nejdříve (březen), nebo jak bylo uvedeno dříve, naopak později po skončení přísušky. V tomto případě je podmínkou kvalitní uskladnění sadby při minimální teplotě okolo 0°C. Vhodné období pro jarní výsadby RRD obvykle končí koncem dubna nebo začátkem května, ale z praktických zkušeností jsou známé úspěšné výsadby i v pozdějších termínech. Vůbec nejpozdější zaznamenaný termín úspěšné výsadby v ČR byl 1. srpna, po němž ovšem následovalo deštivé období a pole bylo dobře odpleveleno. U takto pozdních výsadeb je problémem, aby sadba byla ještě kvalitní (bez plísní, nevyschlá) (Weger a kol., 2012).

Zatím méně častý a méně ověřený je podzimní termín výsadby. V provozních podmínkách existuje několik úspěšných příkladů výsadby menších porostů (matečnic). Nejčastěji se sází v říjnu až listopadu. Některé klony (např. *S. viminalis*, P-Jap105*050) mají v pokusných podmínkách srovnatelnou ujímavost jako při jarním termínu (Weger a kol., 2012).

Topoly či vrby lze vysazovat do jednořádků či do dvouřádků. Spon je obvykle zvolen podle mechanizace, která se bude po dobu pěstování dřevin po plantáži pohybovat. Výsadbu lze realizovat ručně nebo pomocí strojů. Když se sazenice vpravují do půdy ručně, je nutné, aby byly zapíchnuty svisle nebo mírně zešikma téměř celé a vyčnívat smí maximálně 3 cm na povrch. Pokud se sází do těžkých půd, mohou vyčnívat 3 – 5 cm nad povrch. Dále se půda kolem řízku utuží. U strojního sázení je také důležité utužení půdy a i zde by řízek neměl vyčnívat více než 3 cm. Výsadba závisí především na typu sazeče (Weger a Havlíčková, 2002).

V současnosti jsou pro výsadbu výmladkových plantáží používána dvě schémata výsadby:

- do jednořádků ve sponech (0,5-0,3m) x (1,5 - 3 m - mezi jednořádky)
- do dvouřádků ve sponech (0,75m) x (0,75m) a (1,5 – 3 m mezi dvojřádky)

Pro reprodukční porosty – matečnice - je používán téměř výhradně jednořádkový spon: (0,5-0,25m) x (1,5 - 2 m - mezi jednořádky (Weger, 2012).

Pro začlenění plantáže do okolní krajiny, a také pro zamezení šíření nepůvodních druhů do okolí, je potřeba kolem porostu vysadit izolační pásy vhodných dřevin. U větších rozloh plantáže se vytvářejí tyto pásy i uvnitř porostu. Pro tvorbu izolačních pásů se využívají například javor klen (*Acer pseudoplatanus*), habr obecný (*Carpinus betulus*), jilm horský (*Ulmus glabra*), dub letní (*Quercus robur*), bříza bradavičnatá (*Betula verrucosa*), buk lesní (*Fagus sylvatica*). V prvních dvou letech je vhodné v plantáži likvidovat nálet jiných dřevin (Celjak, 2010).

3.3.4 Údržba a pěstování v dalších letech po výsadbě

Stejně jako před založením plantáže, je žádoucí likvidovat plevel i během růstu. Plevel je konkurentem v příjmu živin a vody pro cílené dřeviny, a tím negativně působí na 20 růstové vlastnosti. Aby nedošlo k poškození vysázených rostlin, odpleveluje se v řádcích ručně. Pro odplevelení meziřádků lze použít stroje jako například mulčovač nebo kultivátor. Likvidaci plevelu je nutné provádět často během roku, především v prvních letech po výsadbě. V prvním roce se doporučuje až 4 – 6krát, v druhém roce 3 – 5krát. Během třetího roku se odpleveluje již méně a to cca 2krát (Weger a kol., 2012).

3.3.4.1 Hnojení

Podle praktických zkušeností je většina našich orných půd dostatečně zásobená živinami pro topoly i vrby. Hnojení se doporučuje jen v odůvodněných případech na základě výsledku analýz přístupných půdních živin. Z výsledků pokusů prováděných v zahraničí vyplývá, že na půdách s normální zásobou živin má hnojení sice vliv na rychlejší nástup maximální produkce, ale celkový výnos za celé období plantáže průkazně neovlivní. Část živin se do půdy vrací z opadu listů. Hnojení při výsadbě není vhodné, neboť podpoří spíše růst plevelů (Havlíčková a kol., 2010).

Rozvážné použití organického hnojení je možné doporučit. V zahraničí se výzkumně ověřuje možnost použití čistírenských kalů pro hnojení energetických plodin (Weger a kol., 2012).

3.3.4.2 Škůdci

Jelikož plantáž vrb či topolů představuje monokulturu, předpokládá se rychlejší šíření škůdců. Na těchto plantážích se nejčastěji vyskytují mšice a mandelinka topolová. Jejich výskyt však

není tak vysoký, aby negativně ovlivňoval dřeviny a následný výnos biomasy (Celjak, 2010; Weger a kol., 2012).

Malinová (2006) uvádí výskyt chorob, jako virózy, houbové choroby, bakteriózy, dřevokazné houby. Virózy vytvářejí na listech mozaikovitou strukturu, žluté tečky nebo kroužky.

K houbovým chorobám listu řadíme například rzi rodu *Melampsora*, které na listech vytvářejí oranžové kupičky letních výtrusů. Houba *Pollaccia* způsobuje skvrnitost listů a odumírání konců letorostů. Houbové choroby postihují nejen listy, ale také kůru. Mezi bakteriózy patří korová nekróza – *Xanthomonas 21 populi*, nádorovitost a uzlovitost – *Agrobacterium tumefaciens* či odlupčivost kůry – *Erwina cancerogena*. Topoly napadají i dřevokazné houby jako václavka obecná žlutoprstenná. Ze škůdců by mohla být výmladková plantáž napadena roztoči, křísy, mšicemi, listožravým hmyzem (bejlmorkovití, vzpřímenkovití, bekyněvití, mandelinkovití, nosatcovití), hmyzem poškozujícím kmeny a větve (drvopleňovití, nesytkovití, obalečovití, tesaříkovití).

Dále může být mladý porost ohrožen okusem srnčí zvěři nebo zajíci. Také kančí zvěř může způsobit ztrátu na mladých stromcích. Srnčí zvěř také poškozují kůru stromků tzv. vytloukáním, kdy se otírají parůžky o kmínek. Dochází k deformování dřevin nebo k úhynu. Pokud jsou kmínky již silnější, nevejdou se mezi srnčí parůžky, proto také starší porosty nejsou ohrožovány vytloukáním. Pokud tedy hrozí poškození dřevin zvěří, měla by být plantáž ohrazena (Celjak, 2010; Weger a kol., 2012).

V těchto oblastech je možno preventivně volit vhodnou skladbu RRD – např. balzámové topoly a jejich hybridy trpí okusem a vytloukáním méně (Havlíčková a kol., 2010).

3.3.5 Sklizeň biomasy

Plantáže RRD se sklízí v tzv. velmi krátkém obmýti, které se v našich podmínkách pohybuje mezi 3-6 roky. Pokud bude tedy celková doba existence plantáže 15 -25 let, znamená to, že bude sklizena 4-5 krát. Podle zkušenosti ze zahraničí se nedoporučuje sklízet v kratších obmýtích, neboť tím sníží celkový výnos za dobu existence plantáže. Při častějším sklizení dojde k poklesu produkce dřívě (do 10 let). 3-4 letý cyklus u nás je minimum, které by z těchto hledisek nemělo být snižováno. Spíše je možné uvažovat na některých lokalitách o variantě prodloužení cyklu. Např. mrazové kotliny, zamokřené půdy, vyšší polohy aj.

Pro pěstitele je také zajímavá relativní volnost při rozhodování o roku sklizně, kterou uvádějí z Holandska. Pokud není situace na trhu (poptávka) jeden rok výhodná, může počkat se sklízni do roků dalších. U topolových plantáží se také může rozhodnout o změně produkovaného sortimentu a ze štěpky přejít na jednokmennou lignikulturu (obmýti až 30 let)

pro produkci vlákniny, která je použitelná v papírenském průmyslu nebo sortimenty pro nábytkářský průmysl. Nejvhodnějším obdobím pro sklizeň RRD ne štěpku jsou zimní měsíce (prosinec – březen), kdy je obsah vody v pletivech nejnižší a je možno využít volných pracovních sil a strojů. Vhodné je také sklízet, když je půda zamrzlá a mechanizace nemá problémy s pohybem (Weger a kol., 2012).

Dle Havlíčkové a kol. (2010) v zásadě existují 2 technologie sklizně výmladkových plantáží:

1. **Vícefázová sklizeň** - Jednoduché přídavné zařízení na traktor nebo specializovaný sklízecí stroj podřezává v dané výšce prýty RRD a spojuje je do snopků, které se buď ponechají na plantáži, a nebo se odvázejí hned na místo konečného zpracování. Po vyschnutí na vzduchu (1-2 měsíce -1/2 roku) jsou snopky štěpkovány. Štěpka je dostatečně suchá (20-30%), energeticky velmi vydatná a je vhodná i pro spalování v topeništích s nižším až středním výkonem. Tento způsob je náročnější na manipulaci, ale stroje jsou jednodušší (univerzální).
2. **Jednofázová sklizeň** - Tento způsob využívá většinou samojízdné, ale i tažené sklízecí stroje schopné okamžité výroby dřevní štěpky přímo na poli. Ta má vyšší vlhkost, ale je snadněji manipulovatelná a dopravovatelná. Pro spalování této štěpky jsou vhodná velká topeniště nad 1MW.

3.3.6 Rušení plantáže a návrat stanoviště původnímu využití

Po poslední sklizni je potřeba z pozemku odstranit zbylou dřevní hmotu. Jedná se o pařízky a kořeny dřevin. Zde se využívají speciální frézy. Zbytky kořenů v půdě jsou odstraněny rotavátorem nebo hlubokou orbou. Část kořenů však zůstane v půdě. Ty působí pozitivně na pozemek, kdy provzdušňují hlubší vrstvy půdy a také plní funkci drenážní. V případě, že je stav půdy po produkční plantáži dobrý nebo lepší (fyzikální vlastnosti, humus) než tomu bylo před jejím založením je možno plochu na jaře osít cílovou plodinou (obilí, traviny atd.).

Pokud je živinová rovnováha půdy narušena, doporučujeme na základě výsledků půdních rozborů půdu dohnojit nebo ji biologicky meliorovat např. vojtěškou nebo jetelo-travní směsí. Navracení stanoviště původnímu použití (orané pole, louka, pastvina) je důležitou otázkou z hlediska ochrany zemědělského půdního fondu a podléhá kontrole MŽP (referátů životního prostředí na OÚ a MÚ (Weger a kol., 2012).

3.3.7 Využití produktu

Dle Čížek (2007) lze dřevní hmotu z pěstovaných rychle rostoucích dřevin využít mnoha způsoby. Liší se zejména druhem získaných sortimentů z plantáže a to především topolů.

Cenné výřezy jsou nejčastěji zpracovány na dýhy. Dýha nalézá uplatnění při výrobě běžných tak i vodězdorných překližek. Silnější sortimenty se uplatňují při výrobě tužek, pelet, sirek aj. Jelikož je dřevo topolů lehké, lze jej využít při výrobě laťovek nebo jako vnitřní dřevo při výrobě nábytku. Často se z něho také vyrábí obaly na potraviny. Topolové řezivo se využívá také jako stavební dřevo. Tento materiál se používá do konstrukcí uvnitř staveb či do vnitřních zařízení vagónů. Zajímavým využitím dřeva topolů se jeví výroba celulózy. V zahraničí (Kanada, USA) se běžně vysazují plantáže topolů blízko velkých celulózek. V zahraničí je zpracovávána listová biomasa na granulovaná krmiva, která se využívají pro hospodářská zvířata. Tato krmiva jsou nutričně srovnatelná s jinými krmivy ze zelené hmoty. V podmínkách České republiky jsou však topoly a vrby pěstovány především jako energetické plantáže, kdy je dřevo z těchto pozemků využíváno na výrobu tepla. Výhodou energetických plantáží je možnost zpracování dřevní hmoty pro následné využití na jednom místě. Po sklizni je dřevní hmota nejčastěji zpracována na štěpku. Při štěpkování jsou vlákna dřeva (větví nebo kmenů dřevin) příčně děleny. Štěpku lze skladovat volně loženou nebo z ní vylišovat různé typy briket či pelet. Kromě paliva lze štěpku dále využít na výrobu dřevotřískových a dřevovláknitých desek či použít v chemickém zpracování (Čížek, 2010). Z topolového dřeva lze rovněž vyrábět otepi, polínka nebo jiné sortimenty, které se využívají pro malá topeniště (Celjak, 2010). Jech et al., (2003) zmiňují, že vrby se uplatňují dále i v košíkářském odvětví případně se využívají pro vrbové stavby. V Anglii zakládají speciální porosty *Salix alba Calva* pro výrobu kriketových pálek.

3.4 Úskalí při zakládání plantáže rychle rostoucích dřevin

Před založením takového porostu a v průběhu jeho pěstování je ovšem nutno dodržet určité specifické povinnosti, které vyplývají z české legislativy. Rychle rostoucí dřeviny pěstované ve výmladkových plantážích jsou v České republice velmi často tzv. geograficky nepůvodním rostlinným druhem. Z tohoto důvodu je před samotnou výsadbou nutné u takových druhů požádat o povolení orgánů ochrany přírody místně příslušné obce s rozšířenou působností. Forma žádosti není zákonem nijak stanovena, obecně musí být ze žádosti zřejmé, kterému subjektu je určena, kdo ji činí a co požaduje. Přijatá žádost by měla být objektivně posouzena na základě záměru, který je nutné k žádosti přiložit. Informace o dalších podkladech, které by mohly být k žádosti vyžadovány, bývají k dispozici na webových stránkách úřadu obce s rozšířenou působností nebo přímo u odpovědných pracovníků těchto úřadů, kteří se touto problematikou zabývají. Při hodnocení žádosti se posuzuje zejména vhodnost lokality k

pěstování konkrétních druhů rychle rostoucích dřevin a výsledkem je rozhodnutí o povolení k pěstování, nebo zamítnutí žádosti (Ministerstvo zemědělství, 2014).

3.4.1 Legislativa a dotační tituly

Pěstování výmladkových plantáží rychle rostoucích dřevin pro energetické využití je v ČR upravováno zejména právními předpisy rezortů MŽP a MZe. V následujícím přehledu je uveden výčet hlavních legislativních dokumentů a jejich paragrafů týkajících se pěstování rychle rostoucích dřevin a ochrany přírody a krajiny.

Základním právním předpisem, ze kterého vyplývá postup místního orgánu ochrany přírody (OOP) při posuzování pěstování výmladkových plantáží rychle rostoucích dřevin je zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb. Níže jsou uvedeny části paragrafů týkající se pěstování rychle rostoucích dřevin pro energetické využití (Ministerstvo zemědělství, 2016).

§ 3 – Vymezení pojmů

Odst. (1) b) významný krajinný prvek je ekologicky, geomorfologicky nebo esteticky hodnotná část krajiny. Významnými krajinnými prvky jsou lesy, rašeliniště, vodní toky, údolní nivy (Ministerstvo zemědělství, 2016).

§ 5 – Obecná ochrana rostlin a živočichů

Odst. (4) Záměrné rozšíření geograficky nepůvodního druhu rostliny či živočicha do krajiny je možné jen s povolením orgánu ochrany přírody. Geograficky nepůvodní druh rostliny nebo živočicha je druh, který není součástí přirozených společenstev určitého regionu. Odst. (5) Záměrné rozšiřování křížence druhů rostlin či živočichů do krajiny je možné jen s povolením orgánů ochrany přírody (Ministerstvo zemědělství, 2016).

Paragraf se týká velké části klonů a odrůd RRD. Ve zvláště chráněných územích (ZCHÚ) je pěstování nepůvodních druhů dle § 16 písm. h) zákona 114/1992 Sb. zakázáno. Vyjimku může udělit správa ZCHÚ (Weger, 2011).

Seznam byl vypracován dle zadání MŽP a je průběžně aktualizován na základě výsledků výzkumu a praxe. Všechny nové odrůdy RRD by měly být posouzeny podmínkami zákona č. 114/1992 Sb. a v případě kladného výsledku šetření zapsány do tohoto seznamu. Žádost o posouzení se podává na MŽP odbor péče o krajinu (611). Pokud nejsou v seznamu může být jejich pěstování zakázáno místním orgánem ochrany přírody (Weger, 2011).

§ 7 – Ochrana dřevin

Odst. (2) Péče o dřeviny, zejména jejich ošetřování a udržování je povinností vlastníků. Při výskytu nákazy dřevin epidemickými či jinými jejich vážnými chorobami, může orgán ochrany přírody uložit vlastníkům provedení nezbytných zásahů, včetně pokácení dřevin (Ministerstvo zemědělství, 2016).

§ 12 – Krajinný ráz

Odst. (1) Krajinný ráz, kterým je zejména přírodní, kulturní a historická charakteristika určitého místa či oblasti, je chráněn před činností snižující jeho estetickou a přírodní hodnotu. Zásahy do krajinného rázu, zejména umístování a povolování staveb, mohou být prováděny pouze s ohledem na zachování významných krajinných prvků, zvláště chráněných území, kulturních dominant krajiny, harmonické měřítko a vztahy v krajině (Ministerstvo zemědělství, 2016).

Odst. (2) K umístování a povolování staveb, jakož i jiným činnostem, které by mohly snížit nebo změnit krajinný ráz, je nezbytný souhlas orgánu ochrany přírody. Podrobnosti ochrany krajinného rázu může stanovit ministerstvo životního prostředí obecně závazným právním předpisem (Ministerstvo zemědělství, 2016).

§ 45b – Ochrana evropsky významných lokalit (Natura 2000)

Odst. (2) Evropsky významné lokality vyhlášené podle odstavce 1 jsou chráněny před poškozováním a ničením. Využívají se pouze tak, aby nedošlo k závažnému nebo nevratnému poškození nebo ke zničení evropských stanovišť anebo stanovišť evropsky významných druhů vyžadujících územní ochranu tvořících jejich předmět ochrany a aby nebyla narušena jejich celistvost. K zásahům, které by mohly vést k takovým nežádoucím důsledkům, si musí ten, kdo tyto zásahy zamýšlí, předem opatřit souhlas orgánu ochrany přírody (Ministerstvo zemědělství, 2016).

3.4.1.1 Ochrana a evidence půdy

Orgánem ochrany zemědělského půdního fondu je rezort MŽP. Ochrana půdy obecně a tedy i při pěstování výmladkových plantáží RRD je řešena v rámci zákona č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu. Dřívější povinnost dočasně vyjímát půdu pro pěstování RRD ze zemědělského půdního fondu zanikla v roce 2003, kdy došlo v rámci novely vyhlášky Katastrálního úřadu (č. 26/2007 Sb., která se provádí zákon č. 265/1992 Sb. a 344/1992 Sb.) k vytvoření kategorie využití pozemků: plantáž energetických dřevin. Změna

využití zemědělské půdy založením výmladkové plantáže se také uvádí do map LPIS a to do kategorie okrasné druhy (OD) (Ministerstvo zemědělství, 2016).

Z hlediska ochrany přírody (MŽP), která je garantem ochrany půdy v ČR, není podstatné zda je pozemek ornou půdou nebo trvalým travním porostem. (Ministerstvo zemědělství, 2016)

3.4.1.2 Rychle rostoucí dřeviny jako zemědělská kultura

Porost rychle rostoucích dřevin je definován jako druh zemědělské kultury v § 3i písm. j) zákona č. 252/1997 Sb., o zemědělství (Ministerstvo zemědělství, 2016).

§ 3i - Druh zemědělské kultury

"Porostem rychle rostoucích dřevin obhospodařovaná půda, která je souvisle osázena rychle rostoucími dřevinami určenými k produkci biomasy pro energetické využití nebo k produkci řízků jako reprodukčního porostu pro vegetativní množení rychle rostoucích dřevin"(Ministerstvo zemědělství, 2016).

3.4.1.3 Nakládání se sadbou rychle rostoucích dřevin

Rozmnožování a distribuce sadby rychle rostoucích dřevin pro energetické využití se řídí podle pravidel zákona o uvádění do oběhu osiva a sadby pěstovaných rostlin č. 219/2003 Sb., který je v souladu s evropskými direktivami. Rychle rostoucí dřeviny jsou v zákoně zařazeny do kategorie okrasné rostliny v § 25 (Rozmnožovací materiál okrasných druhů) a jsou v odstavci 6 uváděny jako "intenzivní kultury rychle rostoucích dřevin pro energetické účely. Sadební materiál (řízky, pruty a případně sazenice) mohou dodávat pouze producenti registrovaní u ÚKZÚZ (viz nakládání se sadbou RRD). Při dodržení zákonných podmínek tzv. kritických bodů, jako je např. vedení evidence prodeje nebo kontrola karanténních škodlivých organismů. Dodržování kritických bodů kontroluje státní rostlinolékařská správa (SRS), případně ÚKZÚZ.

K vydávání rostlinolékařského pasu je nutný souhlas SRS, která výskyt karanténních chorob v reprodukčních porostech (matečnicích) monitoruje (Ministerstvo zemědělství, 2016).

3.4.2 Pravidla dotačních titulů pro RRD z rezortu MZe

Pro pěstování většiny uvedených klonů a odrůd mohou být poskytovány různé dotace, které uvádějí některé další podmínky pro pěstování. Prováděcí vyhlášky (resp. závazná pravidla) pro získání dotací z rezortu MZe upravují v době své účinnosti různé aspekty pěstování příp.

zakládání porostů RRD. Vymezují například sortiment sadby, rozlohu a obmýcí porostů nebo kontrolní mechanizmy. V současnosti je na plochu pěstované výmladkové plantáže RRD poskytována pouze dotace (jednotná platba) SAPS (Weger,2011).

Základními podmínkami pro získání dotace je, aby byl žadatel zemědělským podnikatelem, aktivním zemědělcem a obhospodařoval zemědělskou půdu, která je na něho evidovaná v registru zemědělské půdy LPIS podle užívatelských vztahů. Žádost o poskytnutí SAPS je podávána v rámci tzv. jednotné žádosti na SZIF, a to zpravidla do 15. května příslušného kalendářního roku. Jednou ze základních podmínek pro poskytnutí této platby je dodržení minimální výměry, která činí v součtu všech dílů půdních bloků v žádosti nejméně 1 ha. Dotčené DPB musí být vedeny na žadatele v LPIS nejméně od data podání žádosti do 31. srpna kalendářního roku, ve kterém žádá o platbu. Poskytnutí SAPS je mimo jiné podmíněno řádným obhospodařováním zemědělské půdy, dodržováním podmínek dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES) a povinných požadavků na hospodaření (PPH), které dohromady tvoří podmínky podmíněnosti (tzv. Cross Compliance).

Pokud žadatel požádá o SAPS je povinen dodržovat na všech svých způsobilých hektarech všechny vymezené zemědělské postupy příznivé pro klima a životní prostředí. Jako zemědělské postupy příznivé pro klima a životní prostředí, podle čl. 43 nařízení EU č. 1307/2013, jsou stanoveny: diverzifikace plodin, zachování úrovně trvalých travních porostů a zřizování ploch v ekologickém zájmu (EFA) (Ministerstvo zemědělství, 2016).

Vývoj dotačních podpor je znázorněn v (Tab. 3).

Tab. 3 Vývoj dotačních podpor pro zakládání a pěstování výmladkových plantáží RRD od roku 2007 (Weger, 2013).

Období	Program	Dotace na založení	Dotace na pěstování
Dostupné dotace			
2015	SAPS+greening (plošné platby na veškerou půdu v evidenci LPIS) mladý zemědělec PVP (přechodná vnitrostátní podpora)		SAPS 3 543 Kč/ha greening 1 943 Kč/ha 885 Kč/ha zemědělská půda 192,17 Kč/ha
2007–2014	SAPS (plošné platby na veškerou půdu v evidenci LPIS)		zatím bylo 2792–5997 Kč/ha/rok
2008–2013	Top-Up (národní dorovnání plošných plateb)		zatím bylo 1341–1350 Kč/ha/rok
Ukončené a nedostupné dotace			
2000–2003	NV 500/2000 a 505/2002	30 tis. Kč/ha (3 Kč/řízek)	4 000 Kč/ha/rok (na odplevelování 1 a 2 rok)
2004–2006	NV 308/2004 Sb. HRDP	60 tis. Kč/ha	
2007–2013	Program rozvoje venkova PRV (EAFRD) – OSA I	není dostupná	
2007–2010	Uhlíkový kredit		zatím bylo 31,5–45 € /ha/rok

3.4.3 Legislativa v režimu ekologického zemědělství

Plnění podmínek greeningu se nevztahuje na zemědělské subjekty, které jsou zaregistrovány jako osoby podnikající v ekologickém zemědělství.

Pokud má žadatel v LPIS více než 15 ha orné půdy, musí být alespoň 5 % z jeho výměry uvedené na deklaraci veškeré zemědělské půdy v rámci jednotné žádosti vyčleněno jako plocha v ekologickém zájmu (EFA). Aby bylo možné plochu RRD deklarovat jako EFA, musí mít minimální výměru 0,01 ha.

Nařízení vlády č. 50/2015 Sb.; § 15 - Plocha s rychle rostoucími dřevinami pěstovanými ve výmladkových plantážích v ekologickém zájmu

„odst. (1) Plochou s rychle rostoucími dřevinami pěstovanými ve výmladkových plantážích, kterou lze vyhradit jako plochu využívanou v ekologickém zájmu, se rozumí plocha s rychle rostoucími dřevinami pěstovanými ve výmladkových plantážích podle § 3 odst. 10 nařízení vlády č. 307/2014 Sb., o stanovení podrobností evidence využití půdy podle užitelských vztahů a o změně některých souvisejících nařízení vlády, která je založena z druhu nebo křížence dřevin uvedených v seznamu v příloze č. 4 k tomuto nařízení;

odst. (2) Pro účely ploch vyhrazených jako plochy využívané v ekologickém zájmu se rychle rostoucí dřeviny ve výmladkových plantážích pěstují bez použití minerálních hnojiv a přípravků na ochranu rostlin“.

Podmínkami se RRD v ekologickém zájmu odlišují od zemědělské kultury D způsobilé pro SAPS odlišným seznamem povolených dřevin (který je podmnožinou RRD oprávněných pro SAPS v rámci kultury D) a vyloučením možnosti používat minerální hnojiva a přípravky na ochranu rostlin.

Pro přepočítání reálné plochy EFA se použijí váhové koeficienty, které tuto výměru v některých případech ovlivní. Je tedy potřeba deklarovat vyšší výměru tak, aby po přepočtení váhovým koeficientem byla splněna 5 % podmínka. Přepočtená výměra je důležitá pro výpočet plnění podmínek greeningu. Pro plochy s rychle rostoucími dřevinami pěstovanými ve výmladkových plantážích je přepočítávací koeficient 0,3 (Ministerstvo zemědělství, 2016).

3.5 Krajinné a ekologické aspekty rychle rostoucích dřevin

Vliv intenzivního pěstování rychle rostoucích dřevin na životní prostředí je šetrnější, než se předpokládalo, a lze pěstovat tyto dřeviny v zemědělské krajině tak, aby docházelo ke zlepšení kvality půdy, půdní vody a biodiverzity. Bylo zjištěno, že voda, která prosakuje plantáží, obsahuje menší množství nitrátů, jelikož tento energetický porost vyžaduje minimální potřebu hnojení. Obsah organických uhlíkatých sloučenin se v půdě zvyšuje díky opadu listů. Jsou vytvořené nové biotopy pro existenci různých rostlinných a živočišných druhů, což pozitivně působí na okolní zemědělskou krajinu. Významný je především výskyt bezobratlých živočichů (rozkladači, predátoři, paraziti). Vznik heterogenních ploch topolů či vrb o menší rozloze, kde jsou kombinované různé druhy dřevin, zvyšuje druhovou rozmanitost (Koubová, 2012).

Jech et al. (2000) řadí mezi mimoprodukční funkce výmladkových plantáží funkci meliorační, izolační, asanační, biologickou, estetickou, kulturní a naučnou:

- Meliorační funkce – k melioračním účinkům patří především regulace vodního režimu krajiny a ochrana půdy proti erozi.
- Izolační funkce – porosty topolů nacházejí uplatnění také jako větrolamy, vytvářejí protihlukovou zábranu, ochranu před prachem, hlukem aj.
- Asanační funkce – využití plochy devastované předchozím způsobem užíváním a její regenerace např. filtrace srážkové a povodňové vody, odebíráním živin, dekontaminace vod od těžkých kovů, zlepšení tepelného režimu lokality, vegetační úprava výsypek a antropogenních stanovišť.
- Biologická funkce – porosty rychle rostoucích dřevin vytvářejí úkryt a zimoviště pro zvěř a prokazatelně zvyšují biodiverzitu.

- Estetická funkce – dřeviny obecně v krajině působí pozitivně na estetické vnímání území.
- Kulturní - náhrada některých tradičních a historických prvků zeleně v krajině, které z rozličných důvodů nelze obnovit v původní podobě.
- Naučná - využití ploch k naučným, propagačním nebo výzkumným účelům.

3.6 Vliv rychle rostoucích dřevin na fyzikálně chemické vlastnosti půd a mobilitu rizikových prvků

3.6.1 Rizikové prvky

Rizikové prvky jsou skupinou prvků, které jsou potenciálně nebezpečné. Bud' tím, že sloučeniny těchto prvků jsou toxické nebo vyvolávají zhoubné bujení (jsou karcinogenní) či jinak ohrožují zdraví člověka (Beneš, 1994).

V půdě se vyskytují jak přirozeně a to v důsledku jejich uvolňování během zvětrávání matečních hornin, tak i antropogenně v důsledku činnosti člověka. Rizikové prvky se vyskytují v půdách v různých formách, které se liší svou pohyblivostí a přístupností pro rostliny (Lombi et al., 2000).

Zařazení prvků mezi toxické má však pouze omezenou platnost, neboť z hlediska vztahu dávka – účinek a délky expozice považujeme za toxické všechny prvky, jsou-li přijímány v dostatečně vysoké dávce a po dostatečně dlouhou dobu. V životním prostředí, ale i ve vnitřním prostředí organismu jsou prvky v neustálé vzájemné interakci i v interakci s organickými látkami (Cibulka et al., 1991).

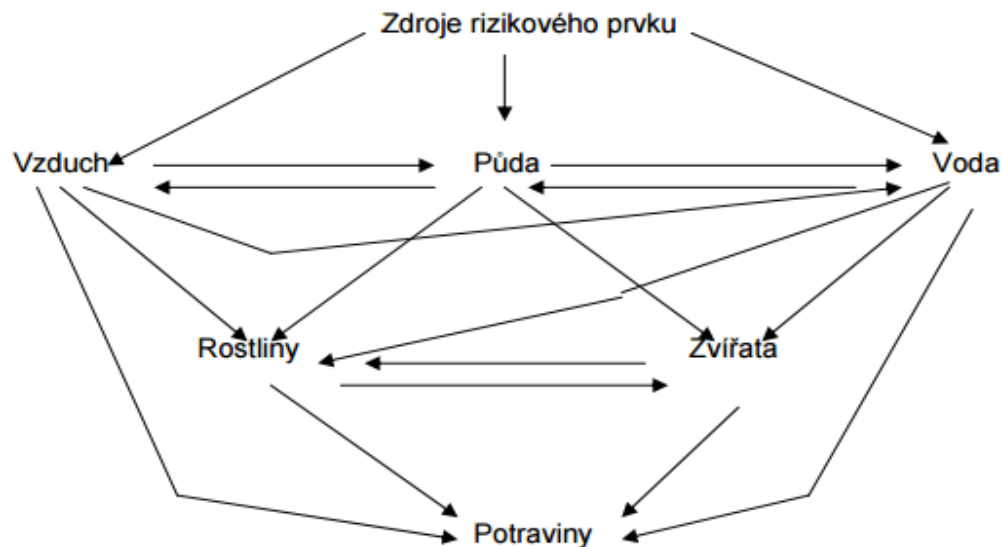
Za významnou skupinu rizikových prvků jsou považovány těžké kovy. Termín těžké kovy obvykle definuje prvky se specifickou hmotností větší než 5 g.cm⁻³. Vyčleňuje jak kovy, tak polokovy, které jsou spojeny se znečištěním životního prostředí a s toxicitou (Adriano, 2001). Charakteristika chemických prvků, které jsou součástí biologických a biotických systémů je velmi složitá. Je pro ně možno používat další synonyma, jako stopové prvky, stopové kovy, těžké kovy, mikroživiny, mikroelementy, také vedlejší prvky. Vzhledem k tomu, že těžké kovy provázejí lidstvo již od nepaměti, lze předpokládat, že patří mezi nejstarší známé toxické látky. V přírodě se těžké kovy v nízkých koncentracích přirozeně vyskytují jako součást zemské kůry. Lokálně se pak mohou vyskytovat v mnohonásobně vyšších koncentracích, obvykle jde o ložiska příslušné rudy. Vzhledem k mnohostrannému využití nejrůznějších sloučenin těžkých kovů však vedle přirozeného výskytu dochází navíc k antropogennímu znečištění všech složek životního prostředí. Sloučeniny těžkých kovů se pak účastní nejen přirozených geochemických a biologických cyklů, ale i cyklů antropogenního původu, kterými přecházejí do živých organismů, kde se pak tyto látky kumulují (Kafka a Punčochářová, 2002).

Značné množství těžkých kovů přítomných v prostředí se ukládá v půdě, zejména v povrchové vrstvě humózního horizontu. Akumulace těžkých kovů v půdě není trvalá, závisí

na vlastnostech půdy, zejména na hodnotě pH půdy, množství půdní organické hmoty a zastoupení jílovité frakce (Kabata-Pendias a Pedias, 2001).

Mezi prvky pro životní prostředí nebezpečné zařazuje Adriano (2001) především tyto prvky: As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb a Zn. Jejich zvýšený obsah v zemědělských půdách znamená potenciální nebezpečí kontaminace zemědělské produkce. Cesta rizikových prvků od zdrojů do potravin je znázorněna na obr. 1.

Obr. 1 Cesta rizikových prvků od zdrojů do potravin (Adriano, 2001)



3.6.1.1 Mobilita rizikových prvků v půdě

Schwartz et al. (2003) uvádějí, že příjem kovů rostlinou není lineárně závislý na celkovém obsahu kovu v půdě, ale naopak na jeho přístupnosti. Hlavní chemické a mineralogické charakteristiky půdy, které ovlivňují mobilitu prvků a jejich transport, jsou pH, redox potenciál, kationtová výměnná kapacita, kvantita a kvalita organické hmoty, množství a složení oxidů a jílových minerálů (Alloway, 1990; Tlustoš, 1999; Kabata-Pedias a Pedias, 2001) a mikrobiální aktivita (Tlustoš, 2006). Redox potenciál a hodnota pH patří mezi nejvýznamnější faktory regulace rozpustnosti a přístupnosti rizikových prvků rostlinám. Vliv redox potenciálu a hodnoty pH na přístupnost prvků k rostlinám je uveden v tab. 4 (Kabata-Pedias a Pedias, 2001).

Tab. 4: Vliv půdních podmínek na přístupnost prvků (Kabata-Pendias a Pendias, 2001)

půdní podmínky	pH	přístupnost	
		snadná	střední
oxidační	< 3	Cd, Zn, Co, Cu, Ni	Mn, Hg, V
oxidační	> 5	Cd, Zn	Mo, Se, Sr, Te, V
oxidační (+Fe)	> 5	žádný	Cd, Zn
redukční	> 5	Se, Mo, As	Cd, Zn, Cu, Mn, Pb, Sr
redukční (+ H ₂ S)	> 5	žádný	Mn, Sr

Koncentrace přístupných podílů je u většiny rizikových prvků nižší v půdním roztoku alkalických a neutrálních půd, než u lehkých kyselých půd při stejném celkovém obsahu (Wenzel et al, 1999). Tlustoš et al. (2006) uvádí, že při změně hodnoty pH kontaminované půdy z 5,7 na 7,3 poklesl mobilní podíl zinku v půdě o 70 %, kadmia o 50 % a olova o 20 %.

3.6.1.2 Příjem a transport rizikových prvků rostlinou

O tom, zda rizikový prvek z půdy vstoupí do rostliny, nerozhodují jen půdní vlastnosti, ale i rostlina sama. Chemické složení rostlin do určité míry odráží složení růstového média. Přístupnost rizikových prvků rostlinám je dána jejich vazbou na půdní složky. Rostliny nejnáze přijímají z půdního roztoku ve formě iontů nebo omezeně chelátů, popř. organické sloučeniny. Příjem prvku a jeho transformace v rostlině je ovlivněn enzymatickými procesy, koncentrací a formou výskytu, projevem nedostatku a toxicity, iontovou kompeticí a interakcí. Rostliny zpravidla přijímají nejvíce živin a ostatních látek kořeny, k příjmu však mohou sloužit i ostatní části rostlin, zejména listy (Tlustoš et al., 2006).

Pro příjem rizikových prvků kořeny rostlin je nezbytné, aby byly nejdříve uvolněny do půdního roztoku jako volné disociované ionty nebo rozpustné anorganické a organické komplexy (Adriano, 2001).

Pohyblivost kovu ke kořenům má dvě alternativy. První alternativou je difúzní koncentrační gradient, druhou je transpirací indukovaný hmotový tok půdního roztoku. Kořenová část je schopná všemi svými částmi přijímat těžké kovy, ale za nejdůležitější část je pokládáno kořenové vlášení. Bylo prokázáno, že rostliny s mnohočetným vlášením mají vyšší schopnost přijímat těžké kovy než rostliny se silnějším kořenem. Kořenový aparát rostliny vylučuje ve své těsné blízkosti organické kyseliny a následně s těmito kyselinami prvky v půdě reagují. Koncentrační rozdíly těchto organických kyselin ovlivňují toleranci rostlin k jednotlivým prvkům (Tlustoš et al., 2006a).

Gobran et al. (2001) poukazuje na to, že významnou roli v příjmu rizikových prvků hraje rhizosféra. Rhizosférou je nazývána tenká vrstva půdy ve vzdálenosti několika milimetrů od kořenů, jejíž vlastnosti jsou ovlivněny kořenovou aktivitou.

Do rhizosféry rostliny uvolňují zejména odumřelé buňky včetně lyzátů, slizovitých látek s vysokou molekulovou hmotností (převážně polysacharidy a polygalakturonová kyselina) a organické látky s nízkou molekulovou hmotností (cukry, organické kyseliny, aminokyseliny a fenolické látky) (Tlustoš et al. 2007).

Tyto kořenové exudáty ovlivňují v rhizosféře rozpustnost prvků a jejich příjem do rostlin nepřímo přes jejich vliv na pH, aktivitu mikroorganismů a fyzikální vlastnosti, nebo přímo prostřednictvím chelátů, srážením či oxidačně redukčními reakcemi iontů s exudáty (Lombi et al., 2001).

3.6.1.3 Vybrané rizikové prvky v rostlině

3.6.1.3.1 Arsen

Obsah arsenu v kulturních rostlinách je obecně nízký i v případě, že rostliny rostou na kontaminované půdě. Nižší obsahy As byly při jeho srovnatelném obsahu v půdě nalezeny u rostlin rostoucích na jílovitých půdách s vysokým obsahem jílových minerálů a Fe/Al oxidů než na lehkých písčitých půdách (Alloway, 1990).

Za normální hladinu celkového obsahu As v rostlinách je považováno 0,01 – 1 mg.kg⁻¹ a obsahy 3 – 10 mg.kg⁻¹ mohou být již fyto toxické. Toxický vliv na rostliny se projevuje žloutnutím a vadnutím listů, odbarvením kořenů, plazmolýzou buněk a redukcí růstu (Alloway, 1990; Kabata-Pendias a Pendias, 2001).

3.6.1.3.2 Kadmium

Dle Kabata- Pendias (2011) je přístupnost kadmia pro rostliny závislá na několika faktorech, mezi které patří druh rostliny, obsah organických látek v půdě, redoxní potenciál, pH půdy a složení půdního roztoku, ve kterém je koncentrace Cd 0,2 – 0,6 mg.l⁻¹ pro nekontaminované zeminy. S klesající hodnotou pH vzrůstá rozpustnost Cd a tím i jeho pohyblivost. Přístupné formy Cd pro rostliny jsou Cd²⁺, CdCl⁺, Cd Cl²⁰, Cd Cl³⁻.

Kadmium je v přírodě nerozložitelné, jeho sloučeniny jsou však relativně dobře rozpustné ve vodě, což zvyšuje jeho mobilitu v půdě. Je díky tomu také biologicky přístupnější a akumuluje se v tělech rostlin i živočichů. Nedegradovatelností kadmia v přírodě vzrůstá díky antropogenní činnosti jeho množství v sedimentech a ve svrchní vrstvě půdy. Zvyšování

obsahu Cd v orné půdě vyvolává obavy z možných zdravotních problémů způsobených zemědělskými produkty s naakumulovaným Cd (Järup et al., 1998).

Mezi přírodní zdroje kontaminace kadmii patří suchozemská i podmořská vulkanická aktivita a zvětrávání hornin. Během procesu zvětrávání tvoří Cd jednoduché sloučeniny, jako například CdO , $Cd(OH)_2$, $CdCl_2$ a CdF_2 , které jsou mobilní a následují Zn zejména v procesu sedimentace (Kabata- Pendas, 2011).

Během zvětrávání také kadmium snadno přechází do mobilní fáze a může tvořit několik typů komplexních iontů a organických chelátů (Kabata- Pendas, 2011).

Tlustoš et al.(2006b) uvádějí, že Cd proniká do kořenů rostliny přes epidermis a kortex apoplastem nebo symplastem do xylému, kde tvoří komplexy s ligandy. Dále také zmiňuje, že převážný podíl Cd zůstává v kořenech, výjimku však tvoří tabák a listová zelenina, kde jsou nejvyšší obsahy kadmia akumulovány v listech.

Obsahy Cd v rostlině jsou různé, v rychle rostoucích dřevinách jsou nejnižší ve větvích 3,3 - 3,9mg/ kg sušiny (Hammer et al., 2003), v listech 10 - 20 mg/ kg (Pulford et al., 2002).

Dle Tlustoše et al. (2006b) hnědnutí kořenových vlásků a špiček kořenů rostlin, červenohnědé zabarvení žilnatiny, červenohnědé nekrózy na mladých listech, ale především redukce růstu může být známkou vysokého obsahu kadmia v rostlině. Dále výše zmíněný kolektiv uvádí, že tato redukce se projevuje potlačením rychlosti prodlužovacího růstu buněk, zvláště pak stonků, protože kadmium inhibuje činnost protonové pumpy odpovědné za tento děj.

Ve své podstatě jsou rostliny rezervoárem kadmia na jeho cestě potravním řetězcem do těla zvířat a lidí (Kabata-Pendas a Pendas, 2001).

3.6.1.3.3 Olovo

Ačkoliv se olovo přirozeně vyskytuje ve všech rostlinách, nebyl zatím dokázán jeho esenciální význam v metabolismu žádného rostlinného druhu. Existuje však mnoho důkazů o stimulačním růstovém efektu některých olovnatých solí, především nízkých koncentrací $Pb(NO_3)_2$. Více však existuje důkazů o inhibičním efektu na metabolismus rostlin. Není jednoduché stanovit koncentraci toxickou pro rostlinné životní procesy (Kabata-Pendas, 2001).

V přirozených ekosystémech je olovo přítomno v nízkých koncentracích ve všech rostlinách. Rostlina jej přijímá pasivně a jeho příjem je limitován půdní reakcí a teplotou. Olovo se v rostlině ukládá v buněčné stěně, a tím znemožňuje jeho pohyb uvnitř rostliny. V nízkých koncentracích může olovo stimulovat růst. Ve vyšších koncentracích narušuje metabolismus vápníku, snižuje příjem oxidu uhličitého, působí na buněčné dělení a omezuje příjem vody.

Některé rostliny nezpomalují růst ani při vysokém příjmu olova. Velmi vysoké koncentrace vedou ke vzniku chlorózu a listy jsou zakrnělé (nejcitlivěji na kumulaci olova reaguje listová zelenina) (Bláha, 2003).

Bylo prokázáno antagonické působení Pb s Ca, P a S. Významná je interakce Pb s Ca, protože Pb může napodobit fyziologické vlastnosti Ca a inhibovat tak některé enzymy (Kabata-Pendias a Pendias, 2001).

3.6.1.3.4 Zinek

Zinek je prvkem, který hraje v systému půda – rostlina dvojí roli. Je esenciální pro růst a vývoj rostliny, ale ve vysokých koncentracích může působit fytotoxicky. Esencialita spočívá ve specifické biochemické roli, kde nemůže být nahrazen jiným prvkem tak, aby nedošlo k narušení růstu, nebo metabolismu (Kabata-Pendias a Pendias, 2001).

Zinek působí v rostlině, jako strukturální, funkční a regulační faktor mnoha enzymů.

Vyskytuje se jako součást hydrolázy, lyázy, transferázy, izomerázy, oxireduktázy a ligázy (Kabata-Pendias, 2011).

V rostlinách se zinek účastní fotosyntézy. Účastní se jí pravděpodobně tak, že vytváří nezbytnou složku karbonátdehydratázy, alkoholdehydrogenázy, glutamátdehydrogenázy, laktátdehydrogenázy a alkalické fosfatázy. Má podíl na inhibici aktivity ribonukleázy v rostlinných pletivech. Při nedostatku zinku bylo zjištěno poškození chloroplastů. Nadbytek zinku u netolerantních druhů rostlin se projevuje chlorózou mladých listů. Tolerantní druhy nadlimitní obsahy zinku ve svých pletivech inaktivují tak, že tento ion vážou v komplexech s kyselinou jablečnou nebo citrónovou, chelátové komplexy se transportují a ukládají do vakuol především v podzemních částech rostliny (Hobza et al., 2010).

Koncentraci zinku v listovém pletivu lze přibližně klasifikovat do intervalů: pokud jeho obsah v pletivech klesne pod 10 mg.kg^{-1} rostliny trpí jeho nedostatkem; $10 - 25 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny je obsah nedostatečný; $26 - 150 \text{ mg.kg}^{-1}$ je obsah normální; $151 - 400 \text{ mg.kg}^{-1}$ sušiny je obsah nadnormální a více než 400 mg.kg^{-1} sušiny je obsah toxický (Alloway et al., 1990).

Vysoká koncentrace mobilního fosforu v půdě může omezit příjem zinku rostlinami (Alloway, 1990).

3.7 Kontaminace půdy rizikovými prvky v České republice

Kontaminace půd se řadí spolu s vodní a větrnou erozí, zábořem půd, degradací půdy, úbytkem organické hmoty a acidifikací k procesům, které nepříznivě ovlivňují produkční a ekologické funkce půdy. Na kontaminaci půd se podílí celá řada anorganických i organických látek, jejichž zdrojem mohou být jednak přirozené procesy a jednak antropogenní aktivita (Alloway, 1990).

Mezi přirozené zdroje řadíme zvětrávání hornin, atmosférické srážky, pevný spad a podzemní vody. U antropogenních zdrojů lze rozlišovat mezi přímou - úmyslnou aplikací (moření osiva, chemická ochrana rostlin, zlepšování půdní úrodnosti aplikací hnojiv, sedimentů, kalů z ČOV apod.) a nepřímou aplikací (spalování fosilních paliv, metalurgie, těžba atd.) (Kunzová et al., 2017).

Stav kontaminace zemědělských půd v ČR je systematicky sledován Ústředním kontrolním a zkušebním ústavem zemědělských (ÚKZÚZ) v rámci programů „Bazálního monitoringu zemědělských půd“ a „Registru kontaminovaných ploch“ (Kunzová et al., 2017).

Rizikové prvky pocházející z antropogenní činnosti patří mezi nejčastější a nejdéle působící kontaminanty životního prostředí. Pokud se dostanou do půdy, přetrvávají v ní tisíce let, a je velmi obtížné eliminovat jejich účinky na rostliny a na půdní úrodnost (Alloway, 1990).

V České republice se nachází několik oblastí, které se vyznačují zvýšeným obsahem rizikových prvků v půdě. Dosahují takových hodnot, u kterých hrozí reálné riziko kontaminace zemědělské produkce a tedy i ohrožení zdraví lidí. Mezi oblasti postižené vysokou kontaminací půdy způsobenou především důlní činností patří Kutná Hora (Bílek, 1982).

Mezi nejvíce poškozené oblasti ČR patří Příbramsko, kde ke kontaminaci oblasti došlo především atmosférickou depozicí rizikových prvků při těžbě a zpracování olova (Tlustoš et al. 2007).

3.8 Možnosti eliminace rizikových prvků v půdě

3.8.1 Fytoremediace

Fytoremediaci lze definovat jako užití zelených rostlin k imobilizaci, přesunu, akumulaci nebo odstraňování kontaminantů životního prostředí.

Dle Kučerové et al. (1991) se nejlépe uplatňuje v místech s povrchovým znečištěním a také bylo zjištěno, že je účinná především pro hydrofobní polutanty jako jsou benzen, toluen, ethylbenzen, xylen, chlorovaná rozpouštědla, nebo nitrosloučeniny.

Jedná se tedy o využití nejrůznějších rostlinných druhů při degradaci, extrakci či imobilizaci látek kontaminujících půdu či vodu, posledních letech je zkoumána i možnost čištění vzduchu (Macková et Macek, 2005).

Macková et Macek (2005) uvádí, že rostliny lze k fytoremediaci využít u vysoce kontaminovaných ploch, v mírně kontaminovaných oblastech a k dočištění po použití jiných postupů, ale také k zabránění větrné či půdní erozi.

Fytoremediace se pomalu stává jednou z velmi efektivních metod pro kontrolu a odbourávání xenobiotik. Vegetace zajišťuje i jiný užitek v kontaminované oblasti, fytoremediací vzrůstá množství organického uhlíku v půdě, který stimuluje aktivitu mikroorganismů. Na druhé straně je nutné si uvědomit, že tuto metodu není možné aplikovat ve všech situacích a pro všechny škodlivé látky (Kučerová et al., 1991).

Fytoremediace používá dvě základní strategie - fytodekontaminaci a fytostabilizaci.

Fytodekontaminace zahrnuje fytoextrakci, kdy rostliny akumulují kontaminanty v tkáních, jsou sklizeny a buď uloženy na bezpečné úložiště, nebo zpracovávány termálně či chemicky, a fytodegradaci, kdy rostliny kontaminanty přemění a produkty zabudují do rostlinných struktur nebo degradují v rhizosféře kořenů nebo v tělech rostlin. Fytostabilizace je postup, který lze využít při zajištění a přípravě kontaminované oblasti před dekontaminací nebo při regulaci průtoku vody půdním sedimentem a při jejím zadržování v problémové oblasti. To je možno ovlivnit např. vysázením některých rychle rostoucích dřevin, jejichž kořenový systém odsává značné množství vody (Kučerová et al., 1991).

Výhody fytoremediace

- 1, Finanční nenáročnost
- 2, Zlepšení vlastností půdy
- 3, Plnohodnotný krajinný pohled
- 4, Zmenšené nároky na technické vybavení
- 5, Snížené nároky na práci

6, Čistící proces probíhá bez odstranění zeminy nebo odčerpávání podzemních vod.

Nevýhody fytoremediace

- 1, Časová náročnost v horizontu od několika měsíců do mnoha desetiletí
- 2, Efektivní použití jen v lokalitách málo až středně znečištěných
- 3, Snížena efektivita v mimo vegetačním období (Váňa, 2005)

3.8.2 Fytoextrakce

Tato metoda je založena na absorpci kovů kořeny s jejich následnou akumulací v nadzemní části rostliny. Poté následuje sklizeň rostlin. Existují dvě strategie fytoextrakce - přirozená a indukovaná. U přirozené fytoextrakce dochází ke kontinuální akumulaci kovu v rostlině.

Rostlina je schopna přirozeně přijmout kov svými kořeny s následnou akumulací. Rostlina musí být také schopna tolerovat jeho vysokou koncentraci. Při indukované fytoextrakci je do půdy přidáno aditivum, které zvýší rozpustnou nebo mobilitu kovu, takže ho rostliny mohou přijímat snadněji. Pro zvýšení účinku fytoextrakce se většinou do půdy přidávají syntetické cheláty, např. kyselina ethylendiaminotetraoctová (Lábusová, 2010).

Účinnost fytoextrakce je charakterizována tzv. remediačním faktorem. Jedná se o poměr množství prvku v odpovídajícím poměru půdy a odběrem rostlinou. Tento remediační faktor je závislý na mobilitě prvku a vyjadřuje se v procentech. Obecný vzorec $R_f = O/(R \cdot MnP) \cdot 100$
Kde R_f je faktor remediace (%), O je odběr prvku sklizenou biomasou z definovaného objemu půdy (mg), R je celkový obsah prvku v půdě (mg/kg) a MnP je množství půdy (kg) (Tlustoš, 2009).

3.8.3 Fytostabilizace

Principem fytostabilizace je využití rostlin tolerantních k polutantům pro mechanickou stabilizaci znečištěných půd a prevenci vodní a větrné eroze (Tlustoš et al., 2004)

Fytostabilizace využívá rostliny k imobilizaci vodních a půdních kontaminantů. Závisí na chemických, biologických a fyzikálních vlastnostech půdy. Kořenový systém díky adsorpci, absorpci, komplexaci a precipitaci snižuje možnost vymývání kontaminantu z půdy, sedimentů a kalů. Při fytostabilizaci se dále uplatňuje vliv produkce huminových látek, které váží kontaminant v půdě (Soudek et al., 2008).

Fytostabilizaci lze použít při zajištění a přípravě kontaminované oblasti před dekontaminací nebo při regulaci průtoku kontaminované podzemní vody půdním sedimentem a při jejím zadržování v problémové oblasti (Kučerová et al., 1999).

Metoda se využívá i jako závěrečný krok úpravy ploch sanovaných jinými technologiemi (Vaněk et al., 2002).

Uplatnění zde nacházejí trávy, které mají svazčité kořeny vhodné pro kontrolu eroze.

Příkladem může být kostřava červená (*Festuca rubra*), nebo psineček tenký (*Agrostis tenuis*).

Dále se využívají hojně topoly (*Populus* spp.) díky jejich vysoké toleranci ke kovům (EPA, 2000).

3.8.4 Fytodegradace

Při fytodegradaci je kontaminant přeměněn na látku, která je pro danou rostlinu i prostředí méně toxická až netoxická, než látka původní. Rozklad organických polutantů probíhá za využití metabolických procesů a díky kontaktu rostlin a půdních mikroorganismů v rhizosféře.

Typické složení rhizogenní oblasti zahrnuje 5×10^6 bakterií, 9×10^5 aktinomycet, 2×10^3 hub na gram půdy (Macková et Macek, 2005).

Jabeen et al. (2009) uvádí, že do rhizosféry mohou být uvolněny rostlinné enzymy metabolizující kontaminanty, které se aktivně podílejí na přeměně kontaminantu. Enzymy, jako jsou dehalogenáza, nitroreduktáza, peroxidáza, laktáza a nitriláza byly objeveny v rostlinných sedimentech a v půdách.

Fytodegradace se používají především pro odstraňování organických polutantů (PAH, PCB, výbušniny, detergenty). Při fytodegradacích je potřeba zajistit, aby nedocházelo k přeměnám na metabolity, které jsou toxičtější, než samotný polutant (Soudek et al., 2008).

3.8.5 Fytovolatilizace

Při fytovolatilizaci dochází k příjmu kontaminantu kořenovým systémem rostliny a transportu do nadzemní části, v některých případech ještě následovaný biotransformací kontaminantu. Poté proběhne transpirace těkavého kontaminantu, těkavého produktu metabolismu nebo těkavé formy původně netěkavé látky. Metodu lze aplikovat spíše při odstraňování organických polutantů, jako je např. MTBE a jiné složky benzínu. Příkladem je použití topolu žlutého na půdy znečištěné rtutí. Topol může díky bakteriím obsahujícím rtuť-reduktasu redukovat Hg^{II} na kovovou rtuť a tu následně vydýchat do ovzduší. Použití fytovolatilizace je nicméně kontroverzní, neboť nedochází k odstranění kontaminace, ale pouze k přesunu kontaminantu z půdy do ovzduší (Soudek et al., 2008).

Dle Soudek et al., (2008) je z ekologického a ekotoxického hlediska hlavní nevýhodou tedy fakt, že prvek není v rostlině uložen a ani stabilizován v půdě, nýbrž je uvolněn do atmosféry a následně se může ukládat v půdě či vodě v jiných lokalitách.

3.8.6 Rhizofiltrace

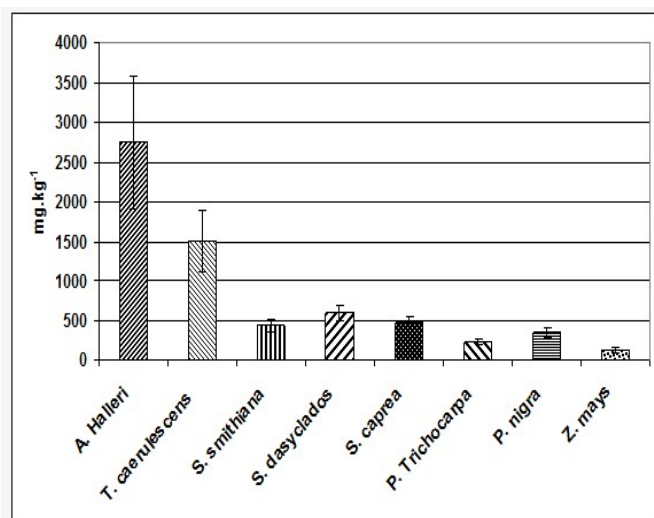
Rhizofiltrace využívá adsorpci a absorpci kořenového systému k vyčištění povrchových i podzemních znečištěných vod. Na rozdíl od fytoextrakce jsou cílovou částí akumulace kontaminantu kořeny. Metoda je zejména vhodná k odstranění nízkých koncentrací kovů z velkých objemů vody (Lábusová, 2010).

3.9 Schopnost rychle rostoucích dřevin hromadit toxické prvky

Rostliny schopné hromadit toxické prvky se zpravidla dělí do tří základních skupin, a to na rostliny s extrémně vysokou akumulací schopností alespoň jednoho rizikového prvku, na rostliny vytvářející dostatečnou biomasu při současné schopnosti přijímat toxické prvky a na rostliny s extrémně vysokou schopností vytvářet biomasu (Tlustoš et al., 2009).

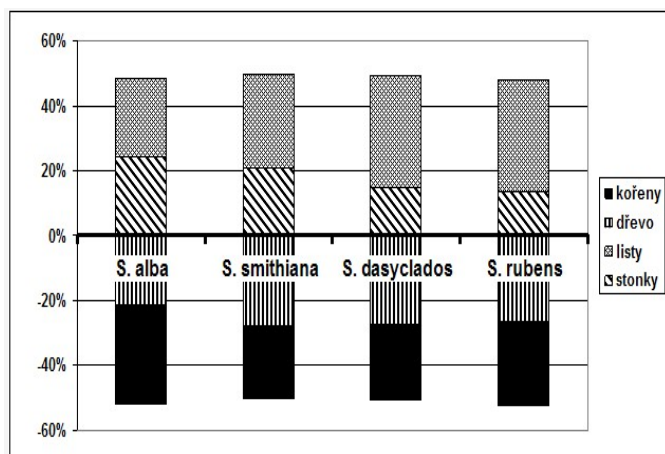
Z modelových pokusů, které prováděli Tlustoš et al., (2009) vyplývá, že rostliny pěstované na středně kontaminované kambizemi se lišily při tvorbě výnosu až dvacetinásobně. Nejvyšší výnos suché nadzemní biomasy byl stanoven pro rostliny s hyperakumulací schopností pro kadmium a pro zinek a naopak nejvyšší výnos byl stanoven v případě kukuřice. Mezi těmito dvěma extrémy se pohybovaly výnosy rychle rostoucích dřevin, a to jak vrby, tak i topolu. Zcela opačný trend byl stanoven v případě kumulace rizikových prvků, především obou mobilních, kadmia a zinku. Z obou druhů testovaných dřevin se v případě kadmia ukázala lepším akumulátorem kadmia vrba, která hromadila přibližně 40 ppm tohoto prvku, v případě topolu bylo hromadění tohoto prvku přibližně poloviční. Průměrný obsah zinku je vyjádřen v grafu č.1. Také obsah tohoto prvku byl signifikantně nejvyšší u obou rostlin s hyperakumulací schopnostmi, dále následovaly všechny tři vrby, pak oba klony topolů.

Graf č.1 Průměrné obsahy zinku ($\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$) v nadzemní biomase rostlin. Převzato z Tlustošet al., (2009)

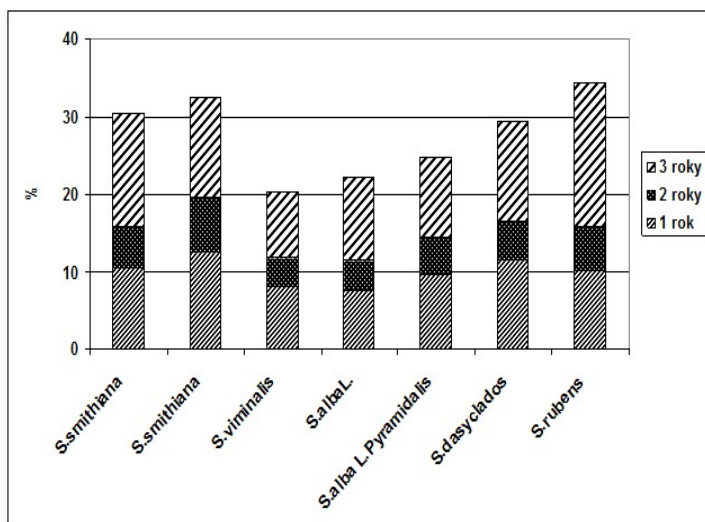


V grafu č. 2 je znázorněn podíl kadmia v jednotlivých částech rostlin čtyř klonů vrb. U všech klonů byl podíl nadzemní hmoty v případě hromadění tohoto prvku podobný a dosahoval přibližně 50 %, z čehož ve všech případech dosahovaly listy vyššího množství než stonky. Z tohoto důvodu je třeba zahrnout do celkové sklizně i listy, protože jinak by odnos prvku z pozemku výrazně poklesl. Podíl v nesklízeném dřevě a kořenech byl téměř totožný s nadzemní biomasou, z čehož vyplynulo, že přibližně polovina tohoto prvku se sice zabuduje do rostliny, ale zůstane na stanovišti. Mnohem horší situace nastává v případě málo mobilních prvků, ke kterým patří olovo a rtuť. Potom dochází k mnohem pomalejšímu vstupu a především transportu v rostlině a většina přijatého prvku je nahromaděna v kořenech. V případě olova bylo nahromaděno pouze cca 5 % v nadzemní hmotě z jeho celkově přijatého množství (Tlustoš et al., 2009).

Graf č. 2 Podíl kadmia nahromaděného v jednotlivých částech rostliny. Převzato z Tlustoš et al., (2009)



V grafu č.3 je vyjádřen remediační faktor kadmia u vybraných klonů vrb v tříletém období. Celkové množství extrahovaného kadmia bylo během tříletého období vyšší než 30 % u čtyř klonů vrb v nádobovém pokuse, což je velmi slibné pro další výzkum v reálných podmínkách. Množství odebraného prvku nebylo významně závislé na roce pěstování. Podobně jako u odběru prvků byl remediační faktor závislý na mobilitě prvků v půdě a byl nejvyšší u kadmia, nižší u zinku a nejnižší u málo mobilního olova (Tlustoš et al., 2009). Graf č.3 Remediační faktor kadmia (%) sedmi klonů vrb na středně kontaminované půdě – kambizemi. Převzato z Tlustoš et al., (2009)



Tlustoš et al., (2009) zmiňují, že prezentované výsledky pocházejí z modelových nádobových pokusech, a proto bylo vhodné ověřit chování vrb v přírodních podmínkách. Hodnoty

odběru kadmia sledované v druhém roce pěstování na identické středně kontaminované půdě ukázaly, že jednou rostlinou bylo ve všech případech odebráno významně více kadmia v polních podmínkách, a to především stonky rostlin. Nicméně i přesto, že byl odběr rostlinami výrazně vyšší, v důsledku nižší hustoty rostlin na jednotku objemu půdy nedošlo k vyšší fytořemediaci, ale naopak hodnoty byly nižší.

Z uvedených výsledků je patrné, že rychle rostoucí dřeviny mají dostatečné předpoklady k využití pro fytoextrakce půd středně kontaminovaných těžkými kovy. Pěstební technologie musí být v polních podmínkách dále optimalizována tak, aby se hodnoty remediačních faktorů přiblížily hodnotám stanoveným v modelových podmínkách (Tlustoš et al., 2009).

4 Experimentální část

4.1 Materiál a metody

4.1.1 Lokalita

Pro založení plantáží rychle rostoucích dřevin, byla vybrána lokalita v obci Klokočná (Česká republika, 49°57'31'' s.š., 14°43'7'' v.d.), kraji Středočeském a okresu Praha- východ v nadmořské výšce 500m.

Půdy jsou převážně kambizemě, hluboké až středně hluboké na mírných svazích se všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu 25-50%. Nacházejí se v mírně teplém a mírně vlhkém klimatickém regionu, kde průměrný úhrn srážek dosahuje 550-650mm. Jsou to půdy produkčně málo významné s třídou ochrany V. Půdní reakce půd se pohybuje v rozmezí pH 4,5-6 (EKatalog BPEJ, 2017).

4.1.2 Založení plantáží

Příprava půdy pro výsadbu byla uskutečněna na podzim roku 2016. Půda byla zorána hlubokou orbou (30 cm). Na jaře následujícího roku, byla půda smykována branami s cílem urovnat pozemek a tím ulehčit následnou výsadbu. Na pozemky nebyly aplikovány herbicidy, ani minerální či organická hnojiva.

Pro výsadbu byl zvolen klon topolu J-105 (*Populus nigra L. × P. maximowiczii Henry 'Maxvier'*). Řízky před aplikací do půdy byly zcela ponořeny do vodní lázně po dobu 24 hodin. Toto opatření je zcela nutné pro výsadby prováděné v sušších obdobích nebo oblastech výskytu jarních přísušků. Délka řízků se pohybovala v rozmezí 18 – 20 cm o průměru 0,5 – 3 cm a od dodavatele byly nařezány pásovou pilou. Řízky nebyly ošetřeny stimulačním roztokem, ani růstovými hormony.

Samotná výsadba probíhala ve dvou řádcích ve sponu 0,65 m a šířce meziřadí 2,2 m ručně pomocí sazečího stroje tzv. babosedem. Tyto rozměry byly zvoleny na základě používané mechanizace a plánované produkce (palivové dřevo). Hloubku vpravení řízku určoval první pupen, který musí být nad půdou a směřovat vzhůru, půda byla kolem řízku utužena.

Z pravidla řízky vyčnívaly nad půdou 3 – 5 cm.

Doba trvání výsadby 33 000 jedinců na plochu 5 ha byla 125 pracovních hodin za pomoci dvou pracovních sil. Dne 20. 4. 2017 byly obě plantáže zcela osázeny.

4.1.3 Údržba

V prvním a nejcitlivějším roce rychle rostoucích dřevin, byly konkurenční plevely odstraňovány pouze mechanicky. Spony byly ošetřovány ručně za pomoci motyk a meziřadí technicky rotavátorem. Ošetření proti chorobám a mandelince topolové nebylo provedeno. Mechanické odstranění plevelů se provádělo 4krát za celé období.

4.1.4 Vlastní experiment

Pro zhodnocení růstu rostlin v prvním roce jsem zvolila metodu třech vytyčených ploch, kde každá obsahovala 8 kusů jedinců, kteří byli sledováni. Dvě plochy byly vždy rozmístěny čtyři metry od koncových hranic a ve středu plantáže tak, aby byl pokryv plantáže co nejlépe zastoupen. Na každé plantáži tak bylo sledováno 24 kusů jedinců. Měření bylo provedeno každý měsíc stejného dne. Sledované parametry byly výška rostliny a obvod kmene v 10 cm nad zemí. Z výsledků měření každého měsíce byl následně vytvořen aritmetický průměr, směrodatná odchylka a medián.

Celková ujímavost rostlin na plantážích byla uspokojivá. Ztráta v důsledku zaschnutí řízků byla zhruba 1 % z celku (33 000 kusů). Větší škodu páchala zvěř, která rostliny okusovala nebo je celé zlomila. To způsobilo zaschnutí prýtu a jeho úhyn. V letním období byly porosty napadeny mandelinkou topolovou, která požírala listové plochy rostlin. Tento škůdce nepůsobil nějaké výrazné poškození porostů.

5 Výsledky

Rostliny zapustily kořeny po vysazení v intervalu 14 dnů. K úplnému ukotvení rostlin došlo v měsíci srpnu. Odplevelení porostu bylo provedeno celkem 4krát. Termíny odplevelení udávala hustota zaplevelení a výška plevelných druhů. Mechanické ošetření proti plevelům se provádělo v měsících květen, červen, srpen a říjen. Z plevelů se nejvíce na stanovištích vyskytoval merlík bílý (*Chenopodium album*) a svízel přítula (*Galium aparine*).

Úkolem měření bylo vyhodnotit růst plantáží rychle rostoucích dřevin (topolu J-105) v prvním roce založení. Pomocnými hodnotami byla výška rostliny a obvod kmene v 10 cm nad zemí. Data byla vyhodnocena pro každý půdní blok samostatně. Pro odlišení dat jsem rozdílně pojmenovala plantáže na Plantáž A a Plantáž B, které jsou zobrazeny na obr. 2 a 3. Naměřené hodnoty jsou uvedené v příloze. Aritmetický průměr, směrodatná odchylka a medián, které vyhodnocují průběh růstu rostlin Plantáže A a Plantáž B jsou zahrnuty zde v tabulkách 5 a 6.

Obr.2 Katastrální mapa a ortofotografie , Plantáž A (ČÚZK, 2018).



Obr. 3 Katastrální mapa a ortofotografie , Plantáž B (ČÚZK, 2018)



Tab. 5: Plantáž A, výška rostlin [mm]

měsíc	\bar{x}	σ	\tilde{x}
květen	129,39	61,85	125
červen	272,92	111,07	240
červenec	538,75	211,17	480
srpen	957,08	355,67	875
září	1315,42	472,48	1250
říjen	1633,33	473,64	1575
listopad	1747,5	456,94	1695
prosinec	1765,83	452,11	1700
leden	1785,83	450,22	1720
únor	1796,67	499,28	1735

Z aritmetického průměru plantáže je zřejmé, že významný nárůst nadzemní biomasy probíhal v rozmezí měsíců července až září. Nejvyšší intenzivní růst byl zaznamenán v období srpna, kdy rostliny vzrostly v průměru o 358 mm. Již v září polovina sledovaných jedinců přesahovala délku 1250 mm. Významným ukazatelem pro vyhodnocení růstu rostlin je zde i směrodatná odchylka. Z hodnot lze vyčíst, nakolik se rostliny odlišovaly vzrůstem. V měsíci květnu a červnu dle očekávání nevykazují rostliny vysoké růstové rozdíly. Zlom nastal v srpnu, kdy vzrůstová odlišnost byla prokazatelná. Při posledním měření průměrná výška odpovídala 1796,67 mm, kdy polovina jedinců dosahovala nejméně 1735 mm.

Tab. 6: Plantáž B, výška rostliny v [mm]

měsíc	\bar{x}	σ	\tilde{x}
květen	172,9	74	160
červen	312,5	107,91	285
červenec	531,66	178,04	475
srpen	855,17	281,99	780
září	1202,08	337,55	1125
říjen	1613,33	385,54	1505
listopad	1712,08	379,92	1600
prosinec	1724,17	377,73	1610
leden	1735,42	374,58	1620
únor	1769,58	406,09	1675

U Plantáže B, byl významný nárůst biomasy zaznamenán v období měsíců července až října. Nejvyšší nárůst rostlin proběhl na přelomu září / října. V tomto rozmezí rostliny vzrostly v průměru o 411 mm. Podobně jako u Plantáže A, i zde polovina jedinců v měsíci září dosahovala délky alespoň 1125 mm. Výrazné výškové rozdíly u rostlin nastaly v červenci.

V posledním měřeném období v průměru rostliny dosahovaly výšky 1769,58 mm kdy polovina prýtů dosahovala nejméně 1675mm.

Tab. 7: Plantáž A, obvod kmene [mm]

měsíc	\bar{x}	σ	\tilde{x}
květen	5,25	2,44	5
červen	11,83	4,43	11
červenec	21,79	8,57	20,5
srpen	31,5	13,18	27,5
září	51,08	17,93	50
říjen	66	21,21	64,5
listopad	68,5	20,36	68
prosinec	68,71	21,19	71
leden	69,38	21,26	73
únor	70,42	23,62	75

Obvod kmene rostlin, z hlediska naměřených hodnot, nejvíce vzrostl koncem léta na přelomu měsíců srpna / září. V září polovina rostlin dosahovala obvodu kmene 50 mm. Vzájemné odlišnosti v obvodu kmene jsou pozorovatelné již 30 dní po výsadbě. Nejvýraznějších odlišností jsme si mohli povšimnout na podzim konkrétně v měsíci listopadu.

Tab. 8: Plantáž B, obvod kmene v [mm]

měsíc	\bar{x}	σ	\tilde{x}
květen	6,234	3,75	5
červen	14,46	5,96	13
červenec	25,375	9,58	25
srpen	32,54	13,62	29
září	43,04	19,21	38,5
říjen	60,29	22,29	54
listopad	62,13	21,59	55
prosinec	62,54	21,86	57
leden	63,79	20,83	60
únor	64,33	21,8	62

I tyto výsledné hodnoty, pro Plantáž B, zobrazují nejvyšší nárůst sledovaného parametru na přelomu měsíců září / října. Na tomto stanovišti polovina rostlin dosáhla 54 mm o měsíc později, než tomu bylo u Plantáže A. Vzájemné odlišnosti obvodu kmene jsou nejvýraznější v měsíci lednu.

6 Diskuze

Před samotným založením výmladkových plantáží je zapotřebí obdržet souhlas odboru životního prostředí a OÚ příslušné obce nebo MÚ o možné výsadbě rychle rostoucích dřevin. Forma žádosti není jednotná, ale musí obsahovat jisté náležitosti, jako je jméno žadatele a jeho adresa, výčet pozemků na kterých je plánována výsadba, vlastník pozemků, rodové a druhové jméno dřeviny která bude vysazena, volba sponů, délka obmýtí, zamýšlená produkce a volba původních dřevin pro izolační pásy. Dále je nutné k žádosti přiložit, smlouvu o pronájmu pozemků a souhlas majitele, výpis z katastru nemovitostí, rostlinolékařský pas od registrovaného pěstitele.

Základním právním předpisem, ze kterého vyplývá postup místního orgánu ochrany přírody (OOP) při posuzování pěstování výmladkových plantáží rychle rostoucích dřevin je zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb. (Ministerstvo životního prostředí, 2016).

Dostupné zdroje sadby jsou Schválené doporučované klony vrb a topolů, což jsou klony vybrané z domácích sbírek, nejsou chráněny šlechtitelskými právy a je s nimi založeno 98 % českých plantáží (Weger, 2011).

Rychle rostoucí dřeviny lze pěstovat i v ekologickém režimu. Dle Ministerstva zemědělství (2016) se rychle rostoucí dřeviny v ekologickém zájmu odlišují od zemědělské kultury D způsobilé pro SAPS odlišným seznamem povolených dřevin (který je podmnožinou RRD oprávněných pro SAPS v rámci kultury D) a vyloučením možnosti používat minerální hnojiva a přípravky na ochranu rostlin. Toto zpravuje nařízení vlády č. 50/2015 Sb.; § 15 - Plocha s rychle rostoucími dřevinami pěstovanými ve výmladkových plantážích v ekologickém zájmu. Na výmladkové plantáže v současné době lze pobírat dotační tituly SAPS, greening, PVP a mladý zemědělec.

Žádost o poskytnutí SAPS je podávána v rámci tzv. jednotné žádosti na SZIF, a to zpravidla do 15. května příslušného kalendářního roku. Jednou ze základních podmínek pro poskytnutí této platby je dodržení minimální výměry, která činí v součtu všech dílů půdních bloků v žádosti nejméně 1 ha. Dotčené DPB musí být vedeny na žadatele v LPIS nejméně od data podání žádosti do 31. srpna kalendářního roku, ve kterém žádá o platbu. Poskytnutí SAPS je mimo jiné podmíněno řádným obhospodařováním zemědělské půdy, dodržováním podmínek dobrého zemědělského a environmentálního stavu (DZES) a povinných požadavků na hospodaření (PPH), které dohromady tvoří podmínky podmíněnosti (tzv. Cross Compliance) (Ministerstvo zemědělství, 2016).

Samotné založení plantáží započalo na podzim roku 2016. Pro založení plantáží rychle rostoucích dřevin, byla vybrána lokalita v obci Klokočná (Česká republika, 49°57'31''s.š, 14°43'7''v.d.), kraji Středočeském a okresu Praha- východ v nadmořské výšce 500m.

Zde jsou především dle Ekatalogu BPEJ (2017) půdy převážně kambizemě, hluboké až středně hluboké na mírných svazích se všesměrnou expozicí a celkovým obsahem skeletu 25-50%. Nacházejí se v mírně teplém a mírně vlhkém klimatickém regionu, kde průměrný úhrn srážek dosahuje 550-650mm. Jsou to půdy produkčně málo významné s třídou ochrany V. Půdní reakce půd se pohybuje v rozmezí hodnot pH 4,5-6.

Pro výsadbu byl zvolen klon topolu J-105 (*Populus nigra* L. × *P. maximowiczii* Henry 'Maxvier').

Topol černý (*P. nigra*) se v přírodě vyskytuje až do nadmořské výšky 600 m. Vyznačuje se velmi dobrou výmladkovou schopností na pařezu i na kmeni. Vyhovují mu světlomilná stanoviště. Vhodnější pro energetické plantáže jsou jeho kříženci (Čížek, 2007).

Předsadební příprava spočívala v podzimní hluboké orbě (30 cm) a následné jarní urovnání ornice smykovými branami a to z důvodu lepších podmínek pro plánovanou výsadbu a růst rostlin.

Hloubka orby závisí na místních půdních podmínkách a stavu pozemku. Na těžkých jílovitých půdách je vhodné rok dopředu provést hlubokou orbu (doporučuje se až do 70-80 cm), aby se zlepšilo provzdušnění půd na více let dopředu. V některých případech je nutné provést i jarní orbu (špatně odplevelené pozemky, utužená půda). Provádíme ji co nejdříve, aby se včas obnovila půdní kapilarita. Na dobře připravených pozemcích stačí provést je kultivaci a urovnání pozemku (Weger a kol., 2012).

Kromě přípravy pozemku je také důležité vybrat vhodný sadební materiál. Zde je klíčová ujmavost. Využívají se převážně jednoleté řízky. Dle Šinkora (2008) řízky, které mají dobrý předpoklad ujmutí, by měly mít 20 cm na délku a průměr 1 – 2 cm. Toto tvrzení z výsledků pokusu lze potvrdit. Řízky v průměru < 1 vykazovaly nejen horší růst v průběhu sledované doby, ale velký počet kusů se neujmul v důsledku vysušení a to i přesto, že byly zcela namočené do vody po dobu 24 hodin. Dále hůře odolávaly napadením škůdci, chorobám nebo okusem zvěří. Spon výsadby byl určen dle používané technologie a zamýšlené produkce na palivové dřevo. Výsadba probíhala ve dvou řádcích ve sponu 0,65 m a šířce meziřadí 2,2 m. Weger (2012) doporučuje nejmenší spon výsadby topolů na dřevo o délce 0,7 m nejlépe však 1 m a meziřadím 2 m. Spon 0,65 m byl u experimentálních plantáží zvolen z důvodu využití konkurenceschopnosti topolů, a tím v budoucnu ušetření práce na vyvětvování kmenů.

Stejně jako před založením plantáže i v průběhu je nutné likvidovat plevele a to z důvodu konkurence příjmu vody a živin. Weger a kol (2012) zmiňují, že v průběhu roku se odpleveluje 4 – 6krát. Na experimentálních plantážích se v prvním roce odplevelovalo celkem 4krát pomocí rotavátoru a bylo to dostačující. Musíme brát v úvahu také ekonomickou stránku věci. Je zbytečné jezdit do porostu každý měsíc pokud plevele nepřerůstají nebo jakýmkoli způsobem nedusí rostliny rychle rostoucích dřevin.

Dle Weger a kol (2012) jsou prýty rychle rostoucích dřevin schopny dosáhnout délky 10 - 15 cm během 14 dnů. Tohoto tvrzení obě plantáže neprokázaly. Této délky rostliny topolu dosahovalo polovina jedinců a to až po uplynutí 30 dnů od termínu výsadby. Průměrný vzrůst rostlin byl 142,5mm. Můžeme tedy říci, že toto období bylo v produkci biomasy podprůměrné. Příčinou mohou být výkyvy teplot, které jsou pro toto období typické.

Weger a kol (2012) dále zmiňují, že v letních měsících by délka prýtů měla odpovídat délce 50 – 80 cm. Těchto hodnot obě plantáže dostaly. V měsíci srpnu již polovina jedinců z obou plantáží přesahovala délku 827,5 mm. Nejvýraznější obdobím růstu prýtů pro Plantáž A byl měsíc srpen, Plantáž B vykazovala nejvyšší intenzitu o měsíc později. I přes tento rozdíl v měsíci září na obou sledovaných plantážích polovina jedinců přesahovalo délku 1 m. Je zřejmé a i logické, že s výškou rostliny byl úměrný růst kmenové části. Růstová odlišnost rostlin byla nejvíce prokazatelná v letním období.

Základní vlastnost rychle rostoucích dřevin je rychlý termální růst, který v podmínkách ČR znamená v prvním roce přes 0,5 metru/rok. V dalších letech přes 1 metr/rok (Weger a kol., 2012).

Z posledních měřených hodnot bylo zjištěno, že více jak polovina rychle rostoucích dřevin ve stáří 10 měsíců dosahovalo délky nejméně 1705mm. Tyto hodnoty odpovídají dle (Wegera a kol., 2012) plantážím starších jednoho roku.

7 Závěr

Hlavním práce bylo vypracovat literární rešerži zabývající se problematikou pěstování rychle rostoucích dřevin na orné půdě, popis půdních a klimatických podmínek a jejich výběr s ohledem na parametry stanoviště a způsob využití produkovaného materiálu, zejména pak hodnotící vliv těchto rostlin na fyzikálně chemické vlastnosti půd, včetně změny obsahu rizikových prvků v půdě a jejich přístupnost k rostlinám.

Dalším zaměřením práce bylo zjistit, zda legislativa umožňuje pěstování rychle rostoucích dřevin v ekologickém režimu, jaké nařízení ukládá a na základě vlastního experimentu vyhodnotit úspěšnost založení plantáže a růst rostlin v prvním roce.

Pěstování výmladkových plantáží rychle rostoucích dřevin pro energetické využití je v ČR upravováno zejména právními předpisy rezortů MŽP a MZe. Pěstování rychle rostoucích dřevin na orné půdě lze dle nařízení v současné době pěstovat pouze na půdách s třídou ochrany IV a V. Základním právním předpisem pro výmladkové plantáže rychle rostoucích dřevin je zákon o ochraně přírody a krajiny č. 114/1992 Sb. Rychle rostoucí dřeviny lze pěstovat i v ekologickém režimu. Předpisem pro ekologický režim rychle rostoucích dřevin je nařízení vlády č. 50/2015 Sb.; § 15 - Plocha s rychle rostoucími dřevinami pěstovanými ve výmladkových plantážích v ekologickém zájmu.

V podmínkách mírného klimatického pásma používají téměř výhradně vybrané klony příp. odrůdy vrb a topolů. Další druhy dřevin testované u nás nebo v podobných přírodních podmínkách (např. olše, akát, pajasan, líska aj.) se zatím do praxe neprosadily. Správný výběr vhodných klonů a odrůd pro konkrétní výsadbu případně region musí tedy vycházet v první řadě ze znalosti půdně-klimatických (stanovištních) podmínek zvolené lokality. K výběru vhodných stanovišť je možno použít například rámcovou typologii a rajonizaci doporučených klonů rychle rostoucích dřevin. Vhodné půdy jsou zejména semihydrofobní a hydrofobní (HPJ 42-52, 55-71) a dále vlhčí černozemě a hnědozemně (HPJ 0-3, 8-12, 24-26 a 28-30). Nevhodné jsou zejména vysýchavé a skeletovité půdy (HPJ 34-41, 16-22, 55) a dále přemokřené půdy (HPJ 72-76).

Dřevní hmotu z pěstovaných rychle rostoucích dřevin využít mnoha způsoby. Liší se zejména druhem získaných sortimentů z plantáže a to především topolů. Dřevo nachází uplatnění jako dýhy, laťovky, vnitřní dřevo při výrobě nábytku, také sirky, tužky, stavební dřevo, výroba celulózy. Listová biomasa je zpracována na granulovaná krmiva, která mají nutriční hodnoty shodné s krmivem ze zelené hmoty. V ČR se topolové dřevo nejvíce využívá k výrobě tepla.

Rychle rostoucí dřeviny se také uplatňují při dekontaminaci půd rizikovými prvky. Z modelových pokusů, které prováděli Tlustoš et al., (2009) vyplývá, že v případě kumulace rizikových prvků, především obou mobilních, kadmia a zinku se z obou druhů testovaných dřevin (topolů a vrb) lepším akumulátorem v případě kadmia ukázala vrba. U topolu hromadění tohoto prvku bylo přibližně poloviční. I v případě zinku tomu nebylo jinak. Po zhodnocení výsledků experimentu s očekávanými výsledky dle odborných publikací vyplývá, že i přes podprůměrný růst rostlin v prvním měsíci, je úspěšnost plantáže až překvapivě nadprůměrná. Zde je nutné podotknout, že na růst rostlin mají pochopitelně vliv půdní a klimatické podmínky, správně vybraný klon a odrůda, příprava pozemku před výsadbou, průběžné a velice důležité odplevelování, ale jako veliký faktor pro úspěšný růst se ukázala kvalita sadby. Řízky v šířce 2 cm a více prokazovaly větší a rychlejší růstové schopnosti a odolávaly nepříznivým podmínkám jak vláhovým, tak napadení škůdci či houbovými chorobami.

8 Seznam literatury

Adriano D. C. , 2001. Trace Elements in Terrestrial Environments: Biogeochemistry, Bioavailability, and Risks of Metals. Second edition, Springer-Verlag, New York, 867.

Alloway B. J., 1990. Heavy Metals in Soils. Blackie and Son Ltd., Glasgow and London, 339.

Beneš S., 1994. Obsahy a bilance prvků ve sférách životního prostředí (II. část). Ministerstvo zemědělství České republiky, Praha, 159.

Bílek J., 1982. Kutnohorský revír. Báňsko-historický výzkum Roveňského pásma. Geofond, Kutná Hora.

Bláha, L., 2003. Rostlina a stres. VÚRV Praha, 156 s.

Celjak, Ivo: Pěstování topolů pro energetické účely – 1.. *Biom.cz* [online]. 2010-08-23 [cit. 2018-03-30]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-topolu-pro-energeticke-ucely-1>>. ISSN: 1801-2655.

Celjak, Ivo: Pěstování topolů pro energetické účely – 2. *Biom.cz* [online]. 2010-08-30 [cit. 2018-03-30]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-topolu-pro-energeticke-ucely-2>>. ISSN: 1801-2655.

Celjak, Ivo: Pěstování topolů pro energetické účely – 3. *Biom.cz* [online]. 2010-09-06 [cit. 2018-03-30]. Dostupné z WWW: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/pestovani-topolu-pro-energeticke-ucely-3>>. ISSN: 1801-2655.

Cibulka J., Kozák J., Kubižňáková J., Pařízek J., Píša J., Pohunková H., Reisnerová H., Svobodová Z., Domažlická E., Mader P., Machálek E., Maňkovská B., Musil J., 1991. Pohyb olova, kadmia a rtuti v biosféře. Academia, Praha, 432 s.

Čížek, V.: Základní předpoklady pro zakládání plantáží a pěstování rychle rostoucích dřevin v podmínkách ČR. Expertní studie k projektu BRIE – Regionální trh s biomasou 2007, 38 stran. Dostupné na:

http://www.regec.cz/_data/attachments/1c0d7f7f448776b47c79be94fc688106_Zakladni_predpoklady_RRD1.pdf

ČZÚK Nahlížení do katastru nemovitostí [online]. Praha: Český úřad zeměměřický a katastrální, 2018 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>

Drlíková, L., M. Fajman a V. Fryc. Pěstování rychle rostoucích dřevin ve velmi krátkém obmýtí v podmínkách Bystřice nad Perštejnem. Energetický ústav: Odbor energetického inženýrství [online]. Brno, 2008 [cit. 2018-03-12]. Dostupné z: http://oei.fme.vutbr.cz/konfer/biomasa_ix/papers/07-Drlikova.pdf

EKatalog BPEJ [online]. © VÚMOP v.v.i. - Půdní služba, 2017 [cit. 2018-04-13]. Dostupné z: <https://bpej.vumop.cz/index.php?value=54841>

EPA (The Environmental Protection Agency), 2000. Introduction to Phytoremediation. The U.S. Environmental Protection.

Gobran G. R., Wenzel W. W., Lombi E., 2001. Trace Elements in the Rhizosphere. CRC Press, USA. 334.

Hammer, D., Kayser, A., Keller, C. 2003. Phytoextraction of Cd and Zn with *Salix viminalis* in field trials. Soil Use and Management. 19. 187 - 192.

Havlíčková, K., 2010. Analýza potenciálu biomasy v České republice. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v.v. i., Průhonice Květnové nám. 391, 252 43 Průhonice s Novou tiskárnou Pelhřimov, spol. s r. o., Krasíkovická 1787, 393 01 Pelhřimov. ISBN 978-80-85116-72-4.

Havlíčková, K. et al., 2006. Metodika analýzy potenciálu biomasy jako obnovitelného zdroje energie. Acta Průhoniciana, 83: 46–59

- Hejný, S., Slavík, B., 1990. Květena České republiky 2. Academia. Praha. 544 s.
- Hobza, R., Čegan, R., Vyskot, B., Nevrtalová, E., 2010. Molekulární mechanismy rezistence těžkým kovům a jejich akumulace v rostlinách. Současné možnosti fyziologie a zemědělského výzkumu přispět k produkci rostlin (vybrané kapitoly). 121-138. ISBN 978-80-7427-023-9.
- Horáček, P., 2007. Encyklopedie listnatých stromů a keřů. Brno: Computer press.
- Jabeen, R., Ahmad, A., Iqbal, M., 2009. Phytoremediation of Heavy Metals: Physiological and Molecular Mechanisms. The Botanical Review. 75. 339 - 364.
- Järup, L., Berglund, M., Elinger, C. G., Nordberg, G., Vahter, M., 1998. Health effects of cadmium exposure - a review of the literature and risk estimate. Scandinavian Journal of Work, Environment and Health. 24. 1 - 51.
- Jech, David. Havlíčková, Kamila. Weger, Jan. Funkce porostů rychle rostoucích dřevin v krajině. In: Biomasa – Obnovitelný zdroj energie v krajině. Průhonice, 2003: s. 36-39.
- Jech, David. Krajinné aspekty produkčních porostů biomasy. In: Biomasa zdroj obnovitelné energie v krajině. Průhonice, 2000: s. 33-34.
- Kabata-Pendias A., Pendias H., 2001. Trace Elements in Soils and Plants. 3. ed., CRC Press, USA, 432.
- Kabata - Pendias, A., 2011. Trace elements in soils and plants. Fourth edition. CRC Press. NewYork. p. 505. ISBN: 9781420093681
- Kafka, Z., Punčochářová, J. 2002: Těžké kovy v přírodě a jejich toxicita. Chemické listy 96, 611-617

Koubová, D. Pozitivní vliv rychle rostoucích dřevin na životní prostředí. Agronavigátor [online]. 2012 [cit. 2018-04-4]. Dostupné z:

<http://www.agronavigator.cz/default.asp?ids=0&ch=1&typ=1&val=122020>

Kučerová, P., Macková, M., Macek, T., 1999. Perspektivy fytořemediace při odstraňování organických polutantů a xenobiotik z životního prostředí. Chemické listy. 93. 19 - 26.

Kunzová, E., Menšík, L., Vach, M., 2017. Živiny a rizikové prvky v půdě: Sborník abstraktů ze semináře. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha–Ruzyně.

Lábusová, J., 2010. Fytořemediace: biochemické charakteristiky rostlin hyperakumulujících těžké kovy. Univerzita Karlova v Praze, Přírodovědecká fakulta.

Legislativní přehled pro pěstování rychle rostoucích dřevin [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2016 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z:

agri.cz/public/web/file/.../Legislativni_prehled_pro_pestovani_RRD_2016.docx

Lombi, E., Zhao, F., J., Dunham, S., J., McGrath, S., P., 2001. Phytoremediation of heavy Metal – Contaminated Soil: Natural Hyperaccumulation versus Chemically Enhanced Phytoextraction. Journal Environmental Quality, 30.

Macková, M., Macek, T., 2005. Využití rostlin k eliminaci xenobiotik z životního prostředí. Vědecký výbor fytosanitární a životního prostředí. s. 29.

Malinová, M. Nejvýznamnější choroby a škůdci topolů. Lesnická práce [online]. 2006, č. 11 [cit. 2018-03-04]. Dostupné z: <http://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-85-2006/lesnicka-prace-c-11-06/nejvyznamnejsi-choroby-a-skudci-topolu>

Mistr, Martin. Seznam Mze [online]. Průhonice: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2015 [cit. 2018-04-19]. Dostupné z:

<http://www.vukoz.cz/index.php/prodej-sadby/seznam-mze>

Pastorek, Zdeněk. Kára, Jaroslav. Jevič, Petr., 2010. Biomasa obnovitelný zdroj energie. Praha, FCC PUBLIC, s 28-30

Petříková V., Ustjak S., Roth J., 1995. Těžké kovy v půdách a zemědělských plodinách v pěti různě imisně zatížených lokalitách ČR. Rostl. Výr., 41: 17-23.

Pěstování rychle rostoucích dřevin v České republice [online]. Praha: Ministerstvo zemědělství, 2014 [cit. 2018-04-05]. Dostupné z:

http://eagri.cz/public/web/file/419228/letak_rychle_rostouci_dreviny.pdf

Pulford, I. D., Riddell-Black, D., Stewart, C., 2002. Heavy Metal Uptake by Willow Clones from Sewage Sludge-Treated Soil: The Potential for Phytoremediation. International Journal of Phytoremediation. 4. 59 - 72.

Soudek, Petr, Šárka Petrová, Dagmar Benešová, Jan Kotyza a Tomáš Vaněk., 2008. Fytoremediace a možnosti zvýšení jejich účinnosti. Chemické listy., roč. 102, s. 346 – 352.

Šimíček, V., 1992. Vrby při úpravách vodních toků a ekologické obnově krajiny, Praha: Agrospoj

Šinkora, M., 2008. Topoly a vrby pro energetiku. Alternativní energie. č. 1

Tlustoš P., Pavlíková D., Balík J., Száková J., Hanč A., Balíková M., 1998. Příjem a distribuce arzenu a kadmia rostlinami. Rostl. Výr., 44: 463-469

Tlustoš P., 1999. Mobilita arsenu, kadmia a zinku v půdách s možností omezení jejich příjmu rostlinami. Habilitační práce, ČZU Praha.

Tlustoš P., Száková J., Kořínek K., Pavlíková D., Hanč A., Balík J., 2006. The effect of liming on cadmium, lead, and zinc uptake reduction by spring wheat grown in contaminated soil. Plant Soil Environ., 52: 16-24.

Tlustoš P., 2006a , Vědecký výbor fyto-sanitární a životního prostředí, závěrečná správa, Využití rostlin k remediacím půd kontaminovaných rizikovými prvky, ČZU Praha, 3s

Tlustoš P., Pavlíková P., Balík J., 2006b. Mechanismus příjmu rizikových prvků rostlinami a jejich hromadění v biomase. ČZU v Praze, 29 s

Tlustoš P., Száková J., Šichorová K., Pavlíková D., Balík J., 2007. Rizika kovů v agrosystémech v ČR, Vědecký výbor fyto-sanitární a životního prostředí Dostupné z <http://phytosanitary.org>

Tlustoš P., Habart J., 2009. Využití průmyslových rostlin k remediaci kontaminovaných půd Dostupné z <http://biom.cz>

Trnka, M., J. Fialová, V. Koutecký, M. Fajman, Z. Žalud a S. Hejduk., 2008. Biomass production and survival rates of selected poplar clones grown with a short-rotation on formerly arable land. PLANT SOIL ENVIRON. č. 54.

Úradníček, L. a kol., 2009. Dřeviny České republiky. Brno: Lesnická práce.

Váňa, V. 2005. Šetrná dekontaminace zemědělské půdy, Úroda, 53, 42-43s

Vaněk, T.; Soudek, R.; Tykva, R.; Kališová, I., 2002b. Možnosti využití fyto-remediace pro odstranění kontaminace způsobené toxickými kovy a radionuklidy. Dostupné z http://www.diamo.cz/hpvt/2002/sekce/Zahlazovani/Z07/P_07.htm

Weger, Jan, Havlíčková, Kamila: Zásady a pravidla pěstování rychle rostoucích dřevin (r.r.d.) ve velmi krátkém obmýtí. *Biom.cz* [online]. 2002-01-18 [cit. 2018-03-30]. Dostupné zuwe: <<https://biom.cz/cz/odborne-clanky/zasady-a-pravidla-pestovani-rychle-rostoucich-drevin-r-r-d-ve-velmi-kratkem-obmyti>>. ISSN: 1801-2655.

Weger, J. Odrůdy a klony rychle rostoucích dřevin pro výmladkové plantáže RRD v České republice. VÚKOZ [online]. 2011 [cit. 2018-03-30]. Dostupné z: <<http://www.vukoz.cz/index.php/prodej-sadby/sadba-klony-a-odrudy>>

Weger, Jan, Stupavský, Vladimír: Legislativa pro cíleně pěstované energetické rostliny a rychle rostoucí dřeviny s ohledem na ochranu přírody, půdy a nakládání se sadbou. *Biom.cz* [online]. 2011-12-21 [cit. 2018-03-30]. Dostupné z : <<https://biom.cz/cz-rychle-rostouci-dreviny/odborne-clanky/legislativa-pro-cilene-pestovane-energeticke-rostliny-a-rychle-rostouci-dreviny-s-ohledem-na-ochranu-prirody-pudy-a>>. ISSN: 1801-2655.

Weger, Jan. Pěstování výmladkových plantáží rychle rostoucích dřevin pro produkci biomasy k energetickému využití na zemědělské půdě. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i. [online]. VÚKOZ, v.v.i., odbor fytoenergetiky a biodiverzity: VÚKOZ, v.v.i., odbor fytoenergetiky a biodiverzity, 2012 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.vukoz.cz/index.php/rychle-rostouci-dreviny/pestovani>

Weger, Jan. Dotace pro výmladkové plantáže RRD. Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i. [online]. VÚKOZ, v.v.i., odbor fytoenergetiky a biodiverzity: VÚKOZ, v.v.i., odbor fytoenergetiky a biodiverzity, 2013 [cit. 2018-04-15]. Dostupné z: <http://www.vukoz.cz/index.php/rychle-rostouci-dreviny/dotace-pro-rrd>

Wenzel, W., W., Lombi, E., Adriano, D., C., 1999. Biogeochemical Processes in the Rhizosphere: Role in Phytoremediation of Metals – Polluted Soils. In: Prasad, M.,N.,V., Hegemeyer, J.,Heavy Metals Stress in Plants. Springer – Verlag Berlin, 273 – 303.

Žalud, Z. et al., 2010. Změna klimatu a české zemědělství – dopady a adaptace. Brno, Agronomická fakulta Mendelovy univerzity v Brně. 243 s.

9 Přílohy

Tab. 7: Průběžné hodnoty, květen

Plantáž A	obvod rostliny [mm]	obvod kmene [mm]2
1	90	5
2	50	4
3	120	8
4	170	5
5	210	2
6	140	1
7	100	4
8	260	5
9	150	8
10	130	4
11	290	10
12	210	7
13	120	5
14	80	5
15	60	3
16	130	2
17	160	2
18	120	10
19	100	10
20	60	4
21	100	5
22	130	6
23	140	6
24	90	5

Tab. 8: Průběžné hodnoty, květen

Plantáž B	délka rostliny[mm]	obvod kmene [mm]
1	250	10
2	230	10
3	310	15
4	180	7
5	210	9
6	140	6
7	160	2
8	110	2
9	150	12
10	180	2
11	100	2
12	120	2
13	150	3
14	90	2
15	110	4
16	150	12
17	330	8
18	380	7
19	210	5
20	130	4
21	110	5
22	160	6
23	180	6
24	170	5

Tab. 9: Průběžné hodnoty, červen

Plantáž A	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	260	5
2	210	15
3	240	10
4	320	10
5	310	7
6	190	4
7	290	11
8	480	15
9	370	11
10	390	11
11	580	25
12	470	14
13	240	9
14	150	15
15	170	7
16	200	8
17	240	9
18	210	16
19	210	16
20	100	9
21	210	14
22	260	15
23	250	15
24	200	13

Tab. 10: Průběžné hodnoty, červen

Plantáž B	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	460	28
2	410	20
3	520	29
4	410	13
5	370	21
6	230	20
7	250	10
8	220	9
9	270	20
10	300	8
11	200	8
12	200	10
13	210	10
14	190	11
15	240	7
16	240	19
17	470	11
18	560	14
19	380	8
20	210	13
21	220	13
22	310	15
23	320	15
24	310	15

Tab. 11: Průběžné hodnoty, červenec

Plantáž A	Délka kmene [mm]	obvod kmene [mm]
1	670	20
2	620	35
3	520	18
4	610	16
5	430	10
6	400	9
7	620	21
8	950	37
9	740	22
10	790	41
11	1140	30
12	710	22
13	480	20
14	350	25
15	380	15
16	470	15
17	420	17
18	360	36
19	340	25
20	210	17
21	300	26
22	480	15
23	530	21
24	410	10

Tab. 12: Průběžné hodnoty, červenec

Plantáž B	Délka kmene [mm]	obvod kmene [mm]
1	740	47
2	690	35
3	810	41
4	650	18
5	890	33
6	360	28
7	340	10
8	480	26
9	430	15
10	430	15
11	360	17
12	340	14
13	340	14
14	310	12
15	420	24
16	470	33
17	610	21
18	920	24
19	540	25
20	430	32
21	370	25
22	640	34
23	570	32
24	620	34

Tab. 13: Průběžné hodnoty, srpen

Plantáž A	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	1580	26
2	1530	59
3	980	23
4	1010	23
5	720	14
6	640	12
7	980	36
8	1480	41
9	1390	38
10	1420	65
11	1570	41
12	1120	32
13	840	25
14	620	34
15	740	19
16	860	20
17	890	23
18	610	54
19	480	26
20	420	20
21	510	29
22	860	34
23	980	38
24	740	24

Tab. 14: Průběžné hodnoty, srpen

Plantáž B	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	1520	64
2	1330	49
3	1370	58
4	860	23
5	1240	37
6	640	16
7	640	20
8	970	48
9	680	20
10	630	23
11	570	24
12	520	20
13	520	16
14	490	18
15	740	35
16	680	51
17	800	25
18	1170	37
19	760	20
20	840	32
21	730	26
22	870	36
23	990	43
24	964	40

Tab. 15: Průběžné hodnoty, září

Plantáž A	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	2230	74
2	2120	72
3	1310	46
4	1240	44
5	990	34
6	870	20
7	1260	52
8	1520	64
9	2610	61
10	1610	87
11	1570	63
12	1750	54
13	1180	49
14	1240	52
15	1400	40
16	830	37
17	850	49
18	1070	98
19	720	34
20	780	39
21	890	33
22	1260	45
23	1320	47
24	950	32

Tab. 16: Průběžné hodnoty, září

Plantáž B	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	1980	89
2	1760	75
3	1830	82
4	1240	46
5	1760	57
6	840	26
7	860	34
8	1300	67
9	1000	25
10	980	25
11	790	22
12	830	24
13	850	24
14	970	26
15	1140	41
16	1430	62
17	1200	38
18	1530	54
19	1010	35
20	1100	42
21	970	31
22	1120	39
23	1230	40
24	1130	29

Tab. 17: Průběžné hodnoty, říjen

Plantáž A	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	2640	95
2	2500	95
3	1600	72
4	1640	62
5	1430	58
6	1220	47
7	1780	75
8	1970	89
9	2240	87
10	2290	87
11	2380	105
12	1600	84
13	1700	70
14	1640	77
15	1250	52
16	1390	62
17	1520	65
18	1250	44
19	980	30
20	970	32
21	1020	32
22	1540	64
23	1550	63
24	1100	37

Tab. 18: Průběžné hodnoty, říjen

Plantáž B	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	2540	108
2	2190	93
3	2460	92
4	1720	85
5	2240	90
6	1200	45
7	1310	51
8	1780	80
9	1530	63
10	1500	47
11	1250	38
12	1360	40
13	1420	38
14	1510	38
15	1720	70
16	1800	84
17	1670	57
18	1740	72
19	1310	50
20	1220	62
21	1180	35
22	1330	36
23	1400	39
24	1340	34

Tab. 19: Průběžné hodnoty, listopad

Plantáž A	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	2700	98
2	2540	95
3	1650	72
4	1700	64
5	1500	60
6	1310	49
7	1870	78
8	2110	91
9	2350	87
10	2370	87
11	2570	105
12	1690	84
13	1740	70
14	1700	77
15	1320	57
16	1500	64
17	1640	65
18	1330	46
19	1110	25
20	1100	26
21	1310	54
22	1720	66
23	1790	74
24	1320	50

Tab. 20: Průběžné hodnoty, listopad

Plantáž B	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	2660	110
2	2260	93
3	2540	92
4	1800	87
5	2400	94
6	1280	47
7	1400	52
8	1850	84
9	1640	63
10	1570	47
11	1300	39
12	1400	41
13	1480	40
14	1590	48
15	1770	71
16	1850	86
17	1700	58
18	1800	74
19	1370	50
20	1410	40
21	1390	40
22	1520	42
23	1610	60
24	1500	43

Tab. 21: Průběžné hodnoty, prosinec

Plantáž A	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	2720	98
2	2580	95
3	1650	72
4	1720	64
5	1500	60
6	1330	51
7	1870	78
8	2130	91
9	2360	87
10	2370	87
11	2580	106
12	1700	84
13	1750	70
14	1700	77
15	1350	57
16	1500	64
17	1660	65
18	1350	46
19	1140	27
20	1200	34
21	1330	46
22	1740	75
23	1820	72
24	1330	43

Tab. 22: Průběžné hodnoty, prosinec

Plantáž B	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	2670	110
2	2260	93
3	2540	92
4	1800	87
5	2400	94
6	1280	47
7	1400	52
8	1900	84
9	1680	63
10	1570	47
11	1310	39
12	1400	41
13	1510	40
14	1600	38
15	1780	71
16	1860	86
17	1710	60
18	1800	74
19	1370	50
20	1440	52
21	1400	48
22	1550	40
23	1620	38
24	1530	45

Tab. 23: Průměrné hodnoty, leden

Plantáž A	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	2740	98
2	2600	95
3	1690	72
4	1750	64
5	1500	60
6	1340	51
7	1870	78
8	2140	91
9	2390	87
10	2370	87
11	2610	108
12	1720	85
13	1760	70
14	1720	77
15	1360	57
16	1520	64
17	1680	65
18	1380	49
19	1190	27
20	1240	45
21	1350	50
22	1760	66
23	1840	74
24	1340	45

Tab. 24: Průměrné hodnoty, leden

Plantáž B	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	2680	110
2	2260	93
3	2560	92
4	1800	87
5	2400	94
6	1290	47
7	1420	52
8	1900	84
9	1690	63
10	1600	47
11	1340	39
12	1400	40
13	1520	40
14	1600	39
15	1780	71
16	1860	87
17	1710	60
18	1820	74
19	1380	51
20	1460	55
21	1430	52
22	1570	53
23	1640	59
24	1540	42

Tab. 25: Průměrné hodnoty, únor

Plantáž A	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	2850	100
2	2670	97
3	1740	72
4	1780	67
5	1540	62
6	1400	51
7	1920	80
8	2200	93
9	2530	92
10	2480	89
11	2690	112
12	1790	87
13	1810	74
14	1780	81
15	1430	62
16	1590	67
17	1730	65
18	1450	51
19	1260	32
20	1120	28
21	1440	45
22	1320	38
23	1240	29
24	1360	41

Tab. 26: Průměrné hodnoty, únor

Plantáž B	Délka kmene [mm]	Obvod kmene [mm]
1	2740	114
2	2340	93
3	2690	97
4	1870	87
5	2450	96
6	1340	48
7	1460	53
8	1980	86
9	1750	64
10	1650	49
11	1390	39
12	1470	42
13	1550	49
14	1670	51
15	1830	73
16	1910	87
17	1740	62
18	1880	76
19	1420	54
20	1350	40
21	1240	38
22	1680	52
23	1590	47
24	1480	47