



# **Udržitelné rychle rostoucí dřeviny**

*Příručka*

- Autoři: Ioannis Dimitriou & Dominik Rutz
- Český překlad: Ing. Jan Vidomus
- Příspěvatelé: Rita Mergner, Stefan Hinterreiter, Laurie Scrimgeour, Ioannis Eleftheriadis, Ilze Dzene, Željka Fištrek, Tomáš Perutka, Dagnija Lazdina, Gordana Toskovska, Linda Drukmane
- Editor: Dominik Rutz
- ISBN: 978-3-936338-38-6
- Překlady: Originálním jazykem příručky je angličtina. Příručka je k dispozici také v chorvatštině, češtině, francouzštině, němčině, řečtině, lotyštině a makedonštině
- Publikováno: © 2015 Energetická agentura Zlínského kraje, o.p.s., Česká republika
- Kontakt: WIP Renewable Energies, Sylvensteinstr. 2, 81369 Munich, Germany  
Dominik.Rutz@wip-munich.de, Tel.: +49 89 720 12 739  
[www.wip-munich.de](http://www.wip-munich.de)
- Český kontakt: Energetická agentura Zlínského kraje, o.p.s., Tř. Tomáše Bati 21, 76190 Zlín, [Miroslava.knotkova@eazk.cz](mailto:Miroslava.knotkova@eazk.cz), tel. 577043940, [www.eazk.cz](http://www.eazk.cz)
- Web: [www.srcplus.eu](http://www.srcplus.eu)
- Copyright: Všechna práva vyhrazena. Žádná část této knihy nesmí být reprodukována v jakékoli formě nebo jakýmikoli prostředky, aby mohly být použity ke komerčním účelům bez písemného svolení vydavatele. Vydavatele nezaručují správnost a / nebo úplnost informací a údaje obsažené nebo popsaných v této příručce.
- Odvolání: Výhradní odpovědnost za obsah této příručky nesou autoři. Příručka nemusí nutně odrážet stanovisko Evropské unie. Ani EASME, ani Evropská komise není zodpovědná za jakékoli využití informací obsažených v této příručce.

## ***Poděkování***

Tato příručka byla zpracována v rámci projektu SRCplus (IEE/13/574), podporovaná Evropskou komisí prostřednictvím Programu Inteligentní energie pro Evropu (IEE), programu vedeného Výkonnou agenturou pro malé a střední podniky (EASME). Autoři by rádi poděkovali Evropské komisi za podporu SRCplus projektu, jakož i recenzentům a SRCplus partnerům za jejich přínos k příručce. Děkujeme Anderson Group (Biobaler) a Wald21, stejně jako našim kolegům z WIP a SLU za svolení k použití obrázků.

## Partneři projektu SRCplus



**WIP Renewable Energies**, Germany (Project coordinator)  
Dominik Rutz [Dominik.Rutz@wip-munich.de]  
Rita Mergner [Rita.Mergner@wip-munich.de]



**Biomassehof Achenal**, Germany  
Stefan Hinterreiter [s.hinterreiter@biomassehof-achental.de]



**Community of Communes of Trièves**, France  
Laurie Scrimgeour [l.scrimgeour@cdctrieves.fr]



**Centre for Renewable Energy Sources and Saving**, Greece  
Ioannis Eleftheriadis [joel@cres.gr]



**Ekodoma**, Latvia  
Ilze Dzene [ilze@ekodoma.lv]  
Linda Drukmane [linda.drukmane@ekodoma.lv]



**Energy Institute Hrvoje Požar**, Croatia  
Zeljka Fistrek [zfistrek@eihp.hr]



**Energetická Agentura Zlínského kraje**, Česká republika  
Tomas Perutka [Tomas.Perutka@eazk.cz]



**Latvian State Forest Research Institute Silava**, Latvia  
Dagnija Lazdina [dagnija.lazdina@silava.lv]



**Secondary School Car Samoil – Resen**, Macedonia  
Gordana Toskovska [gtoskovska@gmail.com]



**Swedish University of Agricultural Sciences**, Sweden  
Ioannis Dimitriou [ioannis.dimitriou@slu.se]



## Obsah

<b>Poděkování</b> .....	<b>3</b>
<b>Partneři projektu SRCplus</b> .....	<b>4</b>
<b>Předmluva</b> .....	<b>7</b>
<b>1 Úvod</b> .....	<b>8</b>
<b>2 Výběr místa</b> .....	<b>9</b>
2.1 Požadavky na místo .....	9
2.2 Klima .....	14
2.3 Podloží plantáže .....	15
2.4 Legislativa .....	18
2.5 Udržitelnost vzhledem k umístění .....	18
<b>3 Druhy stromů a klony</b> .....	<b>22</b>
3.1 Vrby .....	22
3.2 Topoly .....	24
3.3 Trnovník akát .....	26
3.4 Eukalyptus .....	27
3.5 Olše .....	28
3.6 Jiné druhy .....	29
<b>4 Kultivace RRD</b> .....	<b>29</b>
4.1 Příprava místa .....	29
4.2 Sazební materiál .....	32
4.3 Sazení .....	34
4.4 Údržba plantáže .....	38
<b>5 Sklizeň RRD</b> .....	<b>42</b>
5.1 Výnosy .....	42
5.2 Sklízecí cykly .....	44
5.3 Vlastnosti sklizeného materiálu .....	45
5.4 Sklízecí metody .....	46
5.5 Sušení a skladování štěpky .....	50
<b>6 Logistika a transport</b> .....	<b>55</b>
<b>7 Rušení plantáže RRD</b> .....	<b>56</b>
<b>8 Využití produktů z RRD</b> .....	<b>56</b>
8.1 Kvalita štěpky .....	57
8.2 Možnosti využití štěpky .....	59

8.3	Spalování štěpky a pelet .....	61
<b>9</b>	<b>Vliv RRD na okolí.....</b>	<b>66</b>
9.1	Fytodiverzita.....	66
9.2	Zoodiverzita.....	69
9.3	Půda .....	74
9.4	Voda .....	76
9.5	Využití popelu a kalů jako hnojiva.....	76
9.6	Lesnictví.....	77
<b>10</b>	<b>Ekonomika RRD .....</b>	<b>78</b>
10.1	Příklad 1: Vrby v Grästorpe, Švédsko.....	79
10.2	Příklad 2: Vrby v SIA ECOMARK, Lotyšsko .....	81
10.3	Příklad 3: Topoly v Göttingen, Německo .....	81
10.4	Příklad 4: Vrby v Brittany, Francie .....	83
10.5	Příklad 5: Vrby v Enköping, Švédsko.....	86
	<b>Slovník a zkratky .....</b>	<b>89</b>
	<b>Latinské a místní názvy rostlin.....</b>	<b>92</b>
	<b>Převody jednotek .....</b>	<b>94</b>
	<b>Odkazy .....</b>	<b>98</b>

## **Předmluva**

Biomasa hraje klíčovou roli mezi obnovitelnými zdroji energie (dále jen OZE), jelikož představuje téměř 70 % evropských obnovitelných zdrojů, a nadále ukazuje stabilní růst. Očekává se nárůst poptávky po dřevě jako palivu pro vytápění a jako přírodním stavebním materiálu. Růst poptávky po rychle rostoucích dřevinách (dále jen RRD) je podporován jako cíl národní a evropské energetické politiky. Pevná biomasa z RRD může významně přispět k dosažení evropských cílů pro rok 2020.

Evropské země, které mají v současné době největší plantáže RRD jsou Švédsko, Velká Británie a Polsko. V jiných evropských zemích je produkce RRD omezená a probíhá ve velmi malém měřítku, ale existují plány a politická vůle ke zvýšení podílu RRD v blízké budoucnosti. Proto je třeba zavést opatření, spouštěcí a provázející zavádění místních dodavatelských řetězců RRD v jiných Evropských zemích. Cílem projektu SRCPlus je založení plantáží a tvorba místních dodavatelských řetězců od výroby až po využití tepla.

Projekt SRCplus propaguje udržitelnou produkci RRD v sedmi zemích Evropy. Cílovými regiony projektu SRCplus jsou:

- Region Achantal (Německo)
- Východní Chorvatsko (Chorvatsko)
- Vidzeme region (Lotyšsko)
- Rhone-Alps (Francie)
- Zlínský kraj (Česká republika)
- Kentriki-Makedonia (Řecko)
- Prespa (Makedonie)

Celkovým cílem projektu SRCplus je podporovat a zrychlit vývoj dodavatelských řetězců rychle rostoucích dřevin skrze zvyšování povědomí a rozšiřování informací vhodným subjektům.

Projekt SRCplus začal v březnu 2014 a bude trvat 3 roky. Je podpořen z Programu Intelligent Energy for Europe Program of the European Union (Contract No IEE/13/574). SRCplus konzorcium zahrnuje deset projektových partnerů ze sedmi zemí Evropy. Jednotlivé akce projektu jsou koordinovány partnerem WIP Renewable Energies z Německa.

Tato publikace má přinést klíčové informace důležitým skupinám jako jsou: zemědělci, majitelé půd, majitelé malých kogeneračních jednotek, obchodníci se štěpkou a jiné zainteresované osoby. Příručka prezentuje rozdílnou zemědělskou praxi v Evropě, kde se způsoby pěstování mohou lišit hlavně kvůli klimatickým podmínkám. Přidaná hodnota příručky je v udržitelných dodavatelských řetězcích a cílených informacích pro klíčové subjekty. Příručka byla napsána v angličtině a byla přeložena do jazyků jednotlivých partnerů.

# 1 Úvod

RRD jsou rychle rostoucí dřeviny, které jsou pěstovány za účelem vysoké produkce biomasy v krátkém časovém horizontu. Podobné pojmy jako RRD můžete v literatuře najít rychle rostoucí plantáže, rychle rostoucí mláží, atd.

RRD jsou sklíženy po krátké době a některé druhy musí být buď znovu vysázené (např. eukalyptus nebo akát) anebo pěstovány přímo z mláží (obvykle vrba a topol).

## Blok 1: Co je mláží?

„**Mláží**“ (Obrázek 1) mlazina je charakterizována schopností vybraných druhů dřevin vytvářet po seříznutí na rostlině nové výhonky.



Obrázek 1: „Tradiční mláží“ takhle dřív byly vysazovány vrby (vepředu) a „moderní mláží“ rychle rostoucí topoly (v pozadí). (Zdroj: Rutz D.)

Trvalé RRD jsou dřeviny jako olše, jasan, buk jižní, bříza, eukalyptus, topol, vrba, akát, moruše, platan listnatý a další. V Evropě se používají hlavně druhy topolů a vrb. Příručka se specializuje na výše popsané dřeviny.

RRD jsou skvělou alternativou k běžným energetickým plodinám a mohou být bez problému implementovány do stávajícího zemědělského systému. Celkově lze říci, že RRD jsou nenáročné na pěstování, což znamená nízkou produkci skleníkových plynů díky omezené aplikaci chemických látek po dobu pěstování RRD (cca 20 let). Použití pesticidů je zanedbatelné a ve většině případů není vůbec nutné. Chemicky není potřeba ošetřovat RRD proti škůdcům z důvodů jejich relativně nízké ekonomické hodnoty v porovnání s konvenčními zemědělskými plodinami. Ve srovnání s tradičními plodinami je potřeba hnojiva malá, hnojení stromů není běžnou praxí. Tyto dřeviny jsou trvalé a pěstují se několik

let, jejich přirozené hnojení probíhá pomocí recyklovaných živin z opadaných listů a odumřelých kořenů. Dokonce i v případech pěstování vrb jako RRD, kdy se hnojení dusíkem doporučuje, je použité množství hnojiva výrazně nižší v porovnání s ostatními zemědělskými plodinami.

Využití RRD pro energetické účely má mnoho dalších výhod proti standardním plodinám - zlepšují kvalitu podzemní vody, zvyšují biodiverzitu, poskytují služby ekosystému (lov, včelařství, zásoba vody, ochrana před požáry), zmírňují přenos nemocí zvířat mezi farmami, zabraňují erozi, snižují množství umělých látek v půdě (hnojiv, pesticidů) a zmírňují klimatické změny v důsledku ukládání CO<sub>2</sub>. Tyto výhody musí být podporovány k trvale udržitelné produkci štěpky a k posílení pozitivních dopadů na životní prostředí. Dále však musí být zváženy tyto aspekty: RRD mají pozitivní vliv na oblasti, jako jsou okolí polí, silnic a elektrického vedení, a to zejména jako konstrukční prvek v krajině. Trvalá udržitelnost dodavatelských řetězců je jedním z cílů projektu SRCplus (Dimitriou a kol. 2014a, Dimitriou & Rutz 2014, Dimitriou & Fistrek 2014).

## 2 Výběr místa

Výběr vhodného místa pro pěstování je z hlediska úspěšné implementace RRD nezbytný. Tato kapitola je rozdělena na různé faktory, které ovlivňují výběr místa, jako jsou požadavky na klima a podloží.

### 2.1 Požadavky na místo

Tato kapitola zahrnuje několik podmínek, které musí být splněny, aby bylo pěstování RRD úspěšné. Největší roli samozřejmě hraje kvalita půdy a její vlastnosti včetně množství vody. Výběr samotné plodiny je řešen následně v Kapitole 3. V této části se budeme zabývat hlavně požadavky na půdu pro dva druhy RRD, a to topoly a vrby.

**Půda:** RRD obvykle nejsou náročné na půdní podmínky. Rostou na všech druzích zemědělských půd a jejich výtěžnost je dána množstvím hnojení, teplotou a dostupností vody a světla. Půda s pH 5,0-7,5 produkuje uspokojivé výsledky, ale existují i druhy RRD, které jsou schopny růst na půdách mimo tento rozsah (Caslin a kol., 2010). V sušších oblastech, lehce písčitéch půdách, kde je problém s vodou, by se RRD pěstovat neměly. Stejně tak pěstování v mělkých půdách neposkytuje vysoké výnosy. Výběr druhu RRD je pak velmi důležitý na organických a rašelinových půdách. Střední až těžké jílovité hlíny s dobrou aerací a zadržováním vlhkosti jsou ideální pro kultivaci RRD, a to zejména proto, že umožňují využít mechanickou výsadbu s minimální hloubkou kultivace 200-250 mm. Pěstování na pozemcích povodí nebo mokřadů (Obrázek 2 a Obrázek 3) musí být pečlivě posouzeno, protože výsadba a sklizeň těžkou technikou může být zde náročná. Pevná půda je tak nezbytnou podmínkou. Pokud je půda vlhká je vhodné používat těžké stroje v suchých obdobích nebo když je půda zmrzlá.





**Obrázek 2: Vrby na rašelinové půdě v Bělorusku. Půda obsahuje velké množství organické hmoty. (Zdroj: Dimitriou I.)**



**Obrázek 3: Vrby na vlhkých půdách ve Švédsku. Navzdory podmínkám se RRD uchytili i zde. (Zdroj: Dimitriou I.)**

**Dostupnost vody:** Potřeba vody pro RRD je obvykle vyšší než pro běžné zemědělské plodiny pěstované ve stejné oblasti. Proto by měly být pro pěstování RRD vybírány oblasti s větším množstvím srážek, nebo s možností snadného zavlažování (Obrázek 4). Některé druhy vrb jsou dobře známé pro svou odolnost vůči znečištěným vodám, a proto jsou vhodné do podmínek, kde není dostatek přirozené vláhy.

Potřeba vody záleží na vybraném druhu RRD. Každý druh se může výrazně lišit od průměru. Pěstitelé klonů by pak měli zemědělce informovat, jak vybrat vhodnou odrůdu pro daný typ půdy a podnebí. Zejména během počáteční výsadby řízků, kdy kořeny ještě nejsou vyvinuté, vlaha je velmi důležitá pro správný vývoj rostliny. Důležité je vhodně naplánovat zavlažovací systém během sušších měsíců.

Zvýšený požadavek na spodní vodu je kladen zejména, pokud se RRD vysazují v suchých oblastech, kde je přístup k vodě omezen. Vysazované mohou být pak druhy jako eukalyptus, které se s teplejším podnebím vyrovnávají lépe. Vzhledem k různorodému využití půdy v Evropě je vliv vody na růst malý. Na druhou stranu jsou RRD vhodným zásobníkem vody, když je potřeba tuto vodu zadržet. RRD jsou také efektivním mechanismem pro nadměrné zadržování živin. Snížení ztráty živin a zvýšení evapotranspirace snižuje únik nebezpečného množství živin z přilehlých vodních útvarů nebo podzemních vod.

Kořeny RRD mohou růst hlouběji než u běžných plodin, zajišťují stálý přísun vody, mohou však zapříčinit ucpání zavlažovacího systému. Kořeny jsou obvykle 40-50 cm pod povrchem. Zavlažovací systém stávajících plodin tak nemusí vyhovovat RRD. Jestliže je zavlažovací systém starý nebo poničený je dobré dobře zvážit pěstování RRD na těchto půdách.





**Obrázek 4:** Topoly jsou zavlažovány odpadní vodou v jižním Španělsku. Vzhledem k nedostatku zavlažování je toto jediná možnost jak udržet dobrou úrodu. (Zdroj: Dimitriou I.)



**Obrázek 5:** Vrbová plantáž vedle cesty, která umožňuje dosah techniky. (Zdroj: Nordh N-E.)

**Přístup:** RRD plantáže by měly mít dobrý přístup pro údržbu ze stávajících cest (Obrázek 5). Celkově by sklon neměl být více jak 10 %, zejména ve vlhkých podmínkách. Pro menší plantáže lze využít i kolmější svahy. Dobrý přístup k plantáži je důležitý zejména v zimních měsících. Vzhledem k vyšší hmotnosti techniky a sklizeného dřeva je vhodné, aby přístupové cesty byly zpevněny.

**Velikost:** Velikost plantáže má značný vliv na správu plantáže stejně tak jako na dopravu a související náklady. Jednotlivé náklady se liší dle země, ale aby plantáž byla ekonomicky výhodná, její obvyklá velikost by měla být 2-5 ha. RRD lze pěstovat také na menších plochách (Obrázek 6), kde je využita synergie s okolním prostředím. Menší plantáže jsou také vhodné, pokud zemědělec chce mít plantáž jen pro uspokojení vlastních energetických potřeb nebo pokud si udělá většinu práce ručně.



**Obrázek 6:** Malé pole vrb uprostřed zemědělské půdy (asi 2 ha). V blízkosti se nachází další RRD. (Zdroj: Nordh N-E.)

Volba tvaru polí RRD může hrát důležitou roli na dostupnost a čas potřebný pro údržbu plantáže RRD, a tedy má dopad i na ekonomiku. Delší a obdélníková pole jsou snadněji přístupná pro sázení a sklizeň, ale i pro oplocení proti savcům (například králci, srnci, atd.). Nicméně, v praxi jsou jednoleté plodiny často zasazeny na různě tvarovaných polích, protože menší a nepravidelně tvarovaná pole jsou často vybrány pro RRD. Počáteční náklady a náklady na údržbu plantáži RRD jsou mnohem nižší než pro pěstování jednoletých plodin (JTI, 2014).

**Umístění v krajině:** Pěstování RRD je více podobné pěstování jednoletých plodin než lesnictví. Nicméně několik fyziologických vlastností RRD, jako je výška stromů, stejně tak

jako způsob řádkování, přidávají novou charakteristiku zemědělské krajiny. Na rozdíl od jednoletých plodin, které udržují krajinu obecně spíše otevřenou, RRD vytvoří nový trojrozměrný a viditelný prvek. Proto RRD mohou mít i negativní dopad na otevřenou krajinu. Pokud jsou plantáže vhodně navrženy, tak situaci spíše zlepšují.

Nezávisle na legislativních rámcových podmínkách pro RRD, které mohou vyžadovat vlastníci sousedních pozemků, by mělo být dobrým zvykem vždy se domluvit se sousedy, aby se zabránilo konfliktům, zvýšilo se jejich povědomí a zájem.

Dále je třeba vzít v úvahu, že RRD by neměly být vysazovány v blízkosti míst historického významu v případě, že by výška rostlin měla negativní dopad. Navíc je třeba věnovat pozornost ochraně přírody a krajiny v chráněných oblastech a ochranných pásmech elektrického vedení. V těchto oblastech musí být vždy respektovány místní právní předpisy. Dokonce nejnižší plantáže RRD, například mláží, mohou dosáhnout před sklizní výšky až 8 m a nesmí se dotknout elektrického vedení.

Pokud se RRD pěstují ve velkém měřítku pro energetické využití (Obrázek 9) a pěstování se koncentruje pouze na malou oblast kolem zdroje, pak změna charakteru krajiny může být značná. Druh a hustota výsadby mají také dopad na krajinný ráz.

Nicméně, v případě výroby v menším měřítku se tyto dopady nepředpokládají. To lze znázornit krátkým výpočtem: v případě 2 MW kontinuální výroby energie bude zapotřebí přibližně 15000 až 20000 tun suché dřevní biomasy. Ta může pocházet z 1 500-2 000 ha RRD (v případě, že biomasy je 10 t sušiny/ha/rok). Toto množství půdy odpovídá asi 1,5 % z celkové plochy oblasti o poloměru 20 km (což je ekonomicky odůvodnitelný poloměr z hypotetické dodávky uživateli RRD biomasy). Z tohoto důvodu očekávaný dopad na terén v takovémto případě je nepodstatný.

RRD lze hladce integrovat do stávajících krajin s minimálním porušením, pokud již existují remízky a lesní plochy. Pokud se sadí RRD v blízkosti obydlí, tak by měly tvary plantáže lahodit oku. Ideální spojení pak poskytuje plantáž RRD a stávající lesní porost (Obrázek 7). (JTI 2014)



**Obrázek 7: Obdélníková menší vrbová plantáž blízko lesa, která působí jako přirozený přechod mezi polem a lesem. (Zdroj: Nordh N-E.)**

Následující seznam uvádí řadu faktorů, které majitel plantáže RRD potřebuje znát, aby zabránil narušení krajiny a bral v úvahu potenciální dopady na životní prostředí. Každá plantáž má své místní specifika a je třeba je dodržovat. (Dimitriou a kol., 2014a)

- Výsadba RRD v zemědělských oblastech a v blízkosti lesních porostů dává pocit přirozeného pokračování v krajině, proto by měla mít přednost. Nicméně, je třeba se vyhnout výsadbě pouze v lesních oblastech, protože krajina by pak byla „přelesněná“.
- Sklizeň různých částí plantáže v různých cyklech jejího růstu vytváří více rozmanitou krajinu a dynamický ráz krajiny.

- Výsadba RRD v blízkosti významných kulturních památek může mít negativní vizuální dopad.
- Výsadba klonů s různým vzhledem (velikost a tvar listů, barva) zvyšuje vizuální rozmanitost. Široké mezery mezi poli mohou poskytnout příležitost k rekreaci v této oblasti (např. pro procházky).
- RRD jsou velmi vhodné pro pěstování podél silnic s hustým provozem, protože tyto plochy se často nevyužívají. Je však třeba brát v úvahu, že by neměla být snížena bezpečnost na dané silnici. Je potřeba zajistit řidičům dobrý výhled v zatáčkách a na křižovatkách. Okraje plantáže RRD proto musí být ve větší vzdálenosti od silnice (Obrázek 8, Obrázek 10, Obrázek 11).
- Výsadba RRD na komunikacích ve venkovských oblastech také není problém, vliv plantáže na dopravu je poměrně malý, nicméně je stále zapotřebí dodržovat širší okraje plantáže pro snadnější údržbu (např. otáčení sklízecích strojů).
- Velké teplárny, které používají RRD, se často nachází v průmyslových oblastech, proto by výsadba RRD mohla zvýšit množství zeleně v této krajině.
- V otevřené krajině a oblastech, kde se pěstují jednoleté zemědělské plodiny, mohou RRD nabídnout změnu.
- RRD by měly být obecně vysazovány v oblastech s méně viditelným dopadem na krajinu (např. v blízkosti lesa, v kopcovitých oblastech, vzdálených od kulturně významných míst), a takovým způsobem, který přirozeně zapadne do okolí (např. menší části v lesních oblastech, větší pole v otevřených zemědělských oblastech).

**Tabulka 1: Přehled faktorů určující výběr místa pro RRD**

Místní přírodní a geografické podmínky	Infrastrukturální a technické aspekty
<ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>mikroklima</b></li> <li>• <b>půda</b></li> <li>• <b>citlivost na přírodní rizika</b></li> <li>• <b>citlivost na pesticidy a nemoci</b></li> <li>• <b>problémy s biodiverzitou</b></li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• vzdálenost od zákazníka</li> <li>• dostupnost plantáže od silnic</li> <li>• křížení plantáže elektrickým vedením</li> <li>• dostupnost vhodné sázecí a secí technologie</li> </ul>





**Obrázek 8:** RRD plantáž blízko dálnice. Vzdálenost od krajnice poskytuje řidičům dobrý výhled. (Zdroj: Nordh N-E.)



**Obrázek 9:** Sklizeň vysokých vrb v blízkosti zdroje CZT, který zpracovává štěpku (komín zdroje v levé horní části obrázku). Cena za přepravu je tímto minimalizována. (Zdroj: Dimitriou I.)



**Obrázek 10:** RRD plantáž topolů u silnice v Německu: viditelnost na silnici není ovlivněna. (Zdroj: Rutz D.)



**Obrázek 11:** RRD plantáž vrb u silnice ve Švédsku: viditelnost na silnici není ovlivněna. (Zdroj: Rutz D.)

## 2.2 Klima

Existuje mnoho druhů RRD, které mohou být použity pro produkci i při rozmanitosti Evropského klimatu.

V současné době nejčastějšími druhy používanými v Evropě jsou vrba nebo topol pocházející ze severního mírného pásma. Tyto dřeviny mohou snášet rozličné klimatické podmínky a jsou odolné vůči chladu. Pěstování v oblastech s nízkou půdní vlhkostí by pravděpodobně znamenalo snížení výnosů. Proto by měly být upřednostňovány různé druhy nebo klony dřevin s ohledem na stav spodní vody.

V jižní Evropě je tolerance sucha důležitou vlastností při výběru druhů a odrůd. Zvláštní pozornost je třeba věnovat zejména na dostupnost vody v průběhu prvního roku po výsadbě, protože řízky nemají zatím vyvinutý kořenový systém.

Kromě toho, rostlinný materiál, který bude použit pro výsadbu plantáží RRD, by měl být testován při místních podmínkách a empiricky zaveden k uplatnění na trhu. Při

šlechtitelských programech bylo vybráno několik klonů/odrůd, které se ukázaly jako velmi vhodné pro určitou zeměpisnou šířku, nelze je však pěstovat v jiných zeměpisných oblastech, protože by to způsobilo buď nízké výnosy, nebo dokonce zánik plantáže. Proto je vhodné použít rostlinný materiál, který je k dispozici v místních školkách a který byl prakticky testován pro danou oblast.

### 2.3 Podloží plantáže

Kromě otázek maximálních výnosů musí být zvaženo několik otázek pro rozmístění plantáží RRD na určitém místě. Neméně důležité jsou praktické otázky údržby plantáží, ale také zvýšení pozitivních dopadů RRD pro životní prostředí.

Rovné pole nebo pole se sklonem méně než 10 %, je vhodné z provozního hlediska. Nicméně, RRD plantáže jsou často zakládány na strmějších svazích a pomáhají tak snížit erozi půdy. RRD plantáž musí být navržena takovým způsobem, který umožní přístup všech strojních zařízení používaných od založení plantáže až po sklizeň.

Je důležité, aby úvrať byla dostatečně velká, aby umožnila otáčení stroje při sklizni (kombajn nebo návěs za traktor pro sběr štěpky). Tyto úvratě nejsou osázeny RRD, umožňují zvýšit biodiverzitu na okrajích plantáží, například nízkým porostem, travnatou loukou apod. Pokud jsou použity speciální automatické vyorávače pro vrbové nebo topolové mláží, úvrať by měla být dlouhá alespoň 6-7 m. Tato plocha by měla být dostatečně velká i pro přemístění a ukládání sklizené štěpky (Obrázek 12) nebo polen dřeva a dostupná po delší dobu.



**Obrázek 12: RRD kombajn dočasně ukládá sklizenou štěpku. Než bude štěpka dodána koncovému uživateli, její vlhkost se sníží. (Zdroj: Dimitriou I.)**

Pole by mělo mít maximální možnou délku řádků, aby se minimalizoval počet nutných otoček strojního zařízení. Ideální případ je, aby délka řádků umožnila plnění jednoho nebo dvou přívěsů se štěpkou (JTI 2014).

Zakládání nových plantáží RRD by neměl omezovat stávající přístup veřejnosti. To platí zejména pro rekreační oblasti v blízkosti měst. Výsadba plantáží se v těchto případech musí projednat s veřejností. Široké průchody mezi jednotlivými bloky plantáží RRD zvýší přístup veřejnosti a rekreační hodnotu plantáží RRD. Tyto koridory, široké úvratě, stejně jako dlouhé řádky podporují rostlinou a živočišnou rozmanitost.

Konstrukce plantáže by měla zapadat do okolní krajiny co nejvíce (jak je uvedeno výše), a proto by bylo ideální, pokud by se RRD vysadily v blízkosti stávajících lesních porostů. Okraje plantáží jsou důležitým krajinným prvkem, proto by měly vypadat v rozmanité krajině co nejpřirozeněji. Alternativou pro okraje plantáží RRD jsou živé ploty z jednoletých plodin.

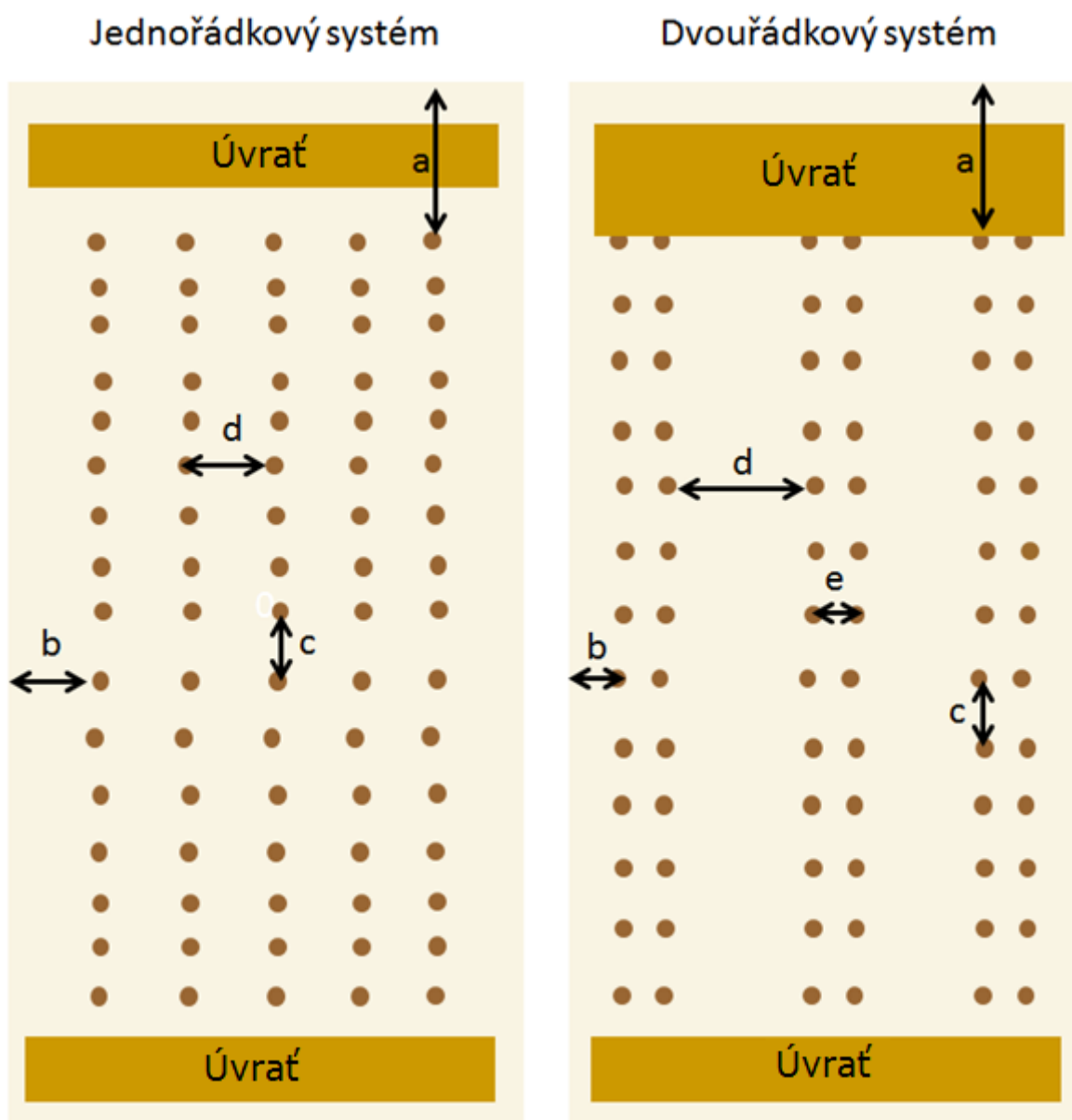
Hlavní část plantáže RRD lze různě navrhout (Tabulka 2, Obrázek 13) v závislosti na použitém druhu dřeviny a sklízecím cyklu. Typické plantáže s vrby a topoly mají obvykle vysokou hustotu, sadí se 5000 až 20 000 řízků na hektar. Toto osazení umožňuje jednodušší manipulaci mechanickým zařízením určeným k pěstování, hnojení a sklizení. Doporučená je výsadba v jednořádkovém nebo dvouřádkovém systému.

**Tabulka 2: Plantáže vrby v Německu (Zdroj: Wald 21)**

	<b>Rychlá obměna (3-5 let)</b>	<b>Střední obměna (6-8 let)</b>	<b>Dlouhá obměna (&gt; 10 let)</b>
<b>Vrby</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 13 000 řízků / ha</li> <li>• Dvojitě řádkování: 2 m * 0,75 m</li> <li>• Rozestup: 55 cm v řádku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nepoužívají se</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nepoužívají se</li> </ul>
<b>Topoly</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8 300-11 000 řízků / ha</li> <li>• Jednoduché řádkování: 2 m</li> <li>• Rozestup: ~ 45-60 cm v řádku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 000 řízků / ha</li> <li>• Jednoduché řádkování: 2 m</li> <li>• Rozestup: ~ 1m v řádku</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 2 500-3 333 řízků / ha</li> <li>• Jednoduché řádkování: 2m</li> <li>• Rozestup: ~ 1,5 – 2 m v řádku</li> </ul>

Topoly se obvykle sadí do jednořádkového systému výsadby. Vzdálenosti jsou popsány na následujícím Obrázku 13. Použití dvou řad může umožnit rychlejší a proto levnější údržbu, zejména pro vrbové plantáže s tenkými výhonky a krátkým sklízecím cyklem. Typická konstrukce těchto dvou řad je 1,50 m a 0,75 m, vzdálenost řízků v řádcích 0,5-0,8 m (v závislosti na umístění a použitých klonů nebo druhů). Změna sponu může mít vliv na sklizeň konečného produktu, hlavně na délku a průměr stonku. Časné konzultace s potenciálními koncovými uživateli ve fázi plánování jsou nezbytné pro splnění jejich požadavku při sklizení.





Obrázek 13: Ukázka jednořádkového a dvouřádkového systému výsadby (obrázek není podle měřítka): a = vzdálenost od hranici pozemku (8 m); b = vzdálenost od kraje plantáže (2 m); c = vzdálenost mezi řízky v řádku (0,45-2 m); d = vzdálenost mezi řádky (2 m); e = vzdálenost mezi dvojitým řádkováním (0,75 m). (Zdroj: Rutz D.)



**Obrázek 14: Vrby různého stáří a druhů. Dochází ke zvýšení diverzifikace krajiny a ploch mezi plantážemi. (Zdroj: Nordh N-E.)**

## **2.4 Legislativa**

Výběr místa je důležitý i z právního hlediska. Ve všech částech Evropy platí legislativa na různých úrovních, jako jsou vnitrostátní, regionální a místní předpisy. Obvykle se nová RRD plantáž zakládá na půdách, jako jsou louky, lesy, opuštěné pozemky, atd.

V mnoha zemích se nedoporučuje a legislativa vysloveně zakazuje zakládání nových plantáží RRD na lesní půdě. Pouze v několika málo zemích jsou plantáže RRD klasifikovány jako lesní pozemky. V některých zemích nebo regionech, jako například v Bavorsku (Německo), RRD jsou zakázány na pastvinách. Jinde se podmínky pěstování RRD na orné půdě rovnají podmínkám pěstování pro jednoleté plodiny za předpokladu, že RRD jsou sklizeny po určitém časovém období.

Vedle těchto obecných pravidel pro zavedení plantáží RRD, které se liší země od země, je nutné brát zřetel na ochranu půdy nebo krajiny, např. u CHKO. Záleží na tom, zda se jedná o chráněnou krajinnou oblast, přírodní rezervaci nebo území Natura 2000. Je proto důležité uvést přínosy RRD pro danou oblast, v tomto případě jsou pro pěstování v chráněné oblasti udělovány výjimky. Také je třeba brát v úvahu právní otázky, týkající se hospodaření s vodou: povodí, záplavové oblasti řek či podzemní vody v citlivých oblastech.

Legislativa má také vliv na výběr schválených odrůd a klonů. Při návrhu plantáže je vhodné myslet na vzdálenost k sousedním pozemkům, minimální odstup by měl být 2 m.

## **2.5 Udržitelnost vzhledem k umístění**

S rostoucí poptávkou po energii z biomasy a biologického materiálu jsou otázky udržitelnosti stále důležitější. Zavedení a využívání RRD může být opatřením ke zvýšení celkové udržitelnosti, avšak pouze tehdy, pokud jsou zváženy všechny aspekty. Podrobný popis těchto předpokladů je k dispozici ve zprávě o RRD "Kritéria udržitelnosti a doporučení pro RRD" (Dimitriou & Rutz 2014). Následující popis poskytuje pouze krátký přehled z této zprávy.

Obecně platí, že pěstování RRD je podle definice zemědělskou praxí, která předpokládá nízké emise skleníkových plynů díky omezené aplikaci chemických látek, ale také proto, že plodiny jsou pěstovány po řadu let. Chemicky není potřeba ošetřovat RRD proti škůdcům z důvodů relativně nízké ekonomické hodnoty v porovnání s konvenčními zemědělskými plodinami. Množství použitého hnojiva je také významně nižší, dokonce i v případech pěstování vrb, kdy je hnojení dusíkem doporučeno (asi 80 kg N/ha/rok). Navíc, vzhledem k technickým omezením a z fyziologických důvodů (například hustota porostu a výška stromů), hnojení nelze provádět každý rok. Příprava půdy se provádí jednou před výsadbou, pak už žádná jiná úprava půdy neprobíhá, pouze nutná údržba plantáže. Další práce na úpravě pozemku jsou až po zrušení plantáže, což je obvykle i za několik desetiletí.

Pokud se podaří pěstovat RRD udržitelným způsobem, přinese to významnou synergie s ostatními zemědělskými postupy, s ekosystémovými službami a opatřeními na ochranu přírody. RRD obvykle přispívají ke zlepšení kvality vody, zvyšují biodiverzitu, poskytují služby ekosystému (lov, včelařství, zásobování vodou, protipožární ochrana), zmírňují přenos chorob zvířat mezi farmami, brání erozi, snižují množství umělých vstupních látek (hnojiva, pesticidy) a zmírňují změnu klimatu. Tyto výhody musí být podporovány při výrobě štěpky z RRD. Za předpoklad udržitelnosti je nutno považovat i to, že RRD mají pozitivní dopad na půdy ležící ladem jako konstrukční prvek v krajině.

Vzhledem k významu dopadu pěstování RRD na životní prostředí, následuje popis upozorňující na změny ve využívání půdy. Tyto následky jsou rozděleny na přímé (dLUC) a nepřímé (ILUC).

Cílem je rozvíjet doporučení týkající se trvale udržitelného systému pěstování RRD, proto klíčovou roli pozitivního nebo negativního dopadu hraje předchozí využívání půdy. Rozlišuje se, zda budoucí plantáž RRD je navržena na:

- **současné zemědělské půdě:** různé typy zemědělské půdy (zorané půdy), v závislosti na kvalitě půdy a dostupnosti vody
- **aktuálním travním porostu:** je třeba udělat rozdíl mezi intenzivně a extenzivně obhospodařenými pastvinami
- **stávajícím lese:** v mnoha zemích by se RRD neměly pěstovat na půdě, která je klasifikována jako les (jak z právního hlediska, tak kvůli problémům v oblasti životního prostředí).
- **marginální půdě:** některé země mají tento druh půdy ekonomicky klasifikovanou jako "okrajová" s vysokou ekologickou hodnotou. RRD by byly vhodné pro pěstování na strmých svazích (brání erozi), v záplavových oblastech, pod elektrickým vedením, atd.
- **chráněné půdě:** pěstování RRD na chráněné půdě závisí na stavu půdy a způsobu ochrany

Pro dosažení efektivního využívání zdrojů produkce biomasy z RRD nejvhodnější je pěstování na zemědělské půdě s vysokou produktivitou (nejvyšší výnosy biomasy na jednotku plochy a nejvyšší zisk pro zemědělce). Jak je uvedeno výše a dále analyzováno, pěstování RRD v těchto oblastech může mít pozitivní vliv na kvalitu vody, půdy a biologickou rozmanitost, ve srovnání s běžnými zemědělskými plodinami, které jsou obvykle na těchto úrodných půdách pěstovány.

Vzhledem k aktuálním tržním cenám dřeva a energií jsou RRD méně konkurenceschopné v mnoha ohledech ve srovnání se systémy obdělávání půdy na orné půdě, a tedy zemědělci mají často zájem pěstovat RRD především na opuštěných zemědělských půdách nebo pastvinách. Změna ve využívání půdy z travních porostů na plantáže RRD je velmi složitá díky podpoře evropského zemědělství zachovat stávající ekosystémy a ekosystémy s vysokou hodnotou biologické rozmanitosti, jako jsou louky a pastviny, i když právě RRD, jako trvalé plodiny na orné půdě, s minimálními vstupy pesticidů, připomínají spíše pastviny. Pokud se jedná o údržbu a následné dopady na půdu a kvalitu vody, velké rozdíly se

nepředpokládají. Je třeba analyzovat relevantní srovnání, protože změna ve využití půdy musí být pečlivě provedená a zajištěn soulad s ochranou životního prostředí.

Obecně lze říci, že pěstování RRD na lesních pozemcích má spíše negativní dopad. Proto země vypracovaly právní předpisy, které brání pěstování RRD na lesních půdách.

Všechny tři typy využití území (zemědělská půda, louky a pastviny, lesy) mohou být spravovány různými způsoby. V závislosti na těchto postupech hospodaření, na půdních a klimatických podmínkách, lze pojem „marginální půda“ využít pro všechny tyto typy území. Proto existují různé definice pro marginální půdu, které závisí na otázkách ekonomického zaměření, úrodnosti, rizik atd.

Marginální půdou by mohla být například středně nebo vysoce kontaminovaná zemina, záplavová oblast, půda pod elektrickým vedením, půda rovnoběžná se železniční tratí a oblasti náchylné k sesuvu. Tyto typy pozemků vytváří příležitosti hlavně proto, že RRD tyto nepříznivé podmínky mohou eliminovat, nevdají jim ani růst na půdách kontaminovaných těžkými kovy, na méně úrodných místech a zaplavovaných oblastech, při anaerobních podmínkách. Pro pěstování na těchto půdách není moc plodin, které by byly schopné snést tyto podmínky, a proto je zde příležitost pro RRD, i když se očekává, že produkce biomasy a účinnost využívání půdy bude poměrně nízká. Díky optimalizaci hospodaření mohou RRD být konkurenceschopné oproti jiným plodinám. Nicméně pro určité oblasti, například s vysokou biodiverzitou, by mohlo pěstování RRD mít určité riziko dopadů na životní prostředí.

Všechny tři typy využití půdy (zemědělská půda, louky a pastviny, lesy) mohou mít různé způsoby ochrany na místní, národní a celoevropské úrovni. Pěstování RRD má spíše negativní dopad v případě, že ochrana se vztahuje na některé ekosystémy, stanoviště a chráněné druhy. V chráněných oblastech, jejichž ochrana se týká krajiny, pěstování RRD může mít pozitivní ale i negativní dopad. Obecně lze říci, že musí být identifikovány specifické cíle místní ochrany a vyhodnocen dopad pěstování RRD na splnění těchto cílů.

Přehled různých vlivů na pěstování RRD na třech typech půd je uvedeno v Tabulce 3.

**Tabulka 3: Vliv pěstování RRD na zemědělskou půdu, travnaté plochy a lesy (Adaptováno z BUND 2010; Dimitriou & Rutz 2014)**

Kritérium	RRD na zemědělské půdě	RRD na travnatých plochách	RRD na lesních půdách
<b>Použití pesticidů</b>	Během přípravné fáze a po sklizni je vyšší než u konvenčních rostlin; Během růstu není potřeba	Během přípravné fáze a po sklizni je stejné jako u běžných travních porostů; Během růstu není potřeba	Vyšší
<b>Použití hnojiv</b>	Výrazně nižší než v konvenčním zemědělství	Výrazně nižší než při intenzivně spravovaných travních porostů	Vyšší
<b>Půdní eroze</b>	Výrazně nižší	Během přípravné fáze a po sklizni je vyšší než u travních porostů; Během růstu je podobná oblasti pastvin	Mírně vyšší
<b>Biodiverzita</b>	Obvykle mnohem vyšší než na intenzivně využívané zemědělské půdě; Na extenzivně využívané zemědělské půdě může být vyšší nebo nižší	Je závislá na intenzitě využití travních porostů, jakož i na druhovém složení	Závisí na typu lesa a návrhu plantáže RRD; Ve srovnání s přirozenými lesy je biologická rozmanitost RRD poněkud nižší
<b>Klima a voda</b>	Vyšší odpařování, vyšší ochrana proti větru a teplotám, redukce prachu a škodlivin	Vyšší odpařování, vyšší ochrana proti větru a teplotám	Spíše negativní vliv
<b>Ukládání CO<sub>2</sub></b>	Výrazně vyšší	Vyšší nebo rovno, závisí na postupech hospodaření	Výrazně nižší, ale roční uložení je vyšší

Důležitým faktorem, který ovlivňuje udržitelnost užívané půdy, je energetický výstup z hektaru plantáže RRD v porovnání s ostatními plodinami. Tím je také ovlivněn potenciál ke zmírnění klimatických změn. Průměrné hodnoty jsou uvedeny v Tabulce 4 a v Tabulce 5 je energetická bilance.

**Tabulka 4: Energetický výstup z RRD, olejin a lesů v kWh/ha**

RRD	Kukuřice (bioplyn)	Řepka (bionafta)	Les
16 000 – 60 000	37 000 – 55 000	11 000 – 21 000	10 000 – 27 000

**Tabulka 5: Energetická bilance vzhledem ke zvolené plodině**

RRD (vrby)	RRD (topoly)	Kukuřice (celá rostlina)	Řepka (celá rostlina)	Pšenice (včetně stvolu)
1:24*	1:16 to 1:26**	1:11*	1:9*	1:11*

Zdroje: \*Börjesson & Tufvesson 2011; \*\*Burger 2011

Jak bylo popsáno výše, změny ve využívání půdy jsou jen jedním předpokladem, který je třeba brát v úvahu při hodnocení udržitelnosti. Dopady na rozmanitost rostlinných a živočišných druhů, půdu, vodu a změnu krajiny jsou podrobněji popsány ve zprávě: "Kritéria udržitelnosti a doporučení pro pěstování RRD " (Dimitriou & Rutz 2014).

### 3 Druhy stromů a klony

V Evropě je pro energetické účely používáno několik druhů rychle rostoucích dřevin. V této příručce je kladen důraz na pěstování vrby a topolů díky tomu, že se jedná o druhy, které jsou nejzajímavější pro Evropu, a k nimž jsou k dispozici výsledky výzkumu. Nicméně, výsledky výzkumu a informace týkající se jiných druhů, jako jsou například akát a eukalyptus, ale také olše, jasan a bříza, které jsou pěstovány jako RRD, jsou zde taky uvedeny.

#### 3.1 Vrby

Vrby a jívy tvoří rod *Salix* (Obrázek 15, Obrázek 16). Tento rod zahrnuje asi 400 druhů listnatých stromů a keřů a v přírodě se vyskytuje především na vlhkých půdách v chladných a mírných oblastech severní polokoule. Vrba je druh nejčastěji používaný na plantážích RRD v Evropě. Vrbové druhy jsou široce používány pro pěstování díky celé řadě vhodných vlastností, jako je rychlý růst, vysoká výtěžnost, schopnost dobře růst v různých zeminách (v ideálním případě při pH 5-7,5), v prostředích od těžkých jílů po lehčí půdu, mají dobrou schopnost obnovy (bez nutnosti opětovné výsadby po sklizni), jejich kořeny mohou růst i při vysoce anoxických podmínkách (mohou být zasazeny v podmáčených oblastech), mají schopnost snášet vyšší množství živin a koncentraci těžkých kovů (mohou být zasazeny v nepříznivém prostředí, například pro účely fytořemediaci). Vrby také mají další výhodu, v zemědělství jsou nejběžnějším druhem RRD pěstovaným pro energetické využití, jejich široká genetická variabilita mnoha různých druhů nabízí různé fyziologické vlastnosti. Kromě toho, vrba je druh, který je jednoduchý na pěstování.





Obrázek 15: Listy vrby. (Zdroj: Aronsson P.)



Obrázek 16: Květy vrby na jaře (Zdroj: Rutz D.)

Programy pro genetické šlechtění vrb ve Švédsku a Spojeném království učinily významné pokroky v postupech jejich pěstování jako RRD pro energetické využití. Pro rozšíření pěstování je třeba používat kultiváty, které jsou vhodné pro dané podnebí ve většině evropských zemí. Primárním cílem výše uvedených šlechtitelských programů bylo vytvořit druhy vysoce odolné vůči nemocem a škůdcům. Kříženci vyšlechtěny švédským šlechtitelským programem ve Svalöf-Weibullöva AB (SW) zahrnují druhy *S. viminalis*, *S. dasycladus* a *S. schwerinii*. Původní mateční materiál byl vybrán ze švédských a evropských sbírek, později doplněný materiálem ze středního Ruska a Sibiře. Chovný program ve Velké Británii založený v IACR-Long Ashton (financovaný z prostředků EWBP- Evropské společenství pro pěstování vrb), využívá přes dvacet různých druhů vrb z Britské národní sbírky. Mezi nimi jsou i jejich exotické ekvivalenty *S. viminalis* a *S. Capri*, *S. rehderiana*, *S. udensis*, *S. schwerinii*, *S. discolor* a *S. aegyptica*.

Výsledkem této práce jsou vrbové plantáže RRD, na kterých jsou vysazené nově vyšlechtěné odrůdy (klony), které jsou více produktivní, nabízejí stabilní výnosy a jsou odolnější vůči škůdcům a chorobám. Výběr těchto odrůd (klonů) závisí na konkrétních potřebách pěstitele a klimatických podmínkách v místě pěstování. Záleží také na dostupnosti sadebního materiálu od producentů řízků, které potřebují alespoň jeden rok, aby zajistili dostatek řízků každé odrůdy. V současné době v EU je k dispozici asi 25 certifikovaných odrůd, z nichž asi deset jsou běžně komerčně využívány. Ročně se vyšlechtí přibližně jedna nebo dvě nové odrůdy. Seznam běžně používaných klonů, vytvořených v rámci dvou výše zmíněných šlechtitelských programů, je uveden níže v Tabulce 6. Další informace o specifických vlastnostech a vhodnosti vrbových klonů by měli poskytnout konkrétní pěstitelé.

**Tabulka 6: Seznam používaných klonů vrb od European Willow Breeding Partnership (EWBP) ve Velké Británii a Švédku Svalöf-Weibull AB (SW) (Castlinet al., 2012)**

Klon	Druh	Pohlaví	Charakteristika	Pěstitelský program
<b>Beagle</b>	<i>S. viminalis</i>	Samičí	Vyšší než průměrný obsah sušiny při sklizni	EWBP
<b>Endeavour</b>	<i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i>	Samičí	Špatně snáší slanější prostředí	EWBP
<b>Gudrun</b>	<i>S. dasyclados</i>	Samičí	Náchylný k nemocem, pomalý růst v průběhu prvního roku	SW
<b>Inger</b>	<i>S. triandra</i> x <i>S. viminalis</i>	Samičí	Dobrá produktivita v suchých půdách, vysoký obsah sušiny, nízká výhřevnost	SW
<b>Jorr</b>	<i>S. viminalis</i>	Samčí	Relativně citlivý na mráz	SW
<b>Olof</b>	<i>S. viminalis</i> x ( <i>S. viminalis</i> x <i>S. schwerinii</i> )	Samčí	Náchylný k nemocem. Vyšší obsah vlhkosti ve štěpce	SW
<b>Resolution</b>	( <i>S. viminalis</i> x <i>S. viminalis</i> x <i>S. schwerinii</i> ) x ( <i>S. viminalis</i> x <i>S. schwerinii</i> )	Samičí	Vysoké výnosy při první sklizni, dobrý růst v suchých oblastech, štěpka s nízkou objemovou hmotností a výhřevností	EWBP
<b>Sven</b>	<i>S. viminalis</i> x ( <i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i> )	Samčí	Vysoké výnosy při první sklizni, odolný vůči plísním, štěpka je s nízkou objemovou hmotností, ale vysokou výhřevnost	SW
<b>Terra Nova</b>	( <i>S. triandra</i> x <i>S. viminalis</i> ) x <i>S. miyabeana</i>	Samičí	Relativní nízké výnosy, ale dobrá produktivita v náročných prostředích (nadmořských výškách, suché půdy)	EWBP
<b>Tora</b>	<i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i>	Samičí	Vysoké výnosy, nízký podíl nemocí, vysoké výnosy při druhé sklizni, vhodné pro téměř všechna prostředí	SW
<b>Tordis</b>	( <i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i> ) x <i>S. viminalis</i>	Samičí	Vysoké výnosy, vhodný do suchých půd, nízká objemová hmotnost, vysoká výhřevnost, malý podíl sušiny	SW
<b>Torhild</b>	( <i>S. schwerinii</i> x <i>S. viminalis</i> ) x <i>S. viminalis</i>	Samičí	Relativní nízké výnosy, málo sušiny	SW

### 3.2 Topoly

Topoly (Obrázek 17 17, Obrázek 188) patří do rodu *Populus Salicaceae* a společně s vrbami jsou nejrozšířenějšími RRD pro energetické využití v Evropě.

Přirozeně topoly rostou od tropů až po mírné pásmo na severní polokouli. Druhy rodu *Populus* jsou opadavé nebo (zřídka) polo-jehličnaté stromy, rozdělené do šesti kategorií:

Abaso (mexický topol), Aigeiros (topol černý), Leucoides (bažinaté topoly), Populus (bílý topoly a osiky), Tacamahaca (balzámovité topoly) a Turanga (suché tropické topoly).



Obrázek 17: Topoly na zemědělské půdě. (Zdroj: Nordh N-E.)



Obrázek 18: Listy topole (klon MAX 3) v létě v Německu. (Zdroj: Rutz D.)

Jako RRD jsou často používány druhy jako *Populus trichocarpa*, *Populus maximowiczii*, *Populus deltoides*, *Populus tremula*, *Populus nigra*, *Populus koreana*, a *Populus tremuloides*.

Mezi hlavní klony jako RRD patří 'Max 1', 'Max 3', 'Max 4', 'Hybride 275', 'Muhle Larsen' a 'Androscoggin', viz Tabulka 7. Další klony RRD jsou 'Rochester', 'Weser 6', 'Beaupré', 'Münden', 'Monviso', 'Pegaso' a 'AF2'.

Topoly jsou dvoudomé rostliny (tj. jednotlivé stromy jsou buď samčí, nebo samičí). Různé druhy rodu byly hojně vysazované po celém světě, a to jak v oblastech jejich přirozeného výskytu, tak i vně. Větší stromy z dospělých topolových porostů jsou v Evropě komerčně používány jako řezivo, slouží pro výrobu dřev a výrobků ze dřeva, ale i pro výrobu buničiny. V průběhu posledních let roste zájem o založení plantáží topolů pro výrobu bioenergie a palivového dříví. V některých zemích severní Evropy (například ve Švédsku), střední Evropy (například v Německu, Francii, Belgii a dalších) a jižní Evropy (například v Itálii a dalších) byly topoly vybrané jako rostlinný materiál vhodný jako RRD. Na trhu je k dispozici několik odrůd (klonů) a pěstitel se musí poradit s výrobcí klonů, které druhy jsou vhodné pro danou lokalitu.

Ve srovnání s vrby, topoly běžně pěstované pro výrobu bioenergie v Evropě jsou považovány za vhodné především pro pěstování: i) v mírnějších klimatických podmínkách než vrby (střední a jižní Evropa). Uspokojivé výnosy jsou také v oblastech severní Evropy; ii) na sušších půdách, topoly potřebují méně vody než vrby, mohou růst i na jílovitých půdách; iii) plantáže topolů mají obecně menší hustotu porostu než vrby (např. vzdálenost 2-3 metry mezi kmeny a sklizeň v delších intervalech >10-15 let), nebo topoly mohou být vysazovány pěstitelským systémem, který má stejnou hustotu porostu a za stejných podmínek jako vrbové plantáže RRD (příklady této problematiky jsou popsány v následujících kapitolách); iv) s menší plochou porostů, neboť topolové systémy pěstování RRD nejsou tak intenzivní jako vrbové RRD a nepotřebují speciální zařízení. Pokud je vybraná delší doba růstu, pak pěstování a sklizeň může být prováděna manuálně nebo lesní technikou.

Navzdory těmto rozdílům mezi dvěma dominantními druhy RRD v Evropě, existují i případy, kdy vrby a topoly rostly ve stejných oblastech stejně dobře. Je to díky velmi širokému výběru rostlinného materiálu těchto druhů (k dispozici jsou různé klony a odrůdy, které jsou vhodné pro konkrétní klimatické podmínky), a různé strategie pěstování vybraných zemědělců (kratší doba obměny ve srovnání s delším cyklem sklizeň, intenzivní údržba ve srovnání s méně intenzivním správou atd.). Tyto způsoby jsou popsány dále v této příručce.

Tabulka 7: Seznam pěstovaných topolů (převzato z Sailer Baumschulen GmbH)

Klon	Druh	Pohlaví	Charakteristika
Max 1	<i>P. nigra</i> x <i>P. maximowiczii</i>	samičí	Vysoká produkce štěpky
Max 3	<i>P. nigra</i> x <i>P. maximowiczii</i>	samičí	
Max 4	<i>P. nigra</i> x <i>P. maximowiczii</i>	samičí	
Matrix	<i>P. maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>		Střední produkce štěpky na všech půdách; Hybrid a Matrix rostou lépe v chladnější a vlhčích podmínkách
Androscoggin	<i>P. maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>	samčí	
Hybrid 275	<i>P. maximowiczii</i> x <i>P. trichocarpa</i>		
Muhle Larsen	<i>P. trichocarpa</i>	samičí	Střední produkce štěpky na všech půdách
Fritzi Pauley	<i>P. trichocarpa</i>	samičí	
Trichobel	<i>P. trichocarpa</i>		
Koreana	<i>P. trichocarpa</i> x <i>P. koreana</i> x <i>P. maximowiczii</i>		Vysoká produkce štěpky při druhé sklizni, nevyhovující pro Německo

### 3.3 Trnovník akát

Trnovník akát (*Robinia pseudoacacia* L.) (Obrázek 199) je druh stromů pocházející z východu Spojených států. Do Evropy byl dovezen v průběhu 17. století. Od té doby došlo k jeho rychlému šíření po Evropě (nejprve jako okrasné dřeviny a později založením rozsáhlých plantáží sloužících k produkci dřeva). V dnešní době akát pokrývá velké plochy v centru měst v jihovýchodní části Evropy. Tento druh je poměrně odolný vůči suchu. Bylo prokázáno, že trnovník akát je vhodnou dřevinou pro regeneraci půdy a rekultivaci bývalých těžebních lokalit. Trnovník je charakteristický pro jeho schopnost růst na chudých půdách za extrémních podmínek. Akát je rychle rostoucí dřevinou s dobrou schopností obnovy po sklizni, má taktéž vysokou hustotu porostu. Z tohoto důvodu se ukázal být vhodný jako RRD pro výrobu bioenergie. Velké plochy lesních porostů akátu byly založeny ve střední Evropě (především v Maďarsku, ale i v dalších zemích, například v Itálii a Polsku). Zájem o pěstování akátu na zemědělské půdě v poslední době roste, a to zejména v oblastech, kde je potřeba rekultivace půdy. Je třeba zmínit, že akát je považován v některých zemích za invazivní druh.

Ve srovnání s jinými druhy RRD akát roste i na znečištěných půdách, ale vadí mu velmi suché nebo těžké půdy. Dává přednost půdám s volnou strukturou, zejména prachovité a písčité hlíny, je odolný vůči nepříznivým přírodním podmínkám jako je sucho, vysoké a nízké teploty a znečišťující látky v ovzduší. Pro dobrý růst trnovník akát potřebuje provzdušněnou půdu.

Množení rostliny je možné pomocí kořenových řízků, řízků ze stonku, sazenic nebo pomocí mikropropagace (množení z pupenů). Množení pomocí řízků poskytuje garantovanou kvalitu, ale je dražší než množení z osiva. Pokud jde o sklizeň, na rozdíl od jiných rychle rostoucích



dřevin, jako jsou například vrby nebo topoly, akát má trny, proto ruční manipulace s ním je obtížná, z tohoto důvodu je vhodné provádět jeho štěpkování přímo na poli. Trnovník akát může vyrážet z kořenů i mezi řádky, takže po třetí nebo čtvrté sklizni je na plantáži téměř nemožný pohyb sklízecí techniky. Kromě toho trnovník akát má tvrdší dřevo než ostatní rychle rostoucí dřeviny, a proto harvestory pro sklizeň musí být odolnější a výkonnější než pro běžné RRD.

Trnovník akát nabízí řadu výhod, jako je ukládání dusíku, má lepší kvalitu dřeva s vyšší hustotou porostu a vyšší výhřevnost ve srovnání s topoly a vrbami, údržba plantáži je ale problematictější. Rok staré semenáčky jsou na plantáži hustě zasazené (asi 10 000 sazenic). Jak je popsáno výše, sklizeň může být problematická, ale výnosy mohou být stejně vysoké jako u vrb nebo topolů, závisí to do značné míry na provozu a umístění plantáže. Mráz a poryvy větru mohou ohrozit výnosy zejména v počátečních fázích růstu.



Obrázek 19: Akát jako RRD v Maďarsku (Zdroj: Simon L.)

### 3.4 Eukalyptus

Eukalyptus = blahovičnick je rod rychle rostoucích dřevin pocházející z Austrálie (Obrázek 20, Obrázek 21), používal se před mnoha lety v jižní Evropě pro výrobu buničiny a papíru. V posledních letech se objevuje zájem o využití dřevní biomasy z eukalyptu nejen v jižní Evropě, ale i ve vyšších zeměpisných šířkách (například ve Velké Británii a Irsku). Rod Eukalyptus obsahuje více než 700 druhů. Mezi nejčastější druhy používané k produkci biomasy na velkých plantážích jižní Evropy patří *E. globulus* a *E. camaldulensis*, na severu Evropy jsou to *E. gunnii* a *E. nitens*, které jsou více odolné vůči chladnějším klimatickým podmínkám.

Eukalyptová plantáž se tradičně vysazuje jako jeden kmen do sponu 3 x 3 m a pro výrobu buničiny se sklízí po 7-12 letech. Podle situací na trhu se dřevem, může být eukalyptus použit i pro energetické účely. Díky testování a zavedení intenzivnějších výrobních systémů v poslední době roste i zájem o plantáže z eukalyptu pro výrobu bioenergie. Takové systémy se podobají systémům pěstování vrb pro energetické využití s velmi krátkou dobou odměny (od dvou do čtyř let) a způsob údržby plantáži se blíží spíše zemědělství než lesnictví.

Na rozdíl od ostatních částí světa (např. Brazílie, Austrálie), kde se eukalypty pěstují ve větším měřítku, v Evropě je většina z těchto zemědělských systémů pěstování zatím ve fázi testování. Výsadba se obvykle provádí ze sazenic, které jsou výsledkem hybridizace druhů a

jsou vybrané jako vhodné pro podnebí, do kterého jsou vysazovány. Hnojení dusíkem je předpokladem pro dosažení vysokých výnosů, ale i přes vysoké výtěžky, kterých lze dosáhnout v různých klimatických podmínkách Evropy, eukalyptus je kontroverzním druhem z hlediska ochrany životního prostředí. Má řadu negativních dopadů na kvalitu půdy, podzemní a biologickou rozmanitost a přispívá k šíření lesních požárů. Tyto obavy místních zúčastněných stran by měly být brány v úvahu při návrhu plantáže RRD z eukalyptu. Ve většině případů výsledky výzkumu ukazují, že eukalyptus je vnímán pozitivně, a že dopady na životní prostředí jsou podobné jakémukoliv intenzivnímu produkčnímu systému v zemědělství.



Obrázek 20: Eukalyptus po šesti letech růstu na Novém Zélandu. (Zdroj: Dimitriou I.)



Obrázek 21: Eukalyptus s delším cyklem obměny v Argentině. (Source: Rutz D.)

### 3.5 Olše

Olše je společný název kvetoucích stromů rodu *Alnus*, které patří do čeledi břízovitých *Betulaceae*. Rod zahrnuje asi 30 druhů stromů a keřů. Olše jsou rozšířené po celém severním mírném pásmu, některé druhy se vyskytují i na území Střední Ameriky a severních And.

Zkušenosti s pěstováním olše, jako rychle rostoucí dřeviny, jsou stále malé. Některé pokusné plantáže byly právě založeny. Rostlina potřebuje hodně živin a vody. Olše šedá (*Alnus incana*) roste až do nadmořské výšky 1500 m a preferuje vápencové půdy a mírné studené klima. Jiný druh, *Alnus glutinosa*, preferuje vlhká místa s vysokou dostupností vody a příznivým klimatem.





Obrázek 22: Oplocená plantáž olší v Německu (vlevo) a listy olše (vpravo) (Zdroj: Rutz D.)

### 3.6 Jiné druhy

Existují i další druhy rostlin, které byly kandidáty na RRD pro výrobu biomasy v Evropě, jako je například *Acacia saligna*, *Ulmus* sp, *Platanus* sp., *Acer* sp., *Corylus avellana*, *Paulownia* sp., a další. Některé exotické a/nebo invazivní druhy nebyly důkladně testovány, protože by mohlo dojít k narušení životního prostředí. Jiné druhy se zdají být za určitých klimatických podmínek lépe přizpůsobivé.

#### Blok 2: Proč bychom měli pěstovat jiné druhy?

Obecně platí, že pro zemědělce není příliš obtížné nebo riskantní udělat vlastní zkoušky a vyzkoušet jiné druhy RRD. Dokonce se doporučuje, aby malá část plantáže RRD byla vysazena právě jinými druhy. Tím se zvyšuje rozmanitost plantáže a také zájem veřejností. Biomasa pak může být sklizena ve stejnou dobu a stejným zařízením. Nicméně je velmi pravděpodobné, že z této části plantáže budou výnosy nižší než z hlavní plantáže.

## 4 Kultivace RRD

V této kapitole jsou uváděny různé postupy pěstování RRD od založení plantáže až po sklizeň, které se týkají zejména vrb a topolů.

### 4.1 Příprava místa

RRD pěstované na zemědělské půdě vyžadují velmi dobrou přípravu půdy před výsadbou, stejně jako u běžných zemědělských plodin. Odplevelení je jedním z nejdůležitějších faktorů úspěchu, pokud jde o výnosy RRD po celou dobu životnosti plantáže, a proto je nutné dodržet několik kroků údržby, jejichž cílem je zabránit růstu plevelů (Obrázek 23).



**Obrázek 233:** Rostlinka vrby (červený kruh) obklopená plevem v poli. I když se později provede odplevelení, během příštích let bude produkce nižší, než se očekává. Proto dodržení doporučených kroků odplevelení je velmi důležité. (Zdroj: Dimitriou I.)

Postup odplevelení závisí na původním využití půdy a množství semen v půdě v místě vysazování. Zejména půda, která byla delší dobu neobdělávaná, je ohrožená plevem (Gustafsson a kol., 2007). Příprava pozemku před výsadbou je proto velmi důležitá.

Nejjednodušším způsobem regulace plevelu je použití herbicidů, nebo také mechanické odstranění, i když to může být docela riskantní a náročný způsob. Hubení plevelu je obvykle nutné pouze v prvním roce založení plantáže.

### **Blok 3: Minimalizace chemikálií je pozitivním faktorem ve vnímání RRD obyvateli**

Potřeba použití chemických látek (herbicidy, pesticidy) závisí na různých faktorech. Hlavním faktorem je velikost plantáže. Ruční pletí velkých plantáží je velmi náročná.

Nicméně, aplikace chemických látek by měla být použita minimálně a jen tam, kde je to nutné.

Pole s plevem je vyřazeno z produkce na dobu jednoho roku, během kterého se provádí odstranění vytrvalých plevelů glyfosátem. Pokud vysazovanou plochou je orná půda, lze odplevelení provést na podzim po sklizni pomocí stejného glyfosátu. V případě nadměrného růstu plevelů lze provést kompletní ořezání vegetace, které umožní účinné hubení plevelu. V tomto případě by měl být dostatek času na opětovný růst rostlin a následnou aplikaci herbicidů. Pokud se vyskytují problémy s hmyzem, před orbou mohou být aplikované



organofosfátové pesticidy. Pokud se pak na jaře objeví nějaký plevel, může být udělán další postřik glyphosátem. Aby postřik byl účinný, plevel musí mít aspoň 3-4 listy. Pro takto pozdní aplikaci je důležité, aby se před postřikem na půdě neprováděla žádná činnost (Gustafsson a kol., 2007).

V případě ekologického zemědělství aplikace herbicidů není tolerována. Plevel se musí odstranit ručně. Velikost plantáže hraje důležitou roli pro mechanickou regulaci plevele, což může být u velkých pozemků obtížné. Existují také pokusy s použitím černé fólie (mulčovací fólie), kterou se zakryje půda, aby se zabránilo klíčení plevele.

V případě, že se očekává tvrdá zima nebo jde o ztuhnutou půdu, pole se musí zorat už na podzim, v jiných případech orba může být provedena před výsadbou na začátku jara. Je-li půda těžká nebo jílovitá, doporučuje se mělká orba do hloubky přibližně 6-10 cm. U jiných typů půd bude nutná orba minimálně do hloubky 20-25 cm, a to zejména v případě, že výsadbovým materiálem jsou řízky. Z pole by se měly odstranit velké kameny, které mohou mechanicky poškodit sázecí a sklízecí stroje. Přibližně po deseti dnech je aplikován postřik herbicidy.



**Obrázek 24: Nově vysázené vrby na vyplevelém poli. (Zdroj: Aronsson P.)**

Na nově založených plantážích RRD se může objevit rozsáhlé poškození (Obrázek 26) způsobené králíky, zajíci, srnci nebo hlodavci. Nicméně, oplocení se obvykle nedoporučuje kvůli vysokým pořizovacím nákladům. Oplocení je uvažováno pouze v oblastech s vysokým rizikem takovýchto škod, a to ještě za předpokladu, že existují dotace, které by pokrýly část nákladů. Oplocení by mělo být dočasné pouze během prvních let, kdy jsou RRD více náchylné. V lokalitě s nebezpečím poškození rostlin zvěří, mohou být použité odpuzovače (Obrázek 25). Zvyšuje to ale náklady na přípravu místa a odpuzovače mohou být instalovány pouze na jednodruhové plantáži RRD (Caslin a kol., 2012).



Obrázek 25: Instalace odpuzovače srnčí zvěře v Německu. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 26: Poškozená vrba od srnčí zvěře v Německu: většinou na okraji plantáže. (Zdroj: Rutz D.)

## 4.2 Sazební materiál

Použitý rozmnožovací materiál je určen rozhodnutím o druhu rostlin a rozmnožovacího systému. Je zde několik faktorů, které ovlivňují toto rozhodování. Ty se týkají nejen podmínek vhodnosti odrůdy pro dané místo, ale také záleží na dostupnosti a zaručení dobré kvality rostlinného materiálu, zejména když je zapotřebí velké množství sazebního materiálu. Pro RRD vysázené k produkci biomasy pro energetické účely, nejvíce převládají způsoby pěstování v hustých plantážích s výmladkovým způsobem pěstování (růst po sklizni bez nutnosti nového vysazování), a proto se výsadba řízků (Obrázek 27, Obrázek 28) vyskytuje nejčastěji. Náklady jsou podstatně sníženy ve srovnání s výsadbou sazenic. Méně často jsou plantáže RRD pro energetické použití provedeny jako jednořádkové s mnohem nižší hustotou výsadby. Pro tento případ se často používají sazenice.





**Obrázek 27:** Obvykle pro výsadbu se používají řízky dlouhé 25 cm. Zde je klon topolu Max3. (Zdroj: Rutz D.)



**Obrázek 28:** 20 cm vrbový řízky pro výsadbu (velikostní srovnání s běžnou tužkou). (Zdroj: Aronsson P.)

Výsadbovým materiálem vrb a topolů jsou jednoleté řízky, dlouhé cca 25 cm. Řezný materiál je obvykle sklízen v zimě, kdy rostlina spí. Řízky jsou skladované při teplotě  $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$  do doby několika dnů před výsadbou, kdy jsou dodány v boxech na pole. Je důležité, aby tyto boxy byly uchovávány na poli ve stínu a chladu (Gustafsson a kol., 2007). Jak již bylo zmíněno, komerčně dostupný rostlinný materiál se skládá z vylepšených klonů/odrůd. Mnoho z těchto vyšlechtěných odrůd je chráněno evropskou ochrannou známkou. To znamená, že je nezákoně prodávat reprodukční materiál bez předchozího písemného souhlasu. Proto, řízky jsou vyráběny specializovanými pěstiteli ve školkách na základě smluv a licencí od mateřských společností, které dodávají tento rostlinný materiál pro mechanickou výsadbu. Platí to hlavně pro vrby a topoly. Zemědělci nebo vývojáři projektů by se měli proto obrátit na licencované společnosti vyrábějící a dodávající rostlinný materiál (Obrázek 29) s dostatečným předstihem před výsadbou. Ve většině případů tyto společnosti dávají záruku na minimální produkci dané odrůdy.

Úspěšná produkce závisí na dobré kvalitě sadebního materiálu. Z tohoto důvodu by měly být řízky připravovány z jednoletých výhonků, u kterých se odstraní část špičky. Zasazené řízky by měly mít minimální délku 15 cm a minimální průměr 0,8 cm, aby byla zajištěna odpovídající rezerva živin v rostlině. Vrbové nebo topolové řízky by měly být kvalitní, aby se zabránilo deformaci při sazení. Odbarvení nebo vrásnění povrchu indikuje dehydrataci a tedy špatné podmínky při skladování, které mohou vést k horšímu růstu.





**Obrázek 29: Jednoleté pruty použité k výsadbě plantáže. Pruty jsou poskytnuty místním pěstitelem vrb ve Švédsku. Kvalita sadebního materiálu je nezanedbatelným ukazatelem pro dobrý výnos. (Zdroj: Dimitriou I.)**

Řízky různých druhů používané pro jednořádkovou výsadbu musí být zakoupeny od autorizovaných prodejců nebo školek, které by měly také poskytnout veškeré informace o specifických charakteristikách různých druhů nebo odrůd. Tyto informace jsou velmi důležité, neboť chyby při výběru vhodných odrůd budou v budoucnu stát čas a peníze. U vrb i topolů se doporučuje objednat a vysázet nejprve několik různých druhů, tedy provést diverzifikaci z hlediska náchylnosti k různým chorobám a škůdcům, a tím pak snížit riziko neúspěchu budoucího založení plantáže.

### 4.3 Sázení

Existují různé způsoby výsadby, které mohou být upraveny v závislosti na zvoleném druhu dřeviny, finančním nákladům na pracovní sílu, údržbu, sklizeň atd. Všechny tyto faktory budou analyzovány dále v této kapitole. Je třeba poznamenat, že se zde řeší především výsadba řízků a údržba mlází. Tyto postupy jsou podobné a široce používané na lesní půdě.

Je důležité pečlivě naplánovat proces výsadby, aby údržba a sklizeň byla prováděna efektivně a aby bylo dosaženo co nejefektivnějšího využití prostoru. Výsadba v řadách je nejvhodnější metodou výsadby RRD. Řádky by měly být tak dlouhé, jak je to jen možné. V ideálním případě koncem řádku by mohla být přístupová cesta. Na konci řady musí zůstat oblast 8-10 metrů pro otočení techniky, také nazývaná jako „úvrat“, protože sklízecí stroj potřebuje prostor, aby se mohl otočit.

**Sází se obvykle na jaře** -duben až květen v Severní Evropě a o něco dříve v Jižní Evropě, kde podmínky umožňují dřívější přípravu půdy. Sadba řízků je možná i v pozdějším období (květen nebo červen) pokud je sadební materiál uchován při nízkých teplotách. Dřívější sadba nabízí možnost delší sezóny pěstování. Řízky začnou kořenit, pokud mají dost vláhy a tepla. Klíčové je množství vody, a proto při výsadbě je potřeba se vyhnout dlouhým suchým obdobím. Je dobré sledovat předpověď počasí a vhodně zvolit dobu pro výsadbu.

Častou praxí se stává, že v prvním roce se výhonky RRD seřezávají („cutback“). Více nových výhonků pak zajistí lepší zakořenění během druhého roku. Seřezání po prvním roce neprokázalo vyšší produkci biomasy v průběhu životnosti plantáže, a proto ho nelze doporučit jako povinný postup. Seřezání lze provádět pomocí sekačky, sekacího nože nebo určitým typem kosy. Velikost seříznutí vysazené plodiny je stále sporně diskutována.

Bylo provedeno několik výzkumů ohledně hustoty porostů a návrhu plantáží. Rozhodnutí jak sázet závisí na druhu dřeviny a zvoleného stávajícího strojního zařízení, které je k dispozici

pro sklizeň. Pokud se sklizeň provádí speciálně navrženými stroji pro RRD, přednost se dává dvouřádkovému systému výsadby (viz Kapitola 2.3), který umožňuje technice vjet na pole s RRD i po 3-4 letech růstu, aniž by došlo k poškození stromků. Tento systém znamená: vzdálenost 1,50 a 0,75 m v rámci dvou řad za sebou, vzdálenost řízků v řadách 0,5 - 0,8 m (v závislosti na umístění, klonech nebo použitých druzích). Tento návrh vyžaduje 5 000-20 000 řízků na hektar, v závislosti na druhu. Obecně jsou vrby zasazeny hustěji v porovnání s topoly.

Výsadba může být provedena různými způsoby. Jednou z možností je použití speciálně konstruovaného mechanického sázečního stroje, který používá jednoleté pruty jako rozmnožovací materiál (Obrázek 30). Mohou se sádit 2 nebo 3 dvouřádky současně. Tyto stroje sami automaticky dělají řízky z proutí a zároveň je zasazují do dvouřádků. Rychlost sadby tímto strojem je přibližně jeden hektar za hodinu. Ostatní stroje jsou schopny pouze zasazovat předem připravené řízky (Obrázek 31).



**Obrázek 30: Stroj na sázení vrb. Sází se do tří dvouřádků. Je potřeba 4 lidí pro sadbu a jeden řidič. (Zdroj: Nordh N-E.)**





Obrázek 31: Sázecí stroj pro automatické vysazování topolů. (Zdroj: Wald 21)



Obrázek 32: Manuálně sazené topoly - 50 cm řízky. (Zdroj: Dimitriou I.)



**Manuální sázení** může být vhodné v případě, že mechanické stroje pro výsadbu buď nejsou k dispozici, nebo jsou příliš daleko a nebyly by nákladově efektivní (Obrázek 32, Obrázek 33, Obrázek 34). Ruční výsadba se volí také, pokud mzdové náklady jsou nižší, než pronájem zařízení, nebo v případě, že pozemky jsou malé (obvykle do 1 ha). V tomto případě je důležité, aby byly řádky vzájemně rovnoběžné a byla dodržena vzdálenost mezi řadami rostlin, aby se zabránilo jejich vzájemnému působení. V praxi se k zajištění správné vzdálenosti používají „vodící linky“.



**Obrázek 33:** Zatačení řízky do země vždy pupenem nahoru! (Zdroj: Rutz D.)



**Obrázek 34:** Zatačení do země pokud je půda příliš pevná. (Zdroj: Rutz D.)

Aby se dosáhlo vyšší produkce, byly pro pěstování vrb a topolů zkoušeny i jiné sázeční systémy nahrazující dominantní dvouřádkový systém. Jedním takovým systémem je horizontální metoda výsadby (Obrázek 35) z vrbových prutů. Místo toho, aby řízky byly vsazeny do půdy vertikálně, celé pruty jsou zasazeny do půdy horizontálně. Tento způsob výsadby je hodně používán pro stabilizaci svahů a u říčních břehů. Výsledky ukazují, že produkce biomasy s horizontálním způsobem výsadby může být stejně vysoká jako v případě dvouřádkového systému, ale následná údržba (sklizeň) může být náročná. Kromě toho v případech, kdy se platí licenční poplatky, umožňující pěstování RRD, horizontální výsadba může být pro zemědělce dražší, protože je zapotřebí více rostlinného materiálu než při výsadbě řízků do dvouřádkového systému.



Obrázek 35: Horizontálně položená vrba – nutno zasypat zeminou. (Zdroj: Rutz D.)

Po výsadbě musí být povrch upraven pro vytvoření nejlepších podmínek pro případnou aplikaci herbicidů. Nicméně je třeba provést úpravy v závislosti na vlastnostech půdy a množství plevelů. Pokud jsou použité sázecí stroje, půda je upravovaná automaticky.

#### 4.4 Údržba plantáže

Existují různé kroky údržby plantáže po výsadbě RRD, které budou podrobně popsány v této části příručky v chronologickém pořadí. Důraz je kladen na široce používané druhy vrb a topolů pěstovaných na výmladkových plantážích na zemědělských půdách. Jedno-kmenové plantáže jiných druhů rychle rostoucích dřevin jsou udržované podobně jako při lesnické činnosti.

**Odplevelování po výsadbě:** Jak bylo zmíněno dříve, boj proti plevelům je nesmírně důležitý při založení plantáže RRD. Zahrnuje to boj proti plevelům nejen před výsadbou, ale i během prvního roku po ní. Hubení plevelů je důležité, protože mladé rostliny s ním soutěží o světlo, vodu a živiny. Na plantážích se spoustou plevelů budou rostliny RRD slabší a porostou pomaleji. Jako způsob ochrany je aplikace vhodného herbicidu, aby se zabránilo klíčení plevelů (Gustafsson a kol., 2007). Jak je vysvětleno v Kapitole 4.1, může se uvažovat i o mechanickém hubení plevelů, a to zejména na menších pozemcích.

Později, jakmile účinek herbicidu vyprší, je třeba plantáž pravidelně kontrolovat, aby se zjistilo, zda není zapotřebí další odplevelování. Během tohoto období mohou být nutná mechanická opatření (Obrázek 36) pro udržení plevelů pod kontrolou. Pokud se provádí odplevelování pomocí kultivátoru, je doporučeno ho provést celkem třikrát během sezóny. Nicméně pokud se manuálně bojuje proti plevelu, může být nutná další údržba (např. 6x-8x, v závislosti na místě). Načasování pro pletí po zasazení RRD má zásadní význam pro potenciální úspěch plantáže. Při pěstování vrb je pravidlem začít s mechanickým hubením plevelů, pokud jsou 2-3 druhy plevelů vyšší než 8 cm. Pokud se provádí hubení plevelů podle doporučení, pak nebude v průběhu dalších let třeba žádná jiná likvidace plevelů, protože RRD budou mít více světla a tepla než plevel.





**Obrázek 36: Jednoleté vrby, kterým dominuje plevel. Pole může být ošetřeno pouze mechanickým pletím, protože se začaly objevovat vrbové listy (není patrné z obrázku). (Zdroj: Dimitriou I.)**

**Opatření proti škůdcům:** V případě problémů se škůdci na určitém místě, může být použit insekticid spolu s herbicidem, protože touto dobou bude hmyz ještě ve fázi larev, a proto se snadněji vyhubí. Doporučují se velkoobjemové aplikace (místo koncentrovaných nízkoobjemových), protože dobře pokryjí povrch a dostatečně proniknou do půdy. Nicméně, je třeba, aby použité chemikálie byly pečlivě posouzeny. Ve většině případů aplikace insekticidů není nutná.

**Seřezávání po jednom roce:** Jak již bylo zmíněno, seřezání rostlin v zimním období (po opadání listů) po prvním roce růstu může být vykonáváno pro lepší růst výhonků a pro lepší kořenový systém ve druhém roce pěstování. Během prvního vegetačního období budou mít zasazené řízky 1-3 výhonky v závislosti na klonu s maximální výškou 2-3 m. K seřezání by mělo dojít co nejbliž u země pomocí speciální vratné sekačky, která by měla provádět čistý řez. Jiné typy sekaček mohou způsobit nadměrné poškození.

Seřezání je i nadále velmi kontroverzním tématem. Touto úpravou zatím nebyla prokázána vyšší produkce biomasy. Z tohoto důvodu nemůže seřezávání být doporučeno jako povinné opatření. Seřezávání je vhodným druhým úpravou při použití herbicidů.

Seřezávání se doporučuje u výsadby topolů (Obrázek 37). Tento postup podporuje rozvoj a růst jednoletého stonku. Nicméně, zkušenosti ukázaly, že úsilí je příliš vysoké a přínosy zanedbatelné.



**Obrázek 37: Jednoleté topoly, které byly seřezané pro zlepšení růstu nových výhonku v Německu. (Zdroj: Rutz D.)**

**Hnojení:** Stejně jako zemědělské jednoleté rostliny vyžadují hnojení, tak i RRD potřebují dohnojení živin, které byly sklizní odebrány. V případě RRD je vhodné znát přesnou skladbu půdy a stav živin. V několika zemích byl proveden rozsáhlý výzkum o množství a frekvenci hnojení pro hlavní druhy RRD (vrby a topoly) a bylo zjištěno, že není možné navrhnout konkrétní doporučení, protože ve většině případů jsou potřeby hnojení místně specifické.

Hnojení během prvního roku růstu se nedoporučuje, aby se nepodporoval růst plevelů, protože kořenový systém RRD ještě není plně funkční a není proto zajištěna účinná absorpce hnojiva. Některé experimenty dokonce ukázaly, že na středních až úrodných půdách, hnojení nemá pozitivní vliv na růst, a to zejména v počátečních fázích. Hnojení se provádí obvykle dusíkem, který je nutné dodávat plantážím RRD při počáteční úpravě půdy, protože během sklizně v předchozích letech se do půdy dodává fosfor a draslík. Z tohoto důvodu mohou být použita anorganická dusíkatá hnojiva (Aronsson a kol., 2014).

Může být také použita kalná voda z místních čistíren odpadních vod (později bude zmíněno), ale měla by být doplněna o dusík. Potřebné množství dusíku se liší v závislosti na věku plantáže RRD a na vývoji výhonků. Na starších plantážích se bude dusík uvolňovat z vrstvy spadaneho listí, což znamená menší potřebu hnojiva. V zásadě se jedná o množství dusíku obsaženého ve výhoncích, které se odstraní při sklizni, toto množství musí být nahrazeno hnojením.

Množství živin potřebné pro vrby se liší, v průměru je to 150-400 kg dusíku/ha, 180-250 kg draslíku/ha a 24-40 kg fosforu/ha za 3 roky vegetačního cyklu za předpokladu produkce biomasy asi 8 t sušiny/ha/rok. Pro srovnání se podařilo zjistit, že intenzivně spravovaná louka vyžaduje asi 900 kg dusíku/ha po dobu více než 3 let, což ukazuje na nízké požadavky RRD ve srovnání s jinými plodinami. Pro výpočet potřebného množství dusíku pro hnojení

hraje značnou roli účinnost jeho využití. Významný podíl bude použit pro úpravu půdní mikroflóry, něco se ztratí do atmosféry, nějaká část se uloží v rostlině do kořenů a listů, poslední zmíněné budou později přirozeně recyklovány.

Fosfor a draslík obvykle není nutno doplňovat. Umělé zvyšování množství fosforu v půdě vyžaduje několik let po sobě následujících aplikací, nízké požadavky RRD však takové aplikace považují za zbytečné. Draslík je relativně stabilní prvek v půdě, a proto je pro snadný příjem rostlin vždy k dispozici. Vrácení popele ze dřeva zpět na místo sklizně (více informací o těchto praktikách je uvedeno dále v této příručce) může nahradit většinu draslíku odebraného z plantáže během sklizně.

Dále je uveden pouze velmi hrubý přehled potřebného množství hnojiva pro RRD. Běžné hodnoty jsou 120-150 kg dusíku/ha/rok, 15-40 kg fosforu/ha/rok a 40 kg draslíku/ha/rok (Gustafsson a kol., 2007). Podobné postupy výpočtu by měly být použity i pro jiné druhy rostlin, které se používají jako RRD. Potenciální zemědělec by měl brát v úvahu, že hnojení plantáží RRD technikou může být možné pouze v průběhu prvního, někdy i druhého roku růstu, ale už ne ve třetím nebo čtvrtém roce z důvodu výšky rostliny, která neumožňuje přístup stroje na plantáž bez velkého rizika poškození rostlin.

Nedávný výzkum vlivu hnojení plantáží pěstovaných s nově vyšlechtěnými klony ukázal, že hnojení výrazně přispělo k vyšší produkci biomasy (Aronsson a kol., 2014). Poskytuje to odpověď na otázku, zda by měl zemědělec hnojit nebo ne? Pravděpodobně to znamená, že plantáže s nově vyšlechtěným materiálem potřebují větší množství dusíku v hnojivě (pokud ovšem nedochází k jeho vylučování, což není tento případ). Nicméně, odpověď na otázku, zda zemědělec potřebuje hnojit, nebo ne, stále závisí na aktuální ceně hnojiva a očekávaném zvýšení výnosu.



## 5 Sklizeň RRD

Sklizeň je velmi důležitou částí životního cyklu RRD, neboť zahrnuje 50 až 80 % celkových výrobních nákladů (Liebhard 2007) a výrazně ovlivňuje ekonomiku projektu RRD.

Sklizeň se provádí v zimě po opadání listů, a v ideálním případě, kdy je půda zmrzlá. V závislosti na účelu konečného produktu se sklizeň RRD provádí v intervalech 2-20 let. K dispozici jsou různé postupy, technika a sklízecí zařízení. Vše závisí na následujících faktorech:

- **Druhu plodin a rozmanitosti:** množství a průměr stonků
- **Požadovaný konečný produkt:** dřevní štěpka, pelety, dřevo
- **Kvalita konečného produktu:** tvar dřevní štěpky, obsah vlhkosti
- **Dostupnost strojů:** vlastní stroje nebo spolupráce s dodavatelem
- **Druh plantáže:** jednořádkový nebo dvouřádkový systém pěstování, vzdálenost mezi řadami
- **Velikost a sklon ploch:** velké nebo malé plochy, svažité terén
- **Množství vytěženého dřeva:** logistické požadavky, interval těžby
- **Druh půdy:** snadný pohyb těžkých strojů po plantáži

Obecně platí, že kmeny by měly být seřezávány při první sklizni v blízkosti země, a při následující sklizni asi o 1-2 cm výše. Řez by měl být ostrý, bez rozštěpení a horizontální, aby se minimalizovala velikost plochy řezu.

### 5.1 Výnosy

Výnosy plantáže velmi závisí na jejím umístění, které ovlivňuje převážně podnebí (teplota a dostupnost vody) a typ půdy. S cílem maximalizovat výnosy musí být druhy, odrůdy a klony pečlivě vybrány pro každé místo. V severní Evropě je hlavním kritériem pro výběr odrůdy odolnost vůči mrazu, zatímco v jižní Evropě, to může být odolnost vůči suchu. Vzhledem k velkým rozdílům v rámci Evropy jsou v Tabulce 8 uvedeny některé klíčové charakteristiky a výnosy pro vrbu, topol a akát.

Kromě abiotických faktorů prostředí, výnosy značným způsobem ovlivňuje i lidský faktor: postupy údržby, výběr druhů a odrůdy RRD, ochrana plantáže proti škůdcům a plevelu, vyhodnocení nutnosti hnojení.

Cyklus sklizně (interval) závisí na účelu konečného produktu. Typicky je 1-7 let, ale doba také může být prodloužena na 20 let. Obvykle po 20 - 30 letech se pěstování ukončí, plantáž se zorá a buď se opětovně vysází stejnou dřevinou, nebo ji nahradí jiná plodina.

Proveditelné roční výnosy v Evropě jsou v rozmezí 5-18 t/ha suché štěpky (sušina o 0% vlhkosti). Celkové množství biomasy z jedné sklizně se uvádí jako roční výnos biomasy a množství vlhkosti, která je pro čerstvě vytěžené dřevo obvykle 55%. Příklad: za 4 sklízecí cykly výnos byl 80 t čerstvé biomasy z hektaru při 50% vlhkosti. Po vysušení vzniklo 40 t suché štěpky, což odpovídá roční sklizni 10t/ha suché štěpky.

Obvykle výnosy po první sklizně jsou nižší, než výnosy při druhé a třetí sklizni. Poté v závislosti na rámcových podmínkách se výnosy stabilizují, později se mohou snížit, jakmile plantáž zestárne. Obecná doporučení, jak maximalizovat výnosy jsou uvedeny v Bloku 4.



Tabulka 8: Přehled hlavních charakteristik RRD (Zdroj: modifikace po Dallemand kol. 2007)

Druhy	Vrba	Topol	Akát
Část Evropy	Severní střední a západní Evropa	Střední a jižní Evropa	Středomoří, Maďarsko, Polsko
Množství sazenic/ha	12 500–15000	8000 –12 000	8000 –12 000
Sklízeční cyklus (roky)	1 - 4	1 - 6	2 - 4
Průměr kmene při sklizni (mm)	15 - 40	20 - 80	20 - 40
Průměrná výška při sklizni (m)	3,5 – 5,0	2,5 – 7,5	2,0 – 5,0
Množství sklizené biomasy (čerstvý materiál t/ha)	30 - 60	20 - 45	15 - 40
Množství vody ve dřevě (% hmotnosti)	45 - 62	50 - 55	40 - 45

**Blok 4: Jak optimalizovat výnosy RRD? (modifikováno po Lindegaard 2013)**

**Plánování:** Je dobré začít promýšlet návrh plantáže RRD již rok před výsadbou. Zaručí to dostatek času na přípravu půdy v nejlepší možnou dobu. S odplevelením a orbou pole se může začít na konci leta nebo na začátku podzimu.

**Kvalita půdy:** Stejně jako u jiných plodin i u RRD nejvíce záleží na výběru vhodného pozemku. Proto je nutné znát klíčové vlastnosti půdy, jako je kvalita, složení a dostupnost vody. Pokud rostlinu zasadíte pro ni na nevhodnou půdu, pak nemůžete očekávat uspokojivé výsledky. Například vrbě se nejlépe daří na úrodné půdě s pH od 5,5 do 8,0, dobře roste na těžkých půdách hnědozemě s vysokým obsahem jílu, nesnáší prachovité a lehké písčité půdy. Vrba potřebuje množství ročních srážek mezi 600 – 1000 mm. Pokud srážky významně ovlivňují hladinu vody v polních stokách, pak se doporučuje dodržení vzdálenosti minimálně 30 metrů od žlabů. Stejně jako u všech plodin, efektivnost nákladů je dosažena pěstováním na velkých, pravidelně osazovaných polích. Menší nebo neobvykle tvarovaná pole zvyšují náklady a čas na údržbu a sklizeň.

**Kontrola výskytu plevelů:** RRD rostou velmi rychle, ale škodí jim plevel. Odplevelování začíná s přípravou půdy na podzim a pokračuje v průběhu prvního roku po založení plantáže. Pokud je to možné, plantáž by měla být ošetřena technikou bez použití chemických látek, údržba ale závisí na velikosti pozemku, plevelných rostlinách, druhu RRD atd.

**Výběr klonů:** RRD by měly být důkladně testovány a schváleny ještě před jejich výsadbou. Klony mají mnohem vyšší výnosy než nevyšlechtěné odrůdy. Pro pěstování jsou vhodné druhy, které jsou vyšlechtěné v oblasti budoucí plantáže. Pro výsadbu potřebujete směs odrůd, které nabízí vysoké výnosy a jsou vysoce odolné vůči nemocem a škůdcům. Výběr správných klonů je zásadní pro úspěšné pěstování.

**Spolupráce s vaším dodavatelem výsadby:** Ve většině případů nebudete pěstovat RRD sami, ale požádáte o spolupráci firmu. Obrátte se na vybraného dodavatele rok před plánovaným založením plantáže a požádejte ho o reference. Zeptejte se ostatních zemědělců na jejich zkušenostech s daným dodavatelem. Prázdná místa v plantáži, kde řízky neklijí, jsou často spojené s chybami při výsadbě. V případě, že výsadba trvá déle,

provádí se pečlivě, pak množství prázdných míst lze snížit. Zapamatujte si: kvalita výsadby je důležitější než nízká cena.

**Zaplnění mezer:** Většinou při mechanické výsadbě vzniknou prázdná místa. Po seřezání (první sklizni) budete mít k dispozici spoustu sadebního materiálu navíc, do mezer můžete dát i 1 m vysoké pruty nebo řízky, závisí to ale na použité odrůdě plodiny.

**Redukce poškození způsobené zvířaty:** Vysoká zvěř, zajíci a hlodavci mohou způsobit vážné škody na nových plantážích. Spolupráce s místními lesníky je vhodná pro regulaci počtů zvěře. Je vhodná instalace pachových odpuzovačů zvěře nebo oplocení pozemku, je to ale velmi drahá investice, v dlouhodobém horizontu však může stát za to. Celkový výnos za 20 let hodně závisí na prvních měsících provozu plantáže po vysazení, a proto je nutné potřebné oplocení pečlivě zvážit.

**Hnojení organickým hnojivem:** RRD se daří na půdě bohaté na živiny. Měli byste přihnojovat plantáže organickým hnojivem jako je kejda, zpracovaný čistírenský odpad, hnůj nebo digestát z bioplynových stanic. Nejlepší je použití hnojiva při založení plantáže a po sklizni. Hnojení ve větším množství obvykle potřebují "starší" plantáže. Nezapomeňte dodržovat nařízení, právní předpisy a podmínky, které by mohly být relevantní pro hnojení konkrétního pozemku.

**Maximalizace sklizně:** když nastane čas pro sběr úrody, chceme mít jistotu, že všechny plodiny z plantáže budou sklizeny. V mnoha případech o to požádáte sklízecí firmu, jejíž zkušenosti jsou nezbytné, aby se minimalizovaly chyby strojů, obsluhy a nedocházelo k vysypání úrody z přeplněných přívěsů. Také je důležité, aby nože kombajnu byly správně nastavené tak, aby řez byl nejnižší, v místě, kde je stonek nejtlustší. Kromě toho, pro lepší opětovný růst je důležité, aby nože byly velmi ostré a nedocházelo ke štěpení kmene.

**Minimalizace ztrát:** Snažte se minimalizovat ztráty při skladování sklizeného materiálu. Způsob skladování a následné zpracování (sušení) štěpky závisí na způsobu sklizně, čase, kdy musí být k dispozici pro odběr, a potřebných vlastnostech dřevní štěpky (vlhkost). Musíte proto zajistit nejlepší způsob skladování při minimalizaci nákladů a snížení ztrát.

## 5.2 Sklízecí cykly

Typický cyklus sklizně (interval) je 1-7 let, ale doba může být také prodloužena na 20 let. Obvykle po 20 - 30 letech se pěstování ukončí, plantáž se zorá a buď se opětovně vysází stejnou dřevinou, nebo ji nahradí jiná plodina. Pro délku cyklu nejsou daná žádná striktní pravidla, o sklizni by se mělo rozhodnout na základě zvážení různých rámcových podmínek (Armstrong 2002). O termínu sklizně rozhoduje provozovatel RRD plantáže, který posuzuje načasování podle následujících faktorů:

- **RRD druhy:** nejlepší načasování pro opětovný růst a maximalizace výnosů u konkrétní plodiny.
- **Místo:** rostlina je na vrcholku své produktivity, jestliže má bohatou korunu a listů zachycuje nejvíce slunečního světla.
- **Požadovaný konečný produkt:** dřevní štěpka nebo kusové dřevo, kvalita materiálu.
- **Dostupnost a těžební techniku:** na vrcholu období sklizni mohou být dodavatelé plně obsazeni, proto je nutné termín sklizně zavčasu naplánovat.
- **Stav půdy:** sklizeň se provádí na suché a/nebo zmrzlé půdě. V některých oblastech, je lepší sklizeň časově odložit, dokud nebudou půdní podmínky dost dobré, aby sklizeň nepoškodila půdu a rostliny.

- **Načasování z finančního hlediska:** záleží na celkových cílech a možnostech provozovatele.
- **Cena štěrky:** provozovatelé mohou "čekat" na vyšší výkupní ceny, které nejsou předvídatelné a závisí na různých předpokladech.
- **Vlastní požadavky:** pokud se dřevní štěrka používá pro vlastní vytápění, měla by být k dispozici každý rok.
- **Další výhody:** načasování vedoucí ke zvýšení biologické rozmanitosti a ochraně zvěře.

Načasování sklizně má velký dopad na logistiku. Čím je delší interval mezi sklizní, tím vyšší je množství sklizené biomasy, které je násobkem jednorocní úrody a počtu let. Někteří provozovatelé nemusí mít potřebnou kapacitu skladovacích prostor, kamionů a pracovní síly, aby se vypořádali s velkým množstvím biomasy po sklizni po dlouhém intervalu. Pro usnadnění a minimalizaci rizika se doporučuje uspořádat a rozdělit plantáže tak, aby každý rok byla provedená sklizeň na nějaké části pozemku.

Kromě toho pro načasování sklizně jsou důležité použité technologie. Starší rostliny jsou silnější a těžší, a proto je třeba použít více strojních zařízení. Obecně platí, že průměry kmene u hranic pozemku, jsou větší, protože stromy získávají více světla a vody, než rostliny uprostřed plantáže.

### 5.3 Vlastnosti sklizeného materiálu

Obvykle konečným produktem RRD je štěrka, která se používá pro spalování. Dřeviny mohou být také použity pro výrobu celulózy, papíru nebo jiných bioproduktů. V Německu se předpokládalo, že velké množství vyrobené štěrky se využije pro výrobu BtL (tekutá biomasa) a biopaliv (Rutz a kol., 2008).

V závislosti na způsobu sklizně se vyrábí různé meziprodukty, které ovlivňují vlastnosti dřevní štěrky, zejména velikost, tvar a obsah vody. Meziprodukty mohou být rozděleny do následujících kategorií (DEFRA 2014):

- **Pruty:** sklizené RRD délky až 8 m
- **Svazky:** svázané pruty
- **Polínka:** pořezaný materiál délky 5 – 15 cm
- **Štěpka:** pořezaný materiál do velikosti 5 x 5 x 5 cm

Sklízecí metody pro meziprodukty se nazývají "sklizeň celých stromů", „sklizeň na štěrku“ nebo „sklizeň a štěpkování“, „sklizeň na polínka“ nebo "sklizeň celých svazků" (Kofman 2012).

Čerstvě sklizené dřevo má vlhkost 40 – 60%. Mnoho odběratelů štěrky, zejména spotřebitelů s kotlem malého objemu, požadují vlhkost pod 30%. Čím je nižší vlhkost, tím je vyšší kvalita štěrky a lepší skladovatelnost.

Volné pruty (Obrázek 466) a svazky mohou být skladovány na úvrati pole po dobu 4-6 měsíců, než se jejich vlhkost sníží na 30%. Ukládat svazky lze taky nastojato s rozestupy, které umožní přirozenou ventilaci a pruty snadno proschnou (Kapitola 5.5).

Proschnutí na poli má pozitivní dopad na kvalitu dřeva. Suché dřevo by se však již štěpkovat nemělo. Čerstvý materiál je pro štěpkování mnohem „přizpůsobivější“ než štěpkování suché biomasy. Navíc vlhká štěrka tvoří homogenní celek, zatímco štěrka ze suchého dřeva se rozdrťí na třísky.



## 5.4 Sklízecí metody

K dispozici je několik sklízecích metod. Rostliny lze sklízet a štěpkovat v jednom kroku nebo pouze sklídit a nechat vyschnout.

Existuje také několik sklízecích technologií, které lze využít při sklizni. Od automatického sklízecího stroje po ruční sklizeň. V Tabulka 9 je přehled možných strojních zařízení.

Pro sklizeň RRD se používají tyto stroje, které prochází neustálým vývojem:

- **Harvestor pro RRD:** Lze využít také běžné kombajny používané v lesnictví, ačkoli jsou tyto kombajny dělané na větší průměry kmenu, než mají RRD. Běžné kombajny obvykle nemají k dispozici zařízení pro štěpkování, proto je třeba využít další stroje. Někdy lze řeznou hlavici nainstalovat také na bagr (Obrázek 41).
- **Zařízení připojené na traktor:** Traktor vybavený sklízecím zařízením může být v různých variantách. Přídavné zařízení může buď sklízet a zároveň štěpkovat, nebo dělat jen jednu funkci. Štěpkování může probíhat jak podélně tak příčně (Ehlert a kol. 2013).
- **Stroj s vlastním pohonem:** specializované kombajny s vlastním pohonem (Obrázek 399, Obrázek 4040) nebo modifikovaný kombajn (Obrázek 388), který sklízí a zároveň štěpkuje, je podobný stroji pro silážování kukuřice. Existuje několik dodavatelů těchto strojů. K dispozici jsou i kombajny, které vážou svazky.

Na obrázcích níže lze vidět spojení dvou strojů Claas - Jaguar (Obrázek 388), Austoft (7700) a New Holland (Obrázek 399, Obrázek 4040). Budou-li se RRD více pěstovat, lze v nadcházejících letech očekávat jejich vylepšení.



Obrázek 38: Harvestor Claas (Jaguar) pro RRD s vlastním pohonem. (Zdroj: Dimitriou I.)





Obrázek 39: Kombajn New Holland s vlastním pohonem a úložným prostorem. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 40: Nože kombajnu New Holland (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 41: Hlavice harvestoru napojená na bagr v Rakousku. (Zdroj: Mergner R.)

Pro velmi tenké pruty, například vrbové, existuje takzvaný “Biobalič” (Obrázek 42). Tento nový způsob skladování vyvinula společnost Anderson, který vytváří z 2,5 cm tlustých a 120 cm dlouhých kmenů kulaté balíky, podobné balíkům sena, připravené pro průmyslové využití. (Caslin a kol. 2010).



Obrázek 42: „Biobalič” od Andersons Kanada. (Zdroj: Anderson Group)

Stroje pro štěpkování (Obrázek 444) jsou již k dispozici například od Jenz, Komptech, Husman, Jensen, Pezzolato, Spapperi, Heizomat, Vogt, a jiné. Jsou jak mobilní, tak stacionární typy, které mohou být připojeny k traktoru nebo pracovat samostatně. Pro doplňování zásobníku štěpkovače je většinou potřeba použít jeřáb. Existují tři technologie štěpkování:

- **Bubnový štěpkovač:** má rotující velký ocelový buben až s 20 noži namontovanými na něm. Buben se točí směrem k výstupnímu žlabu a slouží také jako podavač. Štěpkovače tohoto typu jsou velmi hlučné a potřebují speciální bezpečnostní opatření, protože mohou vést ke zranění nebo smrti v případě neopatrnosti. Vyrobená štěpka je velká, a je-li vložen velmi tenký materiál, naštěpkuje ho na kolečka nikoli na štěpku. Moderní bubnové štěpkovače jsou schopné zpracovat kmeny o průměru 15–50 cm.
- **Diskový štěpkovač:** Diskový štěpkovač má ocelový disk s 2-4 noži. V tomto provedení reverzibilní hydraulicky poháněná kola posouvají materiál z násypky směrem k disku, který je kolmo ke vstupnímu materiálu. Disk se otáčí a nože štěpkují materiál, který je vyhozen skluzem z disku. Tento typ není tak účinný jako bubnový štěpkovač, ale produkuje štěpku stejného tvaru a velikosti. Moderní diskové štěpkovače jsou schopny zpracovat kmeny o průměru 15-46 cm. K dispozici jsou průmyslové diskové štěpkovače s průměrem disku 4,1 m.
- **Šroubový štěpkovač:** Vnitřek štěpkovače se skládá z točícího se kónického šroubu. Tento šroub má dlouhou čepel a hrany naostřené pro řezání dřeva. Otáčení čepele štěpkovače je nastaveno na směr rovnoběžný s podávacím otvorem, materiál je vtažen na ostří spirálovým pohybem.

Kombajny používané v lesnictví jsou obvykle velmi těžké stoje, což může způsobit potíže při manipulaci na plantážích RRD. Tyto kombajny vyrábějí firmy: John Deere, Caterpillar, Hyundai, Valmet, Rottne, Dorfmeister a další.



Tabulka 9: Sklízecí metody a jejich charakteristika (Zdroj: LWF 2011, Kofman 2012)

Popis	Charakteristika
<b>Manuální sklizeň</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Řezání pomocí motorové pily, křovinořezu apod.</li> <li>• Ruční sběr stromů nebo pomocí traktoru</li> <li>• Skladování celých stromů pro sušení nebo rovnou jejich štěpkování</li> <li>• Ruční podávání do malého štěpkovače nebo použití jeřábu</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Možný osobní přínos</li> <li>• Náročná a nebezpečná práce</li> <li>• Nízká produktivita</li> <li>• Menší nákladů</li> <li>• Vhodné pro malé pozemky do 5 ha a pro vlastní potřebu</li> <li>• Nutné alespoň dvě osoby</li> </ul>
<b>S využitím kombajnu</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Sklizeň větších stromů s využitím strojů z lesnictví</li> <li>• Sběr stromů nebo svazků traktorem</li> <li>• Skladování celých stromů pro sušení nebo jejich štěpkování</li> <li>• Využití jeřábu pro podávání do štěpkovače</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Téměř vše obstarávají stroje</li> <li>• Možné sušení na poli</li> <li>• Obvykle vysoké náklady na sklizeň – službu provádí obvykle firma</li> <li>• Ekonomicky vhodné pro větší plochy (nad 5 ha)</li> <li>• Vhodné pro všechny druhy kotlů na štěpku</li> </ul>
<b>Strojní sklizení a další mechanizace</b>	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Strojní zařízení musí být nachystáno</li> <li>• Sklizeň a štěpkování se provádí současně</li> <li>• Přívěsy pro převoz štěpky musí být k dispozici v době sklizně</li> <li>• Štěpka je skladuje a suší.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Téměř vše obstarávají stroje</li> <li>• Ekonomicky výhodné pro středně velké pole</li> <li>• Vhodné i pro velké odběratele štěpky (např. teplárny)</li> <li>• Sušení štěpky může být nákladné</li> <li>• Jedná se o velmi kvalitní štěpku, čerstvě nasekaná štěpka vytváří homogenní hmotu</li> </ul>



Obrázek 43: Sběrač v Rakousku. (Zdroj: Mergner R.)



Obrázek 44: Štěpkovač na traktoru v Rakousku. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 45: Sklizené vrby ve Švédsku (dvouřádkový systém). (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 46: Uložené vrby na kraji plantáže ve Švédsku. (Zdroj: Rutz D.)

### 5.5 Sušení a skladování štěpky

Dřevní štěpka, celé stromy a svazky mohou být uloženy na úvrati těchto plantáží nebo převezeny na místo, kde budou později použity.

Velmi důležitým faktorem je obsah vody ve dřevě (Tabulka 10). Vysušením na vzduchu se může snížit vlhkost z 50 – 55 % až na asi 30 % během několika měsíců.



Tabulka 10: Obsah vody ve čtyřech kategoriích

Kategorie	w (obsah vody)
Úplně suché dřevo	0%
Vzduchem sušené dřevo	15%-20%
Skladované dřevo	< 30-35%
Čerstvé dřevo	> 50%

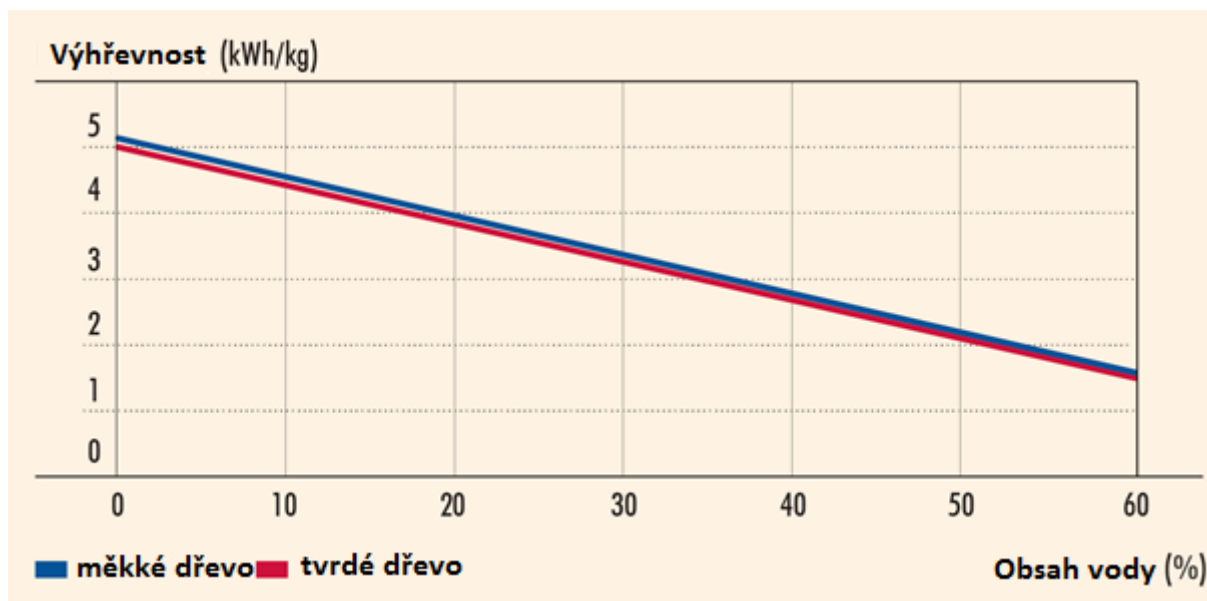
Uložení čerstvé štěpky na delší dobu může mít svá rizika (Zdroj: LWF 2012):

- **Ztráta:** 2-4 % se znehodnotí za měsíc díky probíhajícím biologickým procesům
- **Zdravotní rizika:** Produkce sporů hub, které jsou zdravotním rizikem pro lidi
- **Kvalita:** Zvýšení obsahu vody v důsledku srážek v nezastřešených skladech
- **Risk poškození techniky:** Zmrzlá štěpka tvoří pevnou hromadu, se kterou je obtížná manipulace, navíc může obsahovat kamínky, které poškodí techniku
- **Samovznícení:** mikro-bakteriální činnost způsobuje zvýšení teploty, které může vést k samovznícení
- **Environmentální vlivy:** zápach může obtěžovat sousedy a výluh může znečistit vodu

Nicméně štěpka, která byla vysušená na vzduchu, má 30% vlhkost, může být bezpečně uložena na otevřených plochách. Sušení v zastřešených plochách zpomaluje proces sušení z důvodu zpětného sražení vody při odpařování, je nutno zajistit dobré větrání.

V ideálním případě by vlhkost ve štěpce měla být snížena na úroveň pod 20 %. Evropské normy rozdělují štěpku do 5 kategorií podle obsahu vody (množství vody v čerstvé hmotě): M20, M30, M40, M55, M65 (Rutz a kol., 2012). Pokud je obsah vody příliš vysoký, štěpka je citlivá vůči mikroorganismům. Jejich aktivita vede ke zvýšení teploty materiálu, který se může dokonce samovolně vznítit ve skladovacích zařízeních.

Čím vyšší je obsah vody (viz Blok 5), tím je nižší účinnost spalování (viz kapitola 8.3), neboť část energie se "ztrácí" na odpařování. Výhřevnost suchého dřeva (4,3 kWh/kg) je mnohem vyšší než výhřevnost vlhkého dřeva (1,5 kWh/kg) (Liebhard 2007). Vztah výhřevnosti dřeva k obsahu vody je znázorněn na Obrázku 47.



Obrázek 47: Výhřevnost vzhledem k obsahu vody. (Zdroj: FNR 2012)

#### Blok 5: Jaký je rozdíl mezi vlhkostí a obsahem vody?

Důležitou informací o kvalitě paliva je obsah vody v něm. Tak, aby bylo možno vypočítat a porovnat obsah vody, musíme použít oba fyzikální parametry měření - obsah vody ( $w$ ), také nazývaný jako "vlhkost v čerstvém stavu" a vlhkost paliva ( $u$ ), také nazývaný jako "vlhkost v suchém stavu".

Obsah vody ( $w$ ) je vztah hmotnosti vody  $m_w$  vzhledem k hmotnosti čerstvé biomasy ( $m_d + m_w$ ), zatímco vlhkost paliva je vztah hmotnosti vody  $m_w$  vzhledem k hmotnosti suché biomasy ( $m_d$ ).

$$w = m_w / (m_d + m_w)$$

$$u = m_w / m_d$$

Hodnota vlhkosti může být převedena na hodnotu pro obsah vody. Například, obsah vody 50%, odpovídá vlhkosti 100%, pokud je obsah vody vyšší, může vlhkost být nad 100%. "Vlhkost" je termín, který se běžně používá v lesnictví a dřevařském průmyslu. V odvětví energetiky je často používán termín "obsah vody" nebo "vlhkost čerstvého materiálu".

Existují různé jednoduché i sofistikované technologie pro sušení (Tabulka 11). Dřevní štěrka se často suší v sušárnách, které vypadají jako kontejnerové přívěsy nebo jako skladovací zařízení, skrz které je foukán horký vzduch (Obrázek 48 až Obrázek 53).

Kontejnery nebo přívěsy mají obvykle dvojité dno s roštovou podlahou, kterou je foukán horký vzduch. Často se jedná o přizpůsobené zemědělské přívěsy, což je značně levnější řešení. Dřevní štěrka v těchto kontejnerech nebo přívěsech se obvykle nemíchá, což vede k nerovnoměrnému a nekontrolovanému sušení.

Sofistikovanější jsou otáčecí sušičky. Horký vzduch je vháněn přes dvojité dno a mobilní mechanismus mísí a přesouvá štěrku po celou dobu sušení. Míchací zařízení projede sušičku několikrát v průběhu celého procesu sušení. Směr je změněn konečnými spínači a ovládacím systémem. Otáčecí sušička může být provozována v dávkovém nebo kontinuálním režimu.

V pásové sušárně je štěpka průběžně a rovnoměrně přivedená přes vstupní komoru na perforovaný pás. Pás, převážně ve vodorovné poloze, posouvá produkt přes oblast sušení, kterou lze rozdělit do několika sekcí. Zde skrz vlhký produkt proudí vzduch a suší ho. Každá sekce může být vybavena ventilátorem a výměníkem tepla, a tudíž přizpůsobena různým podmínkám.

Ideálním a levným zdrojem tepla pro sušení je odpadní teplo z průmyslových procesů nebo bioplynových stanic (Rutz a kol., 2012).

Tabulka 11: Sušící technologie a jejich charakteristiky (Zdroj: Rutz a kol. 2012)

Typ sušiče	Charakteristika
<b>Jednoduchý vložený sušič</b>	Horký vzduch je absorbován materiálem v horizontálním nebo vertikálním zásobníku, a to buď v přívěsech, korbách nákladních automobilů nebo kontejnerech. Jedná se o nejjednodušší sušárnu, která je také velmi levná a vhodná pro sušení malého množství materiálu.
<b>Otáčecí</b>	Horký vzduch je vháněn dvojitým dnem (spodní mřížka) prostřednictvím zařízení. Po zapnutí lopatky promíchávají a prosušují produkt.
<b>Pásový</b>	Horký vzduch vysušuje materiál, který je pomalu posouván na pásu. Investiční náklady jsou poměrně vysoké.



Obrázek 48: Kontejner sušení s využitím odpadního tepla z bioplynové stanice v Mnichově, Německo. (Zdroj: Rutz D.)



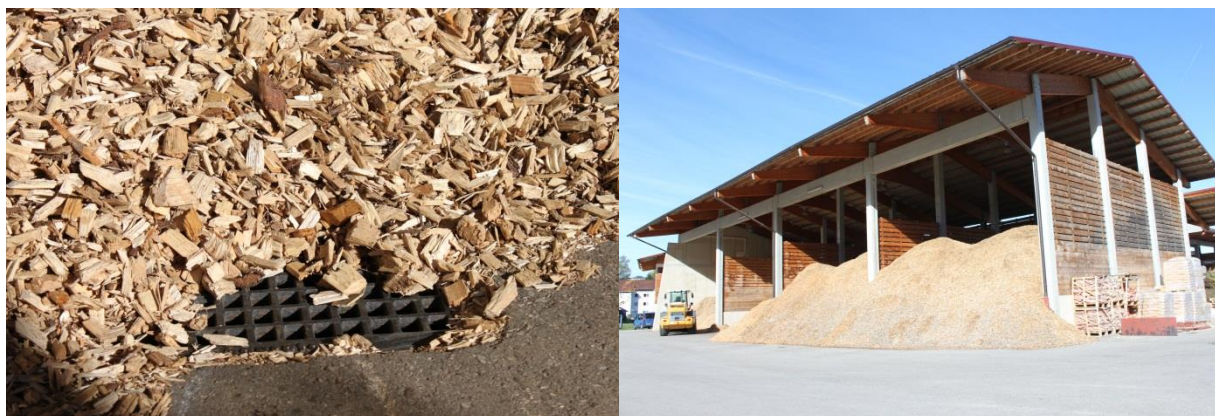
Obrázek 49: Sušící kontejner v Mnichově, Německo. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 50: Sušící zařízení s využitím z odpadního tepla z bioplynové stanice v Mnichově, Německo. (Zdroj: Rutz D.)



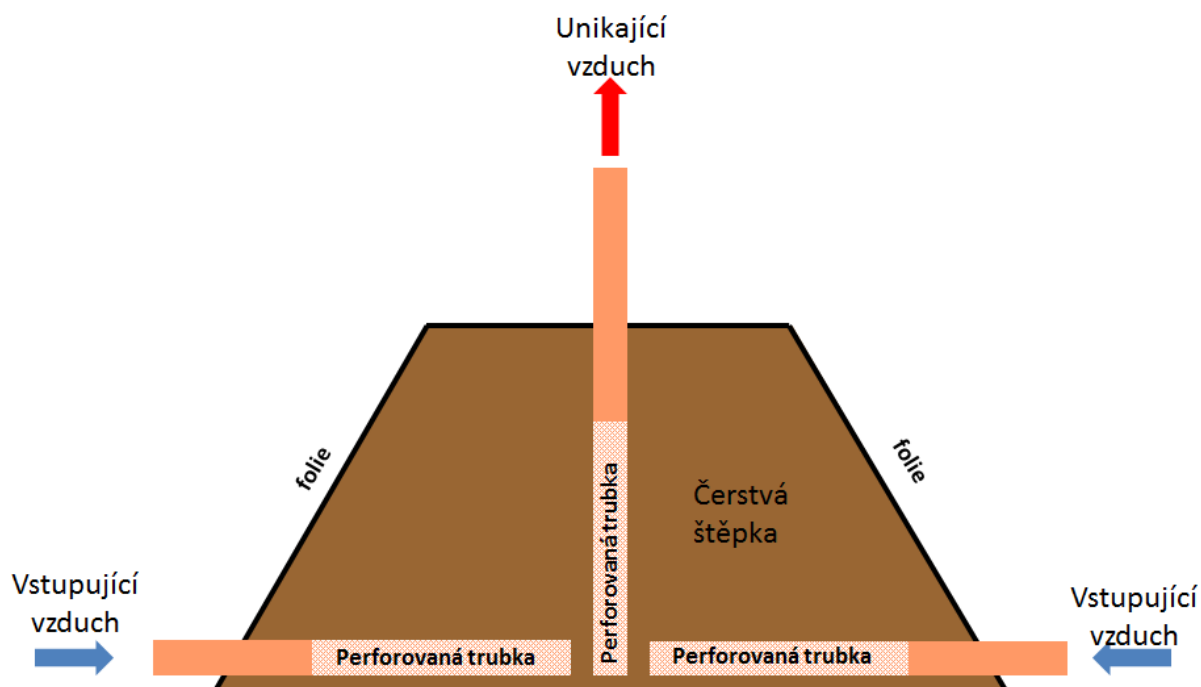
Obrázek 51: Otáčecí kontejner sušení s využitím odpadního tepla z bioplynové stanice v Mnichově, Německo. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 52: Integrovaná ventilace v podlaze skladovacího zařízení na biomasu v Achental, Německo (více na Obrázku 53). (Zdroj: Rutz D.)

Obrázek 53: Ideální skladovací zařízení štěpky v Achental, Německo. (Zdroj: Rutz D.)

Technickou univerzitou v Drážďanech (Německo) byla vyvinuta a patentována metoda sušení štěpky z RRD (PCT / EP2005 / 009241). Systém je založen na principu, kdy čerstvá vlhká štěpka se prohřívá sama v hromadě. Perforované trubky usnadňují přístup vzduchu do hromady a výstupní potrubí odvádí teplý vzduch, který vzniká odpařováním z dřevní štěpky. Využití komínového efektu je efektivní metodou pro sušení dřeva, aniž by byla potřeba externího vstupu energie. Při použití této metody, je možno snížit vlhkost na 30 % během tří měsíců (Grosse a kol., 2008). Hromada může být přímo na plantáži, nebo v místě spotřeby.



Obrázek 54: Schéma provzdušňování uložené štěpky. (Zdroj: Rutz D.)



## 6 Logistika a transport

Náklady na dopravu k potenciálním zákazníkům je třeba pečlivě zvážit ještě před zahájením projektu RRD. Převážná vzdálenost štěpky by měla být minimalizována co nejvíce, příliš velké přepravní vzdálenosti mají negativní dopady na bilanci emisí skleníkových plynů a ekonomiku výrobního řetězce. Maximální doporučená vzdálenost a vhodný typ dopravy pro štěpku závisí na místních podmínkách:

- **0-40 km:** vlastní traktory
- **30-90 km:** kamiony s kapacitou 70-95 m<sup>3</sup>
- **>70 km:** vlaky

Dále je důležité vzít v úvahu přístup k plantážím ze silnice již ve fázi plánování. Je třeba respektovat maximální povolenou hmotnost na silnicích a zejména na mostech.

Hmotnost a objem dřevní štěpky závisí na obsahu vody, druhu, velikosti a tvaru štěpky, jakož i na poměru kůra/dřevo. Jedna tuna absolutně suché štěpky má objem asi 6,5-7,0 m<sup>3</sup>. Tabulka 12 ukazuje hmotnost několika druhů RRD a dalších rostlinných druhů na m<sup>3</sup> štěpky a ve vztahu k obsahu vody.

Tabulka 12: Objemová hmotnost m<sup>3</sup> štěpky různých druhů (průměrné/typické hodnoty; reálné hodnoty závisí na mnoha faktorech)

Obsah vody [%]	0	15	20	30	50
Hmotnost [kg]					
<b>Topol</b> (hustota 353 kg/m <sup>3</sup> )	164	145-174***	181**	203** 167-200***	284**
<b>Vrba</b> (hustota 420 kg/m <sup>3</sup> )	168*	181-217***	181**	208-250***	-
<b>Olše</b> (hustota 530 kg/m <sup>3</sup> )	-	177-212***	-	204-245***	-
<b>Akát</b> (hustota 750 kg/m <sup>3</sup> )	-	264-317***	-	304-365***	-
<b>Jedle (není RRD)</b> (hustota 379 kg/m <sup>3</sup> )	151	178	189	216	302
<b>Buk</b> (hustota 558 kg/m <sup>3</sup> )	222	261	278	317	444

(Zdroj CARMEN 2014, \* SLL n.d., \*\* Biomasseverband OÖ n.d., \*\*\* ETA Heiztechnik GmbH n.d. (první hodnota pro 50% a druhá pro 30 %), jiné zdroje)

Každá plantáž by měla mít oblast, kde nejsou zasazené dřeviny, ale například kvetoucí byliny, které zvyšují hodnotu pole z pohledu životního prostředí. Tyto oblasti jsou nazývané jako úvratě, slouží k manévrování sklízecích a údržbových strojů. Také mohou sloužit, na nějaký čas, k uskladnění sklizeného materiálu.

## 7 Rušení plantáže RRD

K rozhodnutí o ukončení pěstování a zrušení plantáže RRD po několika letech mohou vést různé důvody. Zemědělec může chtít převést půdu zpět na ornou půdu nebo pastvinu, nebo se rozhodne nahradit stávající plantáže novějšími odrůdami. Zrušení plantáží zvažuje mnoho zemědělců, kteří dříve RRD nepěstovali, pro niž je hlavní překážkou údržba. Vždy by měla být možnost vracení půdy rychle zpět do původního stavu. Zrušení RRD plantáže není technicky složité, i když plantáž existovala několik let, kořeny rostlin jsou relativně mělké.

Existuje několik metod a postupů, které by měly být brány v úvahu při ukončení pěstování RRD a rušení plantáže. Metoda musí být zvolena podle požadovaného budoucího využití pozemku po odstranění RRD.

Efektivnější metodou zrušení plantáže je kombinace mechanické a chemické aplikace. Pokud je provedena poslední sklizeň, v zemi zůstanou pařezy a na jaře se z nich začnou tvořit nové výhonky. Když výhonky dorostou do délky 30-40 cm provede se postřik herbicidy na celé plantáži. Vzhledem k vysoké citlivosti vrby a topolů k herbicidům, odumřou jejich aktivní části. Plodina se pak ponechá na dobu nejméně dvou týdnů po postřiku. Když výhonky odumřou, kořeny pak stačí upravit kultivátorem do hloubky 5 až 10 cm, který pořeže zbytky pařezů na malé kousky (Obrázek 55, Obrázek 56), a pak v závislosti na požadavcích se rozhodne, zda je nutná další úprava půdy.

Jakmile je půda připravená, mohou se buď zasadit znovu RRD nebo se přejde zpět k pěstování jiných zemědělských plodin.



Obrázek 55: Kultivátor zpracovává zbytky pařezů v Rakousku. (Zdroj: Mergner R.)



Obrázek 56: Rekultivovaná půda v Rakousku. (Zdroj: Mergner R.)

## 8 Využití produktů z RRD

Již ve fázi plánování a během zakládání plantáže musí být definován sklízecí cyklus, protože různé cykly vyžadují různé rozestupy mezi stromy. V případě, že odstup je malý a sklízecí cyklus je 2-8 let, sklizený materiál bude vhodný jen pro štěpkování. Pokud jsou sklízecí cykly delší, dřevo může být využito stejně jako z lesnictví. V závislosti na kvalitě produktu existují různé způsoby využití, hlavně to platí pro topol nebo eukalyptus. Například rychle rostoucí vrby nelze použít na kusové dřevo, protože netvoří kmeny, které jsou dostatečně silné. Tato příručka se nezabývá pěstováním dřeva, protože se zaměřuje jen na energetické využití štěpky.

## 8.1 Kvalita štěpky

Různé způsoby využití štěpky způsobují různé její vlastnosti (Obrázek 57, Obrázek 58). Klíčovými parametry kvality štěpky jsou:

- **Obsah vody/vlhkost:** čím nižší je obsah vody, tím je vyšší výhřevnost.
- **Homogenita a velikost štěpky:** Rozměry by měly být vhodné pro spalovací zařízení a pro manipulaci s palivem.
- **Obsah jemných částic:** jemné částice (prach) jsou zdravotním rizikem.
- **Tvar štěpky:** nože štěpkovače by měly být ostré, aby se minimalizovalo roztřepení, byla zajištěna sypkost výsledného produktu a hladký průběh přikládání štěpkovaného materiálu do stroje.
- **Původ:** pro udržitelnost pěstování a správu systému; kratší dopravní vzdálenost dřevní štěpky ke koncovému uživateli – čím kratší je dopravní vzdálenost, tím nižší jsou emise CO<sub>2</sub> z dopravy.
- **Obsah popela:** čím menší je množství popela, tím vyšší je výsledná energie, a tím nižší je množství popela, který je likvidován.
- **Kontaminanty:** dřevní štěpka by neměla obsahovat žádné nečistoty (půda, kameny).
- **Složení:** čím vyšší je podíl množství dřeva vzhledem k množství kůry, listů a malých větví, tím je vyšší výhřevnost paliva.

Hlavním kritériem pro kvalitu štěpky je obsah vody, který byl popsán výše v Kapitole 5.5. U RRD je obsah vody ovlivněn především těžebními postupy, logistikou a sušením.

Homogenita, velikost dřevní štěpky, obsah jemných částic a tvar štěpky je určen hlavně těžebními zařízeními a technologií. Také výskyt nečistot je ovlivněn technologií sklizně, ale i způsobem skladování. Pokud je štěpka uložena na poli, je riziko obsahu kontaminujících látek vyšší. Složení a obsah popela je určen především metodou údržby a druhem rostlin. Obecně platí, že štěpka z RRD má vyšší obsah popela, protože podíl kůry a malých větví vzhledem ke dřevu je mnohem vyšší, díky malým průměrům kmenů a vyskytujícím se stonkům.



Obrázek 57: Vysoce kvalitní (vlevo) a méně kvalitní štěpka (vpravo), uprostřed je lesní štěpka (ne z RRD) v Německu. (Zdroj: Rutz D.)

Pro určení kvality štěpky se používají standardy. Evropský výbor pro normalizaci (CEN) vytvořil nejen normy pro vlastnosti štěpky, briket, palivové dříví a pelet, ale také normy pro zkušební metody, pravidla pro zpracování a zajištění kvality. Tyto standardy byly změněny v



roce 2014 a dále se rozšiřují jako mezinárodní normy ISO (Mezinárodní organizace pro normalizaci). Následující normy platí pro dřeviny z biopaliv:

- ISO 17225-1:2014-09 (former EN 14961-1:2010) Fuel specifications and classes – Part 1: General requirements
- ISO 17225-2:2014-09 (former EN 14961-2:2011) Fuel specifications and classes – Part 2: Graded wood pellets
- ISO 17225-3:2014-09 (former EN 14961-3:2011) Fuel specifications and classes – Part 3: Graded wood briquettes
- ISO 17225-4:2014-09 (former EN 14961-4:2011) Fuel specifications and classes – Part 4: Graded woodchips
- ISO 17225-5:2014-09 (former EN 14961-4:2011) Fuel specifications and classes – Part 5: Graded firewood



**Obrázek 58: Čerstvá štěpka z vrb RRD ve Švédsku. (Zdroj: Rutz D.)**

Cílem norem řady ISO 17225 je poskytnout jednoznačnou a jasnou klasifikaci tuhých biopaliv; slouží jako nástroj umožňující efektivní obchodování s biopalivy; je to doklad, který dává prodávající kupujícímu, slouží jako nástroj pro komunikaci s výrobcí zařízení. Usnadňuje postupy správy a oprávnění pro podávání zpráv (ISO 2014).

Vzorový příklad prohlášení štěpky je v Tabulce 13 (Zdroj: Alakangas 2009), upřesnění podle EN 14961-1, normativních rozměry (P), vlhkost v čerstvém materiálu (M), množství popelu (A), informativním parametrem je objemová hmotnost (BD), výhřevnost (Q), množství síry (S), dusíku (N) a chloru (Cl).

**Tabulka 13: Příklad prohlášení vlastnosti štěpky (Zdroj: Alakangas 2009, upraveno)**

EN 14961-1		
<b>Hlavní ukazatele</b>	Výrobce	EAA Biofuels
	Místo	Jyväskylä, Finsko
	Původ	1.1.1.1 and 1.1.1.2 (celý strom)
	Forma	dřevní štěpka
	Množství (t)	4,00
<b>Velikost</b>	Velikost	P45A
	Vlhkost, w-%	M35
	Popel, w-% suchý	A1.5
<b>Informace</b>	Objemová hmotnost, kg/m <sup>3</sup>	BD250
	Výhřevnost, MJ/kg	Q11.5
	Síra, w-% v sušině	0.05
	Dusík, w-% v sušině	N0.3
	Chlór, w-% v sušině	Cl0.03

Jak již bylo zmíněno, je třeba používat normu ISO, pokud se obchoduje se štěpkou, cílem je přesně informovat kupujícího o kvalitě produktu. Hlavním parametrem je pak samozřejmě jeho cena. Nicméně, informace z certifikátu mohou být také zajímavé pro majitele plantáží, který sám štěpku spotřebovává, neboť mu poskytnou údaje o tom, jak zvýšit kvalitu štěpky.

## 8.2 Možnosti využití štěpky

Krátký seznam možného využití štěpky:

- Malé spalovací a topné systémy (farmy nebo pro několik domácností).
- Větší spalovací a topné systémy (menší sítě dálkového vytápění pro několik připojených domácností). Ve Zlínském kraji je to CZT Brumov-Bylnice, Slavičín, Hostětín.
- Kombinovaná výroba tepla a elektrické energie (CHP), využití štěpky pro ORC cykly, parní turbíny (například teplárna v Třebíči).
- Zplyňování štěpky pro výrobu elektrické energie (pila Martinák ve Starém Městě).
- Spoluspalování štěpky ve velkých elektrárnách (založených na fosilních palivech).
- Využití jako materiálu pro biorafinerie (např. pyrolýza, zplyňování, pražení, biochemické konverze ethanolu, bioplastů).
- Pro další zpracování do pelet.
- Pro specializované aplikace: jako mulčovací hmota v zahradnictví a pro údržbu krajiny, jako podestýlka pro chovná zvířata, jako substrát pro pěstování hub, jako složka substrátu pro biofiltry, nebo jako povrchový materiál pro dětská hřiště.

Hlavní využití štěpky v Evropě je pro vytápění, zpracování v teplárnách a spoluspalování v elektrárnách. Kapitola 8.3 se zabývá podrobnostmi o spalování štěpky a pelet.

V budoucnu se může zvýšit poptávka po štěpce pro jiné procesy. Již nyní jsou zavedené plantáže RRD pro výrobu takzvaných biopaliv druhé generace. Trochu pokročilejší je biochemická přeměna, kde je lignocelulóza biologicky převedena na cukry a poté se fermentuje na etanol (Obrázek 59). Etanol je náhradou za benzín. Několik evropských a mezinárodních pilotních a demonstračních zařízení stále zkouší použití štěpky pro tento proces, doposud se pro tento způsob výroby etanolu využívala hlavně zelená biomasa (jako je sláma, tráva, atd). V integrovaných biorafinériích se zkouší výroba energie, tepla, výroba bioplastů, které mohou být produkovány bio-chemicky. Vytváří to budoucí trh pro RRD štěpku.

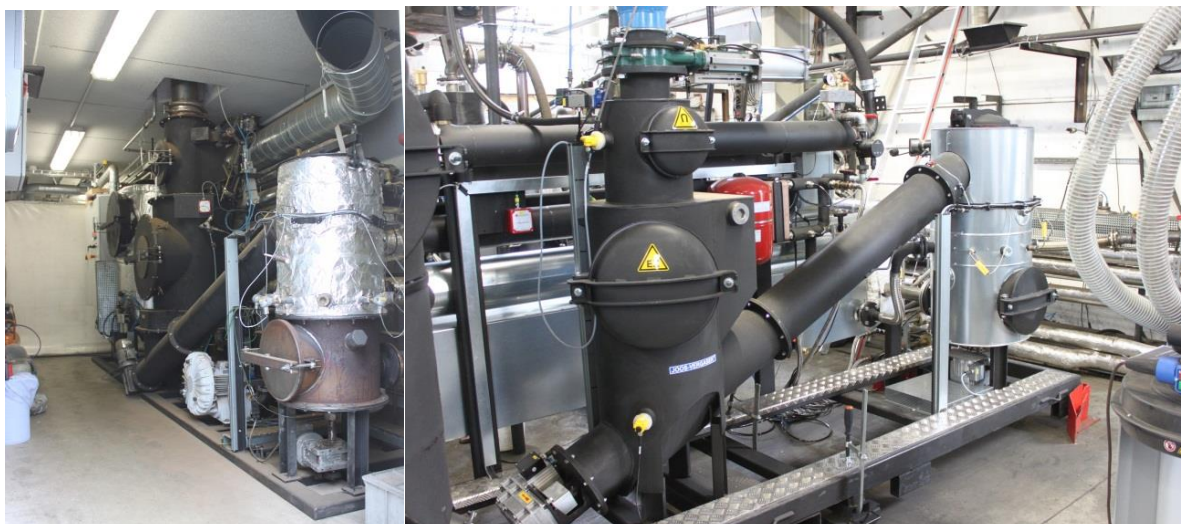
Štěpky lze také pomocí termochemické konverze převést na pyrolýzního oleje, který by mohl nahradit např. topný olej, nebo může být dále zpracován. Dnes je často prováděno zplyňování štěpky a následné využití vyprodukovaného plynu pro pohon motoru na výrobu elektrické energie (Obrázek 60).

Ze začátku se peletky vyráběly čistě z pilin z pil, které byly považovány za odpadní produkt (Obrázek 61). V současné době jsou peletky vyráběny také ze dřeva (dřevní štěpky) z plantáží RRD. V zájmu zachování standardu kvality pelet jsou při pěstování doporučeny delší sklízecí cykly RRD, aby se zvýšil poměr dřeva/kůra ve výsledném produktu.



Obrázek 59: Druhá generace etanolové výroby ABENGOA ve Španělsku. (Zdroj: Rutz D.)





Obrázek 60: Malé plynofikační zařízení v kontejneru (vlevo) a ve výrobní hale (vpravo) ze společnosti „SpannerRE<sup>26</sup>“. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 61: Peletkový lis (vlevo) a peletky (vpravo). (Zdroj: Rutz D.)

### 8.3 Spalování štěpky a pelet

Hlavní využití štěpky a pelet je jejich spalování pro výrobu tepla jako udržitelného zdroje energie (viz Blok 6). V této kapitole jsou popsány základní informace o procesu spalování. Podrobnější informace jsou k dispozici např. z Hiegl a kol. (2011), nebo Rutz a kol. (2006).

V rostlinné biomase je obsažen uhlík (C), vodík (H) a kyslík (O). Podíl uhlíku určuje množství uvolněné energie při spalování (oxidace). Také vodík obsažený v pevné biomase, když se spaluje, dodává energii. Společně s atomem uhlíku určuje výhřevnost suchého paliva. Kyslík podporuje pouze spalovací proces a nemá žádný vliv na množství uvolněné energie.

Palivo na bázi dřeva má vysoký podíl uhlíku 47-50 %. Obsah kyslíku v dřevním palivu je mezi 40 a 45%, a obsah vodíku mezi 5 a 7 %. Vedle těchto tří elementů palivo obsahuje i

jiné složky, které, i přes jejich malé množství, mohou mít velký dopad na emise plynů. Síra, chlor, a dusík jsou prvky, které mají největší vliv na znečišťující emise plynů.

Množství energie paliva je vyjádřeno jeho výhřevností a spalným teplem (viz Blok 7), jak je uvedeno v Tabulce 14. Pro dřevní štěpku se často používá množství energie na jednotku objemu - na krychlový metr, příklad je uveden v Tabulce 15. V závislosti na typu dřeva, velikosti štěpky a její vlhkosti, hmotnost metru krychlového štěpky je cca 200 - 300 kg.

Kotle na štěpku (Obrázek 62, Obrázek 63) se používají pro topné systémy od 20 kW, zatímco kotle na pelety se používají i pro menší topné systémy. Vytápění štěpkou je výhodné pouze pro větší domácnosti, farmy, spojení několika domácností, nebo k vytápění menších obcí.

Technologie pro vytápění štěpkou a peletkami je vyspělá a poskytuje ji mnoho výrobců. Systém se skládá z úložného prostoru materiálu, příkladacího systému, kotle na biomasu, komínu a rozvodů tepla, včetně expanzní nádrže.

Investice na koupi kotle na peletky je obvykle vyšší, než kotle na tuhá fosilní paliva, jenže pelety jsou ekologickým palivem, takže z dlouhodobého hlediska je kotel na štěpku nebo pelety i ekonomicky výhodný.

#### **Blok 6: Proč je biomasa obnovitelným zdrojem energie?**

Hlavním skleníkovým plynem, který vzniká při procesu spalování, je oxid uhličitý (CO<sub>2</sub>). Tento plyn způsobuje zvýšení globální teploty. Oxid uhličitý je emitován při spalování fosilních paliv (např. hnědého uhlí, černého uhlí, ropy, zemního plynu), ale také biomasy. Rozdíl, však je v tom, že biomasa přijímá CO<sub>2</sub> z atmosféry během svého růstu (fotosyntézy). Také pro plantáže rychle rostoucích dřevin platí, že stromy přijímají CO<sub>2</sub> z atmosféry po dobu svého růstu, což je 4-6 let. Vzhledem k tomuto krátkodobému a uzavřenému životnímu cyklu je biomasa z RRD obnovitelná a pomáhá chránit životní prostředí.

Přesto biomasa, jako zdroj energie, není zcela "CO<sub>2</sub> neutrální", stále jsou používány fosilní zdroje pro přepravu a údržbu (pohon sklízecích strojů a doprava). Kromě toho u nových plantáží RRD je třeba zvážit dopad změny ve využívání půdy, která může mít pozitivní nebo negativní účinky na uvolňování nebo hromadění uhlíku v půdě. Ve srovnání s jednoletými plodinami je akumulace půdního uhlíku na plantážích RRD obvykle vyšší, a proto RRD mají další pozitivní vliv na zmírňování změny klimatu.

#### **Blok 7: Jaký je rozdíl mezi spodní a horní hranicí výhřevnosti?**

Informace o výhřevnosti paliva jsou vždy důležité.

Výhřevnost LHV (lower heating value) udává množství tepla, které se uvolní dokonalým spalováním (oxidací) biomasy. Tato hodnota neobsahuje kondenzační teplo páry (výparné teplo) z vodní páry obsažené ve spalinách. To znamená, že výhřevnost se snižuje se zvyšujícím se obsahem vody v biomase.

Množství energie známé jako spalné teplo HHV (higher heating value) je určeno tím, že všechny produkty spalování se zchladí zpět na původní teplotu před spalováním a dojde ke kondenzaci. U biomasy je spalné teplo vyšší než výhřevnost v průměru o 6% (pro kůru), 7% (dřevo) nebo 7,5% (zemědělské produkce), viz Tabulka 14. Nicméně toto platí pouze pro tuhá paliva v naprosto suchém stavu bez obsahu vody. U vlhké biomasy se tento rozdíl zvyšuje. Tabulka 15 ukazuje hodnoty typické pro plodiny RRD jako vrba a topol v porovnání s ostatními palivy.



Tabulka 14: Spalovací charakteristika pevných paliv (Hiegl a kol. 2011) (průměrné/typické hodnoty; reálné hodnoty závisí na mnoha faktorech)

Palivo	Výhřevnost [MJ/kg]	Spalné teplo [MJ/kg]	Obsah popela [%]	Teplota měknutí popela [°C]
Topol	18,5	19,8	1,8	1 335
Vrba	18,4	19,7	2,0	1 283
Buk	18,4	19,7	0,5	-
Jedle	18,8	20,2	0,6	1 426
Kůra (jehličnanů)	19,2	20,4	3,8	1 440
Pšenice (stvol)	17,2	18,5	5,7	998
Pšenice (klas)	17,0	18,4	2,7	687
Černé uhlí	29,7	-	8,3	1 250
Hnědé uhlí	20,6	-	5,1	1 050



Obrázek 62: Kotel na peletky (výkon 24-50 kW) vč. podavače a zásobníku od firmy Fröling. (Zdroj: Rutz D.)



**Tabulka 15: Výhřevnost jednotlivých druhů RRD v závislosti na obsahu vody (průměrné/typické hodnoty; reálné hodnoty závisí na mnoha faktorech)**

Obsah vody [%]		0	15	20	30	50
	Jednotka	Výhřevnost [kWh]				
<b>Topol</b> (hustota 353 kg/m <sup>3</sup> -plnometr)	kg	5,00	4,15	3,86	3,30	2,16
	skládání m <sup>3</sup>	1765	1723	1705	1662	1525
	sypaný m <sup>3</sup>	706	689	681	666	610
<b>Vrba</b> (hustota 420 kg/m <sup>3</sup> -plnometr)	kg	4,54*	3,76*	nedostupné	2,97*	nedostupné
	skládání m <sup>3</sup>	nedostupné	nedostupné	nedostupné	nedostupné	nedostupné
	sypaný m <sup>3</sup>	nedostupné	680-810**	nedostupné	620-740**	nedostupné
<b>Olíše</b> (hustota 530 kg/m <sup>3</sup> - plnometr)	kg	nedostupné	4,06*	nedostupné	3,23*	nedostupné
	skládání m <sup>3</sup>	nedostupné	nedostupné	nedostupné	nedostupné	nedostupné
	sypaný m <sup>3</sup>	nedostupné	720-860**	nedostupné	660-790**	nedostupné
<b>Akát</b> (hustota 750 kg/m <sup>3</sup> -plnometr)	kg	nedostupné	4,11*	nedostupné	3,27*	nedostupné
	skládání m <sup>3</sup>	nedostupné	nedostupné	nedostupné	nedostupné	nedostupné
	sypaný m <sup>3</sup>	nedostupné	1090- 1300**	nedostupné	990-1190**	nedostupné
<b>Jedle</b> (hustota 379 kg/m <sup>3</sup> -plnometr)	kg	5,20	4,32	4,02	3,44	2,26
	skládání m <sup>3</sup>	1970	1930	1900	1860	1710
	sypaný m <sup>3</sup>	788	770	762	745	685
<b>Buk</b> (hustota 558 kg/m <sup>3</sup> -plnometr)	kg	5,00	4,15	3,86	3,30	2,16
	skládání m <sup>3</sup>	2790	2720	2700	2630	2410
	sypaný m <sup>3</sup>	1116	1090	1077	1052	964

Zdroj: CARMEN 2014, \*Verscheure 1998, \*\* ETA Heiztechnik GmbH n.d.(první hodnota sypaného m<sup>3</sup> je pro 50%, druhá pro 30%), jiné zdroje



**Obrázek 63: Středně velký kotel na štěpku (výkon 3 000 kW) (vpravo) a zásobník (vlevo) v biomasovém centru Achental, Německo. (Zdroj: Rutz D.)**

U větších spalovacích zařízení pro RRD může pro výrobu elektřiny být použit ORC cyklus (Organický Rankinův Cyklus). ORC je termodynamický děj, který pohání generátor na výrobu elektřiny. Ve srovnání s jinými systémy kogenerace, jako je zplyňování (Obrázek 64), je proces ORC proveden v mnohem větším měřítku.

V ještě větší míře jsou štěpka nebo průmyslové pelety použité při spoluspalování ve velkých, často uhelných elektrárnách, které vyrábějí elektřinu prostřednictvím parní turbíny. V ideálním případě dodávají tyto elektrárny také teplo do sítě dálkového vytápění. Spoluspalování štěpky se provádí v Nizozemí, Velké Británii nebo Belgii, ale i v České republice.



Obrázek 64: ORC systém (1520 kW<sub>el</sub>) v Grünfüttertrocknungsgenossenschaft Kirchdorf a.H. v Německu (Zdroj: Rutz D.)

## 9 Vliv RRD na okolí

Obecně platí, že díky svým nízkým vstupním požadavkům na pěstování, v porovnání s jednoletými plodinami, mají RRD mnoho pozitivních dopadů. Riziko negativních okolních vlivů je velmi nízké. Některé dopady na životní prostředí již byly popsány v předchozích kapitolách. V následujících kapitolách jsou popsány některé dopady podrobněji a jsou také uvedeny ve zprávě SRCplus "Kritéria udržitelnosti a doporučení pro RRD" (Dimitriou & Rutz 2014).

### 9.1 Fytodiverzita

Fytodiverzita je rozmanitost, množství rostlin a jejich soužití. Ve Švédsku, Německu a dalších zemích byly na plantážích RRD zpracovány studie zjišťující rozsah fytodiverzity. Byla provedena identifikace rostlinných druhů a jejich množství, tyto parametry jsou hodnotícím kritériem pro vyhodnocení rozdílů mezi plantáží RRD a alternativním využitím půdy (jednoleté obiloviny a travní plochy), nebo také rozdílů mezi RRD a lesem (Dimitriou a kol., 2012a). Výsledky jsou uvedené níže:

- plantáž RRD může zvýšit fytodiverzitu zemědělských krajín jako dodatečný krajinný prvek.
- RRD poskytují zázemí pro odlišné druhové skladby, a to zejména v oblastech, kde dominují orné půdy a jehličnaté lesy.
- druhovou skladbou systému je směs rostlinných druhů travních a lesních porostů, zatímco orná půda obsahuje pouze druhy rostoucí na orné půdě.



- U plantáže RRD bylo zjištěno, že jsou až tři krát bohatší na rostlinné druhy než orná půda, a v některých případech bylo prokázáno, že jsou bohatší než jehličnaté a smíšené lesy.



Obrázek 65: Vegetace tříletých topolů na jaře, Německo. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 66: Vegetace rychle rostoucích topolů na podzim, Německo. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 67: Vegetace vrbové plantáže RRD na jaře, Švédsko. (Zdroj: Rutz D.)



Obrázek 68: Vrbové pole osázené dvěma různými klony, způsobuje zvýšení množství jiných rostlinných druhů na plantáži. (Zdroj: Weih M.)

- Příklad RRD k druhové rozmanitosti krajiny se mění v čase. Se sníženou prostupností světla na zem se zvyšuje procento druhů přízemní vegetace. Výsledkem je, že druh zasazené dřeviny, hustota porostu a interval sklizně mají vliv na druhové složení krajiny.
- Vrbové plantáže jsou vhodnější pro podporu lesních druhů než výsadba topolů a to z důvodu vyššího oslunění u topolových plantáží.

Dopad nových plantáží RRD na krajinu vždy závisí na různých faktorech, které je třeba zvážit. Lze snadno implementovat jednoduché a nákladově efektivní opatření na zvýšení fyto-diverzity. Může to být například výsadba plantáže různých klonů a druhů, zasazení kvetoucích rostlin na úvrati plantáže, výsadba původních keřů na hranicích a mezi plantážemi, a schválně ponechané mezery, kde mohou spontánně klíčit rostliny.

Aby se zabránilo negativním dopadům na krajinu a zvýšila se fytodiverzita, níže je uvedeno několik doporučení (Dimitriou a kol., 2012a):

- je třeba se vyhnout založení plantáže RRD v oblastech s vysokým ekologickým statusem (např. chráněná krajinná oblast, oblast s výskytem vzácných druhů, mokřady, rašeliniště, močály).
- různé strukturální složení poskytuje zázemí pro různé rostlinné druhy, a tím i zvýšení rozmanitosti. Vysoké strukturální diverzity lze dosáhnout výsadbou různých druhů stromů a klonů na jedné plantáži a sklízením v různých intervalech, aby uvnitř jedné oblasti měly stromy různý věk.
- okraje plantáží RRD mají vysokou druhovou rozmanitost, proto se doporučuje spíše výsadba několika menších plantáží místo jedné velké. Pokud je to možné, výsadba dlouhých obdélníkových plantáží poskytuje více výhod a zvyšuje fytodiverzitu.
- zvýšení počtu druhů lze dosáhnout snížením intenzity dopadajícího slunečního záření na přízemní vegetaci. To lze uskutečnit delším sklízecím cyklem, vyšší hustotou porostu a výsadbou vrb místo topolů. Další možností je vysazovat řádky ve směru východ-západ, rostoucí dřeviny budou stínit přízemní vegetaci.
- úvrať plantáže, potřebná pro manipulaci se sklízecí technikou, by měla být co nejširší, aby zde mohly kvést původní rostliny, aby přitahovaly hmyz. Sečení by mělo být optimalizované podle potřeb krajiny.
- skladba druhů plantáže RRD je ovlivněna osluněním a půdními vlastnostmi. Vysoké kvalitní humus a dostupnost živin podporuje vyšší množství dusíku. Zvyšující se kyselost půdy vede k růstu nových druhů.
- druhové složení rostlin na plantážích RRD je více různorodé a vyšší, než v případě orné půdy.
- čím vyšší je druhový podíl na plantážích RRD a počtu druhů v krajině, tím okolí má větší rozmanitost.
- druhové složení půdní semenné banky má vliv na RRD, ale tento vliv klesá s rostoucím věkem plantáže RRD.





Obrázek 69: Okraj vrbové plantáže sousedící s pšeničným polem; zvýšení fyto-diverzity je zde zřejmé. (Zdroj: Nordh N-E.)

## 9.2 Zoodiverzita

Zoodiverzita je druhová rozmanitost zvířat a jejich společenství. Zoodiverzita stejně jako fyto-diverzita byla zkoumána a analyzována.

Plantáže rychle rostoucích vrb ve Švédsku jsou dobře známým způsobem přilákání vysoké zvěře pro lov. Kromě toho se zde schovávají divoká prasata, což svědčí o zvyšujícím se počtu savců. Zvěř ale může způsobit škody. Rostoucí počet zajíců může mít negativní dopad na pěstování. Nicméně, jejich počet může klesat, pokud by se výsadba RRD stále rozšiřovala, protože tyto zvířata dávají přednost smíšeným zemědělským půdám a je nepravděpodobné, že by se jim dařilo v hustě vysazených porostech.





**Obrázek 70: Králík na vrbové plantáži. V některých oblastech, mohou různí savci způsobit rozsáhlé škody na RRD, oplocení zvyšuje náklady plantáže. (Zdroj: Dimitriou I.)**



**Obrázek 71: Vysoká zvěř na plantáži RRD. Plantáže RRD jsou útočištěm a potravou. (Zdroj: Nordh N-E.)**

Proběhlo několik diskusí o zvyšujícím se počtu ptactva v krajinách se založenými plantážemi RRD. Podrobný seznam nejdůležitějších faktorů je uveden níže (Dimitriou a kol., 2012a).

- RRD jsou obecně bohatší na ptačí druhy ve srovnání s ornou půdou, ale nelze uvést žádné speciální druhy ptáků.
- Ptáci běžně hnízdí na plantážích, a proto nedochází k ohrožení jejich druhů.
- Byly nalezené ohrožené druhy ptáků, které se vyskytují převážně na mladých nebo na okrajích plantáží RRD.
- Vhodnost stanovišť pro chov ptáků je obecně silně závislá na věku a struktuře vysázených vrb/topolů. Různé druhy ptáků hnízdí na různě starých plantážích RRD.
- Jak plantáž stárne a výška dřevin se zvyšuje, nabízí se možnost hnízdění ptáků na zemi, keřích a později stromech.
- Nejvyšší rozmanitost ptačích druhů byla evidována na 2-5 letých plantážích.
- Rozmanitost a četnost druhů je také spojena s hustotou výsadby a množstvím plevelů.
- Různé počty chovných ptačích druhů na jednotlivých plantážích jsou důsledkem mnoha dalších faktorů, například různých plošných rozměrů, intenzity údržby, rozmanitosti krajiny atd. Právě rozmanitost krajiny má zásadní vliv na rozmanitost druhů ptactva.

Pokud bude založeno podstatné množství celistvých a intenzivně obhospodařovaných plantáží RRD (např. 20%), zvýší se tím i rozmanitost druhů (Dimitriou a kol., 2012a):

- RRD poskytnou nové možnosti přírodních stanovišť pro ptáky.
- Výskyt ptáků v lesních porostech - některé druhy RRD vyrostou do výšky stromů (výška topolů / vrb > 8 m).
- Výskyt ptáků v křoví - pokud některé plantáže jsou ve stádiu keřů s vysokou hustotou porostu (výška topolů / vrb > 1 m).
- Neexistuje žádný rozdíl mezi zemědělskou půdou a plantážemi pro ptáky, kteří potřebují otevřený prostor pro hledání potravy a hnízdění.
- Výskyt dalších druhů, které preferují neobhospodařované pastviny, neosekané oblasti a vysokou trávou – hraniční oblasti plantáží.

Další pozitivní dopad mají plantáže RRD na rozmanitost bezobratlých živočichů, jako jsou žížaly, pavouci, brouci, motýli. Je zaznamenán zvýšený počet žížal na založených plantážích RRD po řadu let (ve srovnání s ornou půdou). Výskyt bezobratlých druhů je podpořen používáním jen malého množství pesticidů a správných pěstitelských postupů.





**Obrázek 72: Posed je umístěn na okraj. Několik ptačích druhů je přitahováno především k okrajům plantáže RRD. (Zdroj: Dimitriou I.)**



**Obrázek 73: Opylování vrbových květů. (Zdroj: Nordh N-E., (vlevo) Rutz D. (vpravo))**

Speciálním využitím rostlin by mohl být sběr medu. RRD poskytuje tuto možnost pro včely medonosné, jakož i pro včely divoké (jednotlivcům i rojům):

- Včely jsou citlivé na chemikálie, a proto tyto plodiny jsou vhodné díky menšímu množství použitých prostředků ve srovnání s jednoletými plodinami.
- Zejména vrby poskytnou včasný jarní pyl, který je důležitý pro včely po zimní spánku.
- Pryskyřice z topolu a pupeny olše jsou důležitým zdrojem propolisu. Propolis je pryskyřičná směs, kterou včely sbírají z pupenů stromů. Používá se jako antiseptický materiál k udržení hygieny v úlu, stejně jako tmel pro zalepení nechtěně otevřených prostorů v úlu.
- Přízemní vegetace na plantáži je důležitým zdrojem nektaru.



- Květy trnovníku produkují velké množství nektaru, což poskytuje cenný zdroj krmiva pro včely.
- Plantáže mají úvrať, která není osázená RRD, ale může být vysazena původními lučními květinami, které poskytnou krmivo pro včely.



**Obrázek 74:** Široké okraje u RRD polí umožňují růst jiným rostlinným druhům, vytváří také přirozené koridory. (Zdroj: Nordh N-E.)

Dále jsou uvedena doporučení, která sníží negativní a zvýší pozitivních dopady na zoodiverzitu založením plantáže RRD (Dimitriou a kol, 2012a.):

- Pokud je to možné, měla by být plantáž RRD navržena s větším poměrem obvodu vzhledem k vnitřní vysazené ploše.
- Měla by být použita kombinace odrůd a klonů.
- Předností by měla být sklizeň s různým intervalem.
- Velké plochy RRD by měly být vzájemně oddělené například cestou nebo živým plotem.
- Pokud je to možné, při pěstování vrb vysazovat vrbové hybridy (*Salix* sp.) s různou dobou kvetení.
- Vyhnout se používání pesticidů. Ke zmírnění rizika poškození škůdci je doporučeno biologické ošetření.
- Procentuální podíl plochy RRD by měl být vyhrazen pro malé stanoviště, jako jsou pásy trávy a lesní plochy.
- Nové RRD plantáže by neměly být zakládány v mokřadech, mokřících loukách, kde žije mnoho živočichů.

### 9.3 Půda

Kultivace RRD má pozitivní účinky na kvalitu půdy oproti zemědělským plodinám. Seznam výhod je uveden níže. Vychází se ze zkušenosti s pěstováním RRD v zemědělské krajině (Dimitriou a kol., 2012b).

- Množství uhlíku (C) uloženého v půdní organické hmotě, je u RRD vyšší než u běžných zemědělských plodin, jako jsou obiloviny nebo intenzivně spravované travní plochy.
- Půdní organická hmota je u RRD stabilnější, než u běžných zemědělských plodin a to podporuje ukládání uhlíku v půdě.
- Eroze půdy je u RRD nižší než u běžných zemědělských plodin.
- Celkové množství dusíku v půdě je vyšší, než u běžných zemědělských plodin.
- Množství fosforu (P), jeho dostupnost pro rostlinu, je u RRD nižší, než u běžných zemědělských plodin.
- Kyselost (pH) půdy může být u RRD mírně nižší, než u běžných zemědělských plodin.
- Mikrobiální aktivita je mírně nižší, než u biomasy (listy, kořeny). To přispívá k větší akumulaci organické hmoty ve srovnání s konvenčními zemědělskými půdami.
- Koncentrace kadmia (Cd) v půdě je u RRD nižší proti zemědělským plodinám.



Obrázek 75: Tři roky starý topol, klon Max3, v březnu, Německo: opadané listy z předchozí sezóny stále pokrývají půdu. (Zdroj: Rutz D.)



Kromě toho obecně platí, že zhutnění půdy může být u RRD nižší než u jiných plodin, protože sklizeň neprobíhá každý rok. Kromě toho se lze zhutnění půdy vyhnout, pokud sklizeň proběhne v době, kdy je půda zmrzlá, a kdy jsou také požadavky na dřevo a na energii nejvyšší. Také je na plantážích zvýšený počet mykorrhizy (hub) vyskytující se obvykle mezi kořeny rostlin – ectomycorrhiza, pod topoly, vrbami, břízami a eukalypty, ve srovnání se sousední ornou půdou, což je výhodné pro koloběh živin.

A konečně lze využít plantáže k fytořemediaci kontaminované půdy. Fytořemediace je léčba kontaminované půdy znečištěné těžkými kovy, pesticidy, rozpouštědly. Provede se prostřednictvím rostlin bez nutnosti vytěžení znečištěné půdy a její likvidace jinde. Zejména některé druhy vrb mají schopnost absorbovat těžké kovy.



**Obrázek 76:** Vrbové pole (v pozadí) vedle orné půdy (foto na podzim). Pokud jsou zasazeny RRD, pak množství uhlíku v půdě je vyšší než u jiných běžných zemědělských plodin. (Zdroj: Nordh N-E).

Níže jsou uvedena doporučení pro plánování a projektování plantáží RRD:

- RRD by se mohly začít pěstovat v oblastech s nízkým počátečním obsahem organické hmoty v půdě.
- RRD by se měly pěstovat zejména v oblastech s vysokým rizikem erozí (vítr nebo půdní eroze), například pro snížení ztrát na úrodné ornici a zadržení živin před vyplavením vodou, nebo jako ochrana před větrem.
- Využití odpadu, jako je čistírenský kal pro recyklaci živin, který podporuje růst RRD, přispívá k prevenci ztrát živin a dokáže extrahovat efektivně těžké kovy.
- RRD by se měly pěstovat na sanační půdě se zvýšenou koncentrací kadmia, způsobenou dlouhodobým užíváním hnojiv nebo jiných zdrojů znečišťujících životní prostředí.
- Pro zlepšení kvality půdy (množství látek v půdě) by se RRD měly pěstovat na stejném místě po dobu nejméně tří cyklů.
- RRD by se měly sklízet v zimě, kdy je půda zmrzlá.



## 9.4 Voda

Při zkoumání dopadu RRD na vodu se výzkum zaměřil na problémy s její kvalitou - výluh živin do podzemních vod. Očekávaný dopad je většinou pozitivní. Nicméně je třeba zvážit i množství podzemní vody. Tady je očekávaný dopad obvykle negativní, a to zejména v oblastech, kde je nedostatek vody v létě. Podrobné výsledky experimentů provedených na plantážích RRD z hlediska kvality a množství vody, jsou uvedeny níže (Dimitriou a kol. (2012c).:

- Vyluhování  $\text{NO}_3\text{-N}$  do podzemních vod u RRD je podstatně nižší, než od tradičních zemědělských plodin.
- Vyluhování  $\text{PO}_4\text{-P}$  do podzemních vod je téměř stejné, nebo v některých případech z RRD o něco vyšší, než ze zemědělských plodin.
- Mírně zvýšené vyluhování  $\text{PO}_4\text{-P}$  do podzemní vod nijak nesouviselo s aplikací čistírenských kalů na RRD.
- RRD prokazatelně snižuje znečištění prostředí pesticidy.
- Oproti loukám a pastvinám se odvádí podstatně méně podzemní vody. Tento účinek lze překládat u oblasti s alespoň 20% RRD. Negativní dopad na podzemní vody je mírný.
- Sklizeň vrb vede ke zvýšení hladiny podzemní vody rok po sklizni.

Při výběru místa a plánování rozložení plantáží RRD chceme, aby se zabránilo negativním dopadům a došlo ke zvýšení pozitivních dopadů na vodu:

- RRD by se mohly pěstovat v oblastech nacházejících se v blízkosti zdrojů dusíku (například zvířecích farem, čistíren odpadních vod apod.)
- RRD by měly být pěstovány v oblastech, kde je předpokládána vysoká hladina podzemní vody (potenciálně v zaplavovaných oblastech a oblastech v blízkosti vodních ploch).
- Aplikace komunálního odpadu, jako čistírenský kal, pro recyklaci živin nemá vliv na kvalitu vody, a proto by měla být podporována.
- Častější sklizeň vede ke zvýšení hladiny podzemní vody, a proto by RRD měly být použité ke zmírnění možných negativních dopadů na krajinu v oblastech s nízkou hladinou podzemní vody.

## 9.5 Využití popelu a kalů jako hnojiva

RRD nejsou jedlé plodiny, ani krmivo pěstované na zemědělských půdách. Proto by mohlo být přijatelné zpracovávání čistírenských kalů z čistíren odpadních vod, použitých jako hnojivo pro zemědělskou půdu, protože riziko přímé kontaminace potravního řetězce je minimální. V Evropě je tato metoda v souladu s politickými rozhodnutími a může podněcovat k recyklaci fosforu a dusíku v zemědělství. Kromě toho přispívá ke zvýšení množství uhlíku v zemědělských půdách. Nicméně, čistírenský kal může obsahovat, vedle živin, i těžké kovy. To znamená, že množství těžkých kovů v půdě po aplikaci kalů musí být kontrolováno. Navíc by se měl regulovat jejich tok do systému půda-rostlina, aby se zabránilo akumulaci kovů v půdě, která by mohla později ovlivnit obsah těžkých kovů v potravinových plodinách. Ve všech evropských zemích existují předpisy, týkající se celkového množství aplikovaného kalu a přípustné koncentrace těžkých kovů v půdě. Tyto předpisy se liší od země k zemi, a je proto nutná konzultace s místními orgány ochrany životního prostředí.

Čistírenský kal není vyvážené hnojivo, protože obsahuje organicky vázaný dusík, vysoké množství fosforu, ale velmi málo draslíku. Z tohoto důvodu na plantáž RRD může být

aplikována směs kalů a dřevního popela (Dimitriou a kol., 2006). Popel naopak obsahuje vysoké množství draslíku, velmi málo fosforu a žádný dusík. Toto vyváženější hnojivo nahrazuje konvenční anorganické hnojení RRD. Ke splnění požadavků na množství dusíku v hnojivě se v některých případech mohou použít dusíkaté sloučeniny. Akumulace nebezpečných těžkých kovů a fosforu ve směsi kalů a popela by měla být minimalizována práci dřevin, které tyto prvky zachycují. Při spalování vrstva popela obsahuje nízkou koncentraci těžkých kovů a popílek z komína zachycený na filtrech vysokou. Proto se na plantáže aplikuje pouze popel. Popílek s vysokou koncentrací těžkých kovů je vyvezen na skládku jako nebezpečný odpad.

Směs kalu a popela se aplikuje na plantáž RRD ve fázi založení a po každé sklizni - jinými slovy jednou za tři až pět let. V praxi je množství použité směsi nastaveno na maximální povolené množství fosforu, které je obvykle omezené (například ve Švédsku je to asi 22 až 35 kg fosforu na hektar za rok).



**Obrázek 77:** Aplikace směsi čistírenských kalů a popela je běžnou praxí ve Švédsku. (Zdroj: Dimitriou I.)

Kadmium je považován za jeden z nejnebezpečnějších kovů pro lidské zdraví. Vrby jsou primárně schopné přijmout vysoké množství kadmia, jsou sklizeny každé tři až čtyři roky (Dimitriou a Aronsson, 2005). Když je biomasa spálena, kadmium a jiné těžké kovy zůstanou na filtrech v popílku, jsou tedy oddělené od popela, který se používá na hnojení. Často se ale veškerý popel se všemi jeho živinami odváží na skládky, protože se jeho separace nevyplácí.

## 9.6 Lesnictví

Lesnictví je systém využití půdy, ve kterém stromy, v tomto případě druhy RRD, se pěstují kolem nebo mezi plodinami nebo pastvinami. To kombinuje zemědělskou a lesnickou technologii, vytváří více různorodé, produktivní, ziskové, zdravé a udržitelné využívání půdních systémů.

Příležitosti pro lesnické systémy RRD existují především na velmi velkých polích s vysokým rizikem eroze půdy. Studie ukázaly, že RRD plantáž má pozitivní vliv na mikroklima. Ani zvýšený stín v létě nemá negativní vliv na výnosy pšenice a řepky vedle poli RRD.

Kromě toho existují příklady, kdy se v lesích a na plantážích RRD chovají zvířata jako například drůbež. Zejména v tropickém pásmu bylo prokázáno, že dochází ke zlepšení vlastností půdy, a tím k zabezpečení množství potravin a výživy pro drobné zemědělce (Kaufmann a kol., Nd).



**Obrázek 78: Agrolesnický systém na 40 ha pole v Dornburg, Německo: Topoly působí jako ochrana před větrem a pozitivně působí na mikroklima na tomto velkém poli. Dříve zde byly jen monokulturní jednoleté plodiny. (Zdroj: Rutz D.)**

## 10 Ekonomika RRD

Ekonomické výpočty týkající se rychle rostoucích dřevin se od sebe značně liší. Existuje mnoho dobrých příkladů, ve kterých je obchod s RRD pro zemědělce výhodný, ale jsou také případy, kdy ekonomika nebyla prokazatelně zisková. Je to způsobeno tím, že ekonomika závisí na několika faktorech, které jsou závislé i na umístění plantáží. Faktory, které se týkají výdajů na správu RRD, se mohou lišit jak mezi jednotlivými zeměmi, tak i mezi oblastmi ve stejném státě, dokonce i mezi jednotlivými plantážemi (například pokud už jsou k dispozici stroje, sloužící pro zpracování, či nikoliv). Také celkový zisk nebo výkupní ceny biomasy z RRD se mohou lišit místo od místa a samozřejmě země od země.

Prodejní cena dřeva je závislá na cenách jiných zdrojů energie v zemi nebo oblasti, může se také měnit v čase v závislosti na ročním období. Proto když mluvíme o ekonomice RRD je obtížné a riskantní zobecnit všechny tyto faktory. Namísto obecných výpočtů (Dimitriou a kol., 2014b) se tato příručka proto zaměří na řadu konkrétních příkladů z praxe v několika částech Evropy, včetně ekonomických podrobností o RRD a s různou správou. Tímto by se mohlo provést srovnání a porovnat tak skutečná fakta. Chcete-li si udělat celkovou představu, zjistit informace o předpokladech a postupech pěstování RRD, managementu a dalších souvisejících informacích, musíte před tím provést obecné ekonomické výpočty včetně nákladů a zisků.



### 10.1 Příklad 1: Vrby v Grästorpe, Švédsko

Tento příklad reprezentuje pěstování vrby na zemědělské půdě. Štěpka z vrby se spolu s dalšími dřevinami používá pro výrobu bioenergie v místních teplárnách. Na farmě Puckgården (o rozloze 50 ha) se na 21 ha pěstuje vrba určená na produkci biomasy pro výrobu energie. Na zbytku půdy se pěstuje oves, pšenice, hrách a řepka. Puckgården je členem místního sdružení 12 zemědělců, producentů vrby, kteří v součtu pěstují vrby na 100 ha. Toto sdružení spolupracuje na všech stupních pěstování vrby: na základě objednávky jeho členové se podílejí na provedení sklizni, dopravě a prodeji štěpky místní teplárně, jsou zaplacení zvláště na základě nákladů na pracovní dobu každého člena. Zemědělec může také pěstovat jinou surovinu, určenou pro výrobu biomasy a prodávat ji teplárně. Teplárna za to dává odměnu v €/m<sup>3</sup> štěpky, což je pro zemědělce výhodné, neboť kvalita paliva v tomto případě není hodnocena.

V letech 1991, 1992 a 1993 bylo založeno několik vrbových plantáží, dotace 10 000 SEK (asi 1 100 eur) v té době dotace pokryly veškeré náklady s tím spojené. Zemědělec používá pro hnojení při založení a v dalších letech pokaždé po sklizni asi 100 kg dusíku na hektar. Plantáž také přijímá živiny z odpadní vody z místních farem, ale procentuální množství živin na hektar je v tomto případě nízké a pro hnojení není dostačující, splňuje však funkci závlahy v létě v době sucha.

Tyto vrby se sklízí každým čtvrtým rokem na jaře (březen), kdy je půda ještě stále promrzlá. Sklizeň se provádí přímo sklízecím stojem Claas Jaguar dodaným místním zprostředkovatelem. Produkce biomasy se pohybuje mezi 8-10,7 t sušiny/ha za rok. Štěpka z vrby je uložena na hromadu na sklizené pole na dobu přibližně jednoho měsíce, poté následuje přeprava a prodej teplárně v Grästorpe. Teplárna má kapacitu 3,5 MW a zásobuje 40 % obcí a 60 % Lantmännen (zemědělská družstva vlastněná velkou většinou aktivních zemědělců ve Švédsku). Teplárna poskytuje tepelnou energii obecním budovám v obci Grästorpe (s 5641 obyvateli) a soukromým domům. V průběhu 6 měsíců v roce je kotel provozován pouze na štěpku z vrby (po zbytek roku probíhá spoluspalování s ostatní lesní štěpkou). Štěpka ale potřebuje skladování na postranních polích po dobu 1 měsíce, aby se vysušila a byla vhodná pro spalování v teplárně.

Níže jsou uvedeny výpočty nákladů na výrobu a zisky v €/ha/rok pro cenovou úroveň v roce 2011. Nejsou zde zahrnuty jednotlivé zemědělské platby. Náklady na výsadbu s tím související (tj. výsadba řízku, náklady na zařízení a pracovní sílu) byly kolem 1 110 €/ha a jsou uvedeny v Tabulce 16. Poskytnutá dotace byla 1 110 €/ha a je také v tabulce zahrnutá.

**Tabulka 16: Výrobní náklady, výnosy a zisk v €/ha/rok z vrbových plantáží v Puckgardenu.**

Náklady (€/ha/rok)	
Hnojení	38
Kontrola/údržba	22
Sklizeň	139
Doprava	105
Všeobecné náklady	55
Úroky	11
<b>Celkem</b>	<b>370</b>
Výnosy (€/ha/rok)	
štěpka	864
<b>Celkem</b>	<b>864</b>
<b>Zisk (€/ha/rok)</b>	<b>494</b>

\* Výpočty byly provedeny pomocí měnového kurzu 1 euro = 9 SEK pro pátou sklizeň při čtyřletém cyklu sklizení

\*\* Jsou zahrnuté všechny náklady s výjimkou nákladu na vlastnictví půdy

\*\*\* Náklady na správu, komunikaci a dopravu jsou zahrnuté do „všeobecných nákladů“

Je-li nižší produkce a vyšší náklady vzniklé v důsledku počátečních sklízecích cyklů, výpočty pro vrbovou plantáž jsou zahrnutý v Tabulce 17.

**Tabulka 17: Výpočet zisku vrbové plantáže na Puckgården během 5. sklizně (včetně méně produktivní, první sklizně).**

	Produkce biomasy (t/ha/rok)	Cena štěpky (€/ t sušiny)	Výrobní náklady (€/ t sušiny)	Dotace na výsadbu (€/ha/rok)	Zisky (€/ha/rok)
<b>5. sklizeň</b>	9,5	91	38,5		<b>494</b>
<b>Všechny sklizně</b>	8,8	91	52	50,5	<b>392</b>

\* Kalkulace počítá s kurzem 1 € = 9 SEK

\*\* Všechny náklady kromě pronájmu půdy jsou započítány

## 10.2 Příklad 2: Vrby v SIA ECOMARK, Lotyšsko

Tento příklad popisuje produkci dřevní štěpky z vrby na nevyužité půdě a jiných dostupných zdrojích dřeva v Lotyšsku. V Lotyšsku je rostoucí poptávka po kvalitní štěpce, briketách a peletách určených pro výrobu tepla a/nebo elektřiny, ale i po dřevním materiálu pro stavebnictví. Jsou to hlavní důvody pro vznik a rozvoj firem, zabývajících se pěstováním vrb na zemědělské půdě v Lotyšsku. Hlavním cílem těchto společností je poskytovat obnovitelné zdroje a prodávat surovinu z rychle rostoucích druhů dřevin, určených pro výrobu tepla a elektřiny, pěstovaných na nevyužité zemědělské půdě, a tím ji převést do produktivních polí RRD. Společnost Sia Ecomarc má dohodu se švédskou společností AB Salixenergy na výrobu a prodej rozmnožovacího materiálu v Lotyšsku. Jeden rok staré výhonky se používají k výrobě řízků jako sadby pro nově založené plantáže. Od roku 2012 společnost má dvě zařízení pro pěstování a dvojřádkovou výsadbu, sloužící k vytvoření nových plantáží, což jí zároveň umožňuje být nezávislou na poskytovatelích těchto služeb.

Tato firma začala pěstováním na malých vrbových plantážích, které byly zasazené pro demonstraci a ukázkou pěstování vrb na zemědělských půdách. První plantáž byla osázena v té době nejlepšími dostupnými klony vrb, a to švédskými vyšlechtěnými klony Tora a Torhild, ale také rostlinným materiálem z Litvy a Maďarska. Maďarské klony *Salix alba* by mohly přežít v lotyšských podmínkách, ale jejich výhonky trpěly poškozením při zimní námraze. Původní nápad pěstování vrb jako zemědělských plodin pro výrobu energie přišel jako inspirace ze Švédska. Tehdy zemědělská půda byla ještě levná, a proto to bylo ekonomicky výhodné (500-700 €/ha). V posledních letech půda zdražila a v současné době nevyužitá a dokonce opuštěná půda se prodává až za 1000 €/ha. Firma se také zabývá údržbou pozemků, odstraňuje přirozeně vzniklé listnaté a smíšené lesní porosty, které využívá na výrobu štěpky. Během posledního čtvrtletí roku 2012 SIA Ecomarc začala vyrábět štěpku ze dřeva.

SIA Ecomarc plánuje využívat průmyslové štěpkovače a vyrábět měsíčně kolem 7000 m<sup>3</sup> štěpky. Tato štěpka je vyrobena z různých materiálů dostupných na trhu: štěpka ze zemědělských a lesních zbytků, zbytky z pil, palivové dřevo, keře a drobné porosty z opuštěných zemědělských pozemků. Zákazníci také využívají služby spojené se štěpkováním, která tato společnost nabízí. Vrby zasazené na jaře 2012 se budou sklízet v zimě 2014-2015.

Náklady související s touto problematikou (na rok 2013) jsou uvedeny v této případové studii níže. Náklady jsou rozděleny podle různých stupňů správy. Společnost nemá dosud sklizené vrbové plantáže, a proto nejsou k dispozici žádné údaje spojené s touto činností.

- Cena řízku 0,065 €/ks nebo 0,325 €/m (náklady se rovnají 780-975 €/ha)
- Náklady na přípravu půdy: 230-360 €/ha (včetně postřiku chemikálií, odstraňování kořenů stromů, kamenů, další úkony spojené s výsadbou)
- Výsadba: 215 €/ha
- Mechanické hubení plevelů (postřik mezi dvěma řádky): 55 €/ha (provádí se jednou)
- Regulace plevelu pomocí herbicidů (Stomp CS): 80 €/ha

## 10.3 Příklad 3: Topoly v Göttingen, Německo

S využitím německých kotlů na biomasu pro vytápění výrobce Viessmann se začalo před několika léty díky programu „Efficiency plus“. Cílem tohoto programu bylo dodávat výrobky do průmyslových budov a vyrábět tepelnou energii z dřevní biomasy a hlavně biomasy z topolů. Kotel na biomasu vyrábí teplo ze štěpky RRD, které rostou na 180 ha zemědělské půdy.

Za účelem zásobování kotelny štěpkou, Viessmann založil testovací pilotní program určený k nákupu nebo pronájmu místní zemědělské půdy a pěstování rychle rostoucích rostlin na ni.



Na jejich vlastních plantážích proběhla sklizeň v roce 2007 a v květnu 2008 byl materiál použit k výsadbě prvních 130 ha rychle rostoucích topolů. Kromě toho na dalších menších plochách byly vysazeny jiné druhy RRD, jako například Paulownia, Igniscum, Salix a další.

Plantáže RRD byly poprvé sklizeny na přelomu 2009/2010, z úrody se vyrobila dřevní štěpka, která byla použita k výrobě tepla v továrně Viessmann.

Plantáže, které využívá společnost Viessmann pro výrobu energie, se staly jedním a nejlepším příkladem dobré praxe v Německu z následujících důvodů:

- V počátečních fázích projektu byly zapojeni všichni partneři: orgány na ochranu přírody, vodohospodářský úřad, místní orgány, zemědělská správa, místní sdružení zemědělců a místní sdružení myslivců.
- Pro lokalizaci Allendorfu, popřípadě umístění plantáží, bylo provedeno několik výzkumných projektů, některé z nich ještě stále běží, jako například "ELKE", "ProLoc II" a "Naturschutzfachliche Anforderungen an KUP". Tyto projekty zajišťují podmínky a podílejí se na udržitelnosti RRD v Německu.
- Projekt obdržel několik ocenění, nejvýznamnějšími je německé ocenění za udržitelnost (2009,2011), cenu Energetické účinnosti 2010 a cenu Energy Globe World Award 2012.

První sazenice byly vysazeny v roce 2008, ale k tomu nejsou k dispozici žádné údaje o hustotě osazení (např. počet sazenic na ha) nebo množství sazenic. Pro každou plantáž byl vyvinut vlastní plán pro pěstování. Níže jsou uvedené některá klimatická data oblasti Allendorf:

- Nadmořská výška: 250-708 m.n.m.
- Půda: Horní zvlhčená vrstva pískovce
- Průměrná roční teplota: 6,5 -8,5 °C

Vezmeme-li v úvahu skutečnost, že Viessmann vyrábí systémy k zajištění vytápění a ohřevu vody, jako jsou kotle na dřevo, plantáže RRD pak dokonale zapadají do výrobního řetězce bioenergie v Allendorfu. Kromě toho použití biomasy z RRD ve stávajících řetězcích se zdá být ideální, snižuje tlak na zvyšující se požadavky na výrobu dendromasy a vede k přesunutí výroby jinam, lesy jsou více využívány pro rekreaci a jiné použití v této oblasti. Nicméně je třeba zlepšovat technologie, zejména co se týče sklizně a kvality vyrobené štěpky.

Na základě skutečné sklizně v Allendorfu byl proveden výpočet. Výsledky jsou uvedeny v Tabulce 18 spolu s dalšími předpoklady.

Tabulka 18: Přehled nákladů a výnosů v eurech z plantáže RRD v Allendorfu (Zdroj: von Harling a Viessmann, 2009)

Náklady / výnosy	Náklady €	Výnosy € *	Komentář
Řízky	1 650		11 000 řízků na ha Cena/řízek 0,08-0,23 €/ks (0,15 €/ks)
Řízky (vlastní výroba)	0		
Chemická herbicidní ochrana na podzim	20		Použití chemické ochrany (podzim): 5 l/ha
Použití chemické ochrany	22		
Podzimní orba	94		
Chemická herbicidní ochrana na jaře	12		Použití chemické ochrany (jaro): 3 l/ha
Použití chemické ochrany	22		
Vyplenění na jaře	47		
Náklady na výsadbu	1 100		
Mulčování na začátku léta	33		
Náklady na sklizeň	7 500		Sklizeň 15 €/t Doprava 10 €/t
Účetní závěrka a daně	2 071		
Poplatky za pracovní místa	1 036		
Konzultace	31		
Personální náklady Viessmann	3 000		
Rekonverze (1 000 €/ha)	1 000		
Prodej dřevní štěpky		19 500	Prodejní cena (dřevní štěpka): 65 € /t absolutní sušiny
Dotace		571	
Příjmy z majetku (pronájem luk a pastvín)		166	
Bonus (energetické plodiny)		300	
Tržby za prodej řízků z vlastní výroby		0	
<b>Zůstatek</b>	<b>-4 000</b>	<b>6 899</b>	<b>2,899</b>

\*Předpoklad: životnost plantáže 30 let (sklizeň každé 3 roky)

#### 10.4 Příklad 4: Vrby v Brittany, Francie

V letech 2004-2007 byly v Bretani vysazeny vrby na 100 hektarech, které byly určeny pro rozvoj výzkumného projektu „EU Life Enviroment“ zabývajícího se produkcí tepla na místní úrovni. Cílem projektu bylo zasadit RRD v regionu a prokázat jejich prospěšnost při čištění odpadních vod. Zvláštní důraz byl kladen na ekonomickou životaschopnost projektu, nalezení a nastavení nejlepších předpokladů výroby pro danou oblast s důrazem na způsob rozvoje místního řetězce výroby tepla. Byly provedeny různé studie s cílem stanovit kritéria a analyzovat výsledky, aby bylo možné vytvořit koncepci a použít výsledky v jiných zajímavých

oblastech. V souvislosti s hlavními cíli projektu Wilwater jsou tyto výsledky rozdělené do třech různých kategorií:

- Cíl 1: produkce dřevní štěpky pro výrobu tepla
- Cíl 2: ochrana životního prostředí, zavlažování plantáží použitím odpadních vod, ochrana pitné vody
- Cíl 3: nakládání s kaly z čistíren odpadních vod

Cílem při zahájení projektu Wilwater bylo najít multi-kriteriální přístup k RRD a překonat ekonomické problémy spojené s výrobou RRD ve Francii. Ve skutečnosti plantáže RRD ve Francii, určené pro výrobu tepla, byly založeny jen v malém měřítku a politická podpora RRD byla také jen okrajová, proto cílem bylo najít nové způsoby jak přidat RRD do řetězce. Všichni aktéři zapojení do projektu trvali na tom, že mají více než jen ekonomickou motivaci:

- Motivace k větší autonomii (předpoklad produkce vlastní energie, vytvoření trvalého systému nakládání s odpadní vodou, vytvoření místních dodavatelských řetězců)
- Motivace k vytvoření nových regionálních a místních partnerství (budování vztahu mezi zúčastněnými stranami)
- Motivace ve vizuální podobě (sdělování inovačních aktivit)

Partnerská spolupráce byla zahájena mezi místními obcemi, které provozují jednotky na výrobu tepla, mezi místními komunálními čistírnami odpadních vod, zemědělci a mezi místními energetickými společnostmi. V rámci projektu bylo vytvořeno několik pilotních lokalit s konkrétní obchodní strategií pro každou z nich. Níže je uvedena jedná z těchto strategií v rámci projektu Wilwater pro město Pleyber-Christ.

Pleyber-Christ je městečko, které má 2 800 obyvatel. Vrbové porosty RRD se zde zalévají odpadní vodou (100 m<sup>3</sup>/ha po dobu 3 let), tyto porosty se pak zpracují na štěpku a použijí se k výrobě tepla pro obecní budovy (150 kW). Roční spotřeba energie obce se odhaduje na 217 MWh, to odpovídá 110 tunám dřevní štěpky při 25% vlhkosti. RRD byly vysazené na veřejné půdě zemědělského podniku pomocí stroje STEP (náklady činí 2 800 €/ha včetně přípravy půdy). V prvním a druhém roce růstu zalévání plantáží odpadní vodou provádělo zemědělské družstvo obce (CUMA de Pleyber-Christ). Ve třetím roce už byly vrby příliš vysoké pro tento postup. Sklizeň začíná od 3 roku růstu s intervalem 3 let. Sklizeň provádí servisní služba regionálního zemědělského družstva (CUMA Breizh Energie), která investovala do stroje STEAMSTER. Družstvo místních zemědělců má na starosti přepravu štěpky do sušící jednotky, která je provozována kooperativním podnikem (Société Cooperative d'Intérêt Collectif), vytvořeném pro tuto akci. Projekt získal několik dotací (například z regionálních fondů získal dotaci ve výši 50% na vytvoření systému pro výrobu tepla). Odhaduje se, že obec ušetří 20 000 €/rok nahrazením energie z fosilních paliv za RRD.

V letech 1998 až 2001 bylo v Bretani vysazeno 13 ha RRD v deseti různých oblastech za účelem vyzkoušet ekonomickou a technickou proveditelnost plantáží RRD.

V letech 2002 až 2006 bylo ve městě vysazeno dalších 5 ha RRD za účelem vyzkoušet zalévání RRD odpadní vodou, spojené také s výstavbou teplárny pro obec.

The Association d'Initiatives Locales pour l'Energie et l'Environnement (AILE) byl partnerem těchto projektů a založil projekt Wilwater k tomu, aby mohl navázat na předchozí výsledky.

Zaměření na čištění odpadních vod (zalévání) bylo umožněno až po změně zákona, kdy zemědělci už nemohli využívat odpadní vodu pro zalévání polí s potravinářskými plodinami a proto museli najít jiné způsoby čištění. Obce vytvořily partnerství mezi zemědělci a místním průmyslem za účelem nalezení inovativního způsobu, jak tuto změnu překonat.

Pomocí speciální sázečky byly vysázeny 4 různé druhy vrb, zvolené na základě aspektů produktivity a jejich odolnosti vůči plísni (Björn, Tora, Torhild a Olof). Hustota zasazení rostlin byla 16 000 na hektar. Byly použité prostředky proti klíčení plevelu, stejně tak byla



použitá umělá hmota pro zakrytí, která je schopná rozkladu. Zemědělské stroje pro výsadbu byly nastavené tak, aby bylo možné později provádět mechanické odstraňování plevelu mezi řádky. Používaly se také speciální stroje, které zalévaly 2 a 3 roky staré vrby odpadní vodou.

S cílem přizpůsobit se klimatickým podmínkám v Bretani byla sklizeň a výroba vrbové štěpky prováděna v době, kdy už jsou všechny listy na stromech spadlé. Sklízecí stroj STEMSTER, který vlastní Služby regionálního družstva (CUMA Breizh Energie) může sklízet až 250 ha RRD za zimu: lze tedy sklídit všechny plantáže v této oblasti.

Využití štěpky vyrobené z RRD pro výrobu tepla v místních systémech je nezbytné pro dosažení ekonomické rovnováhy projektu. Předpokladem pro úspěch tohoto projektu je doporučení, aby dřevní štěpka se vyráběla v co nejkratší vzdálenosti od místního zdroje výroby tepla nebo přímo pro osobní potřebu zemědělců. Místní producenti tepla v obcích Bretani již investovali do nových zařízení. Plantáže RRD byly proto součástí obrazu pro rozvoj místního bioenergetického řetězce. Tady jsou příklady využití štěpky:

- Jeden zemědělec dokáže vyrobit teplo pro 3 domy
- Výroba tepla pro školu v obci
- Výroba tepla pro administrativní budovy v obci

Výpočty výrobních nákladů a výnosů v €/ha/rok jsou uvedeny v Tabulce 19, Tabulce 20 a Tabulce 21, pro cenovou hladinu v roce 2007.

**Tabulka 19: Plantáže - výrobní náklady za rok v €/ha**

<i>Náklady (€/ha/rok)</i>	
<b>Příprava půdy</b>	250
<b>Hnojení</b>	100
<b>Ošetření proti parazitům</b>	90
<b>Ošetření proti plevelu</b>	305
<b>Výsadba</b>	1 800
<b>Údržba (mechanické odplevelování)</b>	85
<b>Pletí (jiné)</b>	210
<b>Prořezávání</b>	60
	<i>Celkem</i> <b>2 900</b>

\* náklady spojené s vlastnictvím půdy nejsou zahrnuté

**Tabulka 20: Sklizeň - výrobní náklady za rok v €/ha**

Náklady (€)	Nejnižší odhad	Nejvyšší odhad
<b>Výsadba (více viz Tabulka 19)</b>	2300 €/ha	2800 €/ha
<b>Hnojení (zalévání) – 1x nebo 2x za tříletý cyklus</b>	180 €	480 €
<b>Sklizeň každé tři roky s použitím zařízení STEAMSTER, štěpkování a doprava</b>	850 €/ha	1800 €/ha
<b>Roční náklady po dobu 20 let</b>		
• <b>Se zalévání</b>	424 €/ha/rok	824 €/ha/rok
• <b>Bez zalévání</b>	370 €/ha/rok	680 €/ha/rok
<b>Skladování štěpky (25% vlhkost)</b>	6 €/t	36 €/t
<b>Výnos (odhad) pro 25% vlhkost</b>	10,7 t/ha/rok	13,3 t/ha/rok

Investici do těžebního stroje STEAMSTER může být roční sklizeň optimalizována na 200 ha.

**Tabulka 21: Zisk z plantáže RRD (náklady na sklizeň a údržbu plantáže jsou nižší, protože je provádí zemědělec sám, nikoli subdodavatel)**

Zisk (€/ha/rok)	Maximální sklizeň (200 ha)	dnes
<b>Bez zalévání, prodej bez sušení</b>	38	-250
<b>Bez zalévání, použití na farmě</b>	406	118
<b>Se zaléváním, prodej bez sušení</b>	-43	-331
<b>Se zaléváním, použití na farmě</b>	325	37

### 10.5 Příklad 5: Vrby v Enköping, Švédsko

Tento projekt znázorňuje 76 ha vrbových plantáží, které jsou zavlažované odpadní vodou z obecní čistírny odpadních vod. Biomasa se používá k výrobě tepla a elektrické energie.

Nynäs Gård je zemědělská firma, která spolupracuje s místní čistírnou odpadních vod a s firmou ENA-Energii, která kombinovaně vyrábí teplo a elektrickou energii. Plantáže vrb jsou zavlažované asi 200 000 m<sup>3</sup> směsí vyčištěné a znečištěné odpadní vody (20 000 m<sup>3</sup> neupravené, bohaté na živiny odpadní vody). Byla vytvořena smlouva na dobu 15 let mezi zemědělcem a čistírnou odpadních vod, která zavazuje čistírnu distribuovat odpadní vodu na vrbové plantáže zemědělce. Kromě toho ve smlouvě je uvedeno, že ENA-Energie dostane od Nynäs Gård štěpku z vrb. Sklizeň na začátku zajišťovala ENA-Energie, ale v poslední době zemědělec sám spolupracuje s podnikateli v této oblasti.

V letech 1998-2000 byla vysazena plantáž vrb o velikosti 76 ha. Tato plocha je rozdělena do několika oblastí, větší z nich má asi 30 ha a další mezi 6 -15 ha. Dotace na výsadbu v té době byly 5000 SEK (asi 550 eur) na hektar a pokryly přibližně polovinu nákladů na založení

plantáží. Půda se před výsadbou ošetřila proti plevelu pomocí herbicidů, pak se zorala a před výsadbou se ještě jednou mechanicky vyplenila. Mechanické odplevelení se praktikuje i rok po výsadbě. Plocha 76 ha je osázena řadou různých klonů vrby v pásech 15 dvouřádků (0,75 a 1,25 m mezi řádky a 0,5 m vzdálenost mezi rostlinami v řadě). Rostliny jsou zavlažovány odpadní vodou v průběhu vegetačního období po dobu asi 100 dní.

Plantáž vrby se sklízí každé tři roky speciálně navrženým kombajnem, který současně vrbu štěpkuje. Štěpka nemusí být uskladněná, aby se vysušila, ale může být převezena a přímo použitá pro kombinovanou výrobu tepla a elektrické energie, kotelna se nachází asi 2 km od plantáže. Zdroj má tepelný výkon 55 MW a elektrický výkon 24 MW. Štěpka z vrby se spaluje společně s ostatní dřevní biomasou, slouží jako palivo pro výrobu tepla a elektřiny.

Níže jsou uvedeny výrobní náklady a výnosy v €/ha za rok pro cenovou hladinu v roce 2011. Některé zemědělské platby nejsou zahrnuté. Náklady na výsadbu (použití zařízení, náklady na nákup řízků a pracovní sílu) byly asi 1 222 €/ha a jsou shrnuté v Tabulce 22. Dotace na výsadbu činí 555 €/ha.

**Tabulka 22: Náklady a výnosy v €/ha/rok pro vrby v Nynäs Gård**

<i>Náklady (€/ha/rok)</i>	
<b>Údržba</b>	22
<b>Sklizeň</b>	238
<b>Doprava</b>	148
<b>Všeobecné náklady</b>	55
<b>Úroky</b>	15
<i>Celkem</i>	<b>478</b>
<i>Výnosy (€/ha/rok)</i>	
<b>Štěpka</b>	896
<b>Využití odpadní vody</b>	219
<i>Celkem</i>	<b>1115</b>
<b>Zisk (€/ha/rok)</b>	<b>637</b>

\* Výpočty byly provedeny pomocí měnového kurzu 1 euro = 9 SEK, pro třetí sklizeň při čtyřletém cyklu sklizení

\*\* Jsou zahrnuté všechny náklady s výjimkou nákladu na vlastnictví půdy

\*\*\* Náklady na správu, komunikaci a dopravu jsou zahrnuté do „všeobecných nákladů“

Je-li nižší produkce a vyšší náklady, může to být způsobeno tím, že do výpočtu jsou zahrnuty první sklizně, které jsou méně produktivní. Výpočty pro vrbové plantáže v Nynäs Gård jsou uvedené v Tabulce 23.



**Tabulka 23: Zisk z plantáží vrb, zavlažovaných odpadní vodou v Nynas Gard během 3. sklizně čtyřletého cyklu a výpočet zisku pro všechny cykly sklizně (včetně méně produktivního prvního cyklu)**

	<b>Produkce biomasy (t/ha/rok)</b>	<b>Cena štěpky (€/t sušiny)</b>	<b>Výrobní náklady (€/t sušiny)</b>	<b>Dotace na výsadbu (€/ha/rok)</b>	<b>Kompenzace odpadních vod</b>	<b>Zisk (€/ha/rok)</b>
<b>3. sklizeň</b>	9	99,5	53		219	<b>637</b>
<b>Všechny cykly sklizně</b>	8,3	99,5	65	227	219	<b>529</b>

\* Výpočty byly provedeny pomocí měnového kurzu 1 euro = 9 SEK pro třetí sklizeň při čtyřletém cyklu sklizení

\*\* Jsou zahrnuté všechny náklady s výjimkou nákladu na vlastnictví půdy

## Slovník a zkratky

**Poznámka:** Slovník a seznam zkratek popisuje a definuje různé specifické nebo běžné výrazy, pojmy a slova, které jsou používány v této příručce. Hlavním cílem tohoto seznamu je usnadnit překlad příručky do národních jazyků. Některé výrazy jsou převzaty z Wikipedie.

**Barel ropného ekvivalentu (boe):** Množství energie, kterou obsahuje barel ropy tj. 6,1 GJ, je rovno 1 700 kWh. Barel ropy je 42 amerických galonů (35 imperiálních galonů nebo 159 litrů); přibližně 7,2 barelů je roven tuně ropného ekvivalentu (metricky)

**Bezobratlí:** zvířata, která nedisponují vyvinutou páteří. Mezi bezobratlé patří hmyz, kraby, humři a jejich rody, šneci, škeble, chobotnice a jejich rody, hvězdice, mořské ježovky a jejich rody a červi

**Centrální zásobování chladem:** Centrální zásobování chladem je systém dodávek chladu, kdy se chlad vyrábí centrálně ve vzdáleném zdroji a následně je rozváděno teplotními sítěmi odběratelům do větších územních celků, městských čtvrtí, sídlišť, nebo průmyslových zón

**Centrální zásobování teplem:** Centrální zásobování teplem je systém dodávek tepla pro vytápění a ohřev teplé vody, kdy je teplo vyráběno centrálně ve vzdáleném zdroji a následně je poté rozváděno teplotními sítěmi odběratelům do větších územních celků, městských čtvrtí, sídlišť, nebo průmyslových zón

**CO<sub>2</sub>:** Oxid uhličitý

**CZT:** Centrální zásobování teplem

**Fosilní paliva:** Fosilní paliva se tvořila miliony let přírodními procesy, jako je anaerobní rozklad mrtvých organismů

**Gamma diverzita:** Nejvyšší úroveň je regionální, popř. nadregionální druhová diverzita, neboli gama – diverzita. Podle Whittakera je celkovou diverzitou dané oblasti a je definována součinem beta -diversity a průměrné alfa – diverzity. V jiném pojetí je obdobou beta – diverzity ve větším měřítku, porovnávající rozdíly mezi druhovým složením společenstev v různých regionech

**Globální oteplování:** Výraz globální oteplování, resp. změna, je používán především pro poslední oteplování, které započalo na začátku 20. století a projevuje se jednoznačným a pokračujícím růstem průměrné teploty klimatického systému Země a které je, dle názoru většiny vědců, silně ovlivněno aktivitami člověka. K většině oteplování (90 %) od roku 1971 došlo v oceánech. Přestože oceány hrají dominantní roli v akumulaci energie, termín "globální oteplování" je také používán pro zvyšování průměrné teploty vzduchu a povrchových vod. Od počátku 20. století došlo k nárůstu teploty vzduchu a povrchových vod o 0,8 °C, z toho asi dvě třetiny nárůstu nastaly od roku 1980

**GWP:** viz Globální oteplování

**Instalovaná kapacita:** je součet tepelné a elektrické kapacity výkonu zdroje

**Joule (J):** Metrická jednotka energie 1 joule (J) = 0,239 kalorie; 1 kalorie (cal) = 4,187 J

**Kapacita:** Maximální okamžitý výkon zdroje za určitých podmínek. Generovaná kapacita zařízení se obecně vyjadřuje v kilowatech nebo megawatech

**KGJ:** Kogenerační jednotka: Kogenerační jednotky jsou vysoce sofistikovaná technologická zařízení určená ke společné výrobě elektřiny a tepla. Jedná se o spojení spalovacího motoru, generátoru, soustavy tepelných výměníků a řídicího systému, slouží k výrobě elektřiny a tepla

**Kilowatt (kW):** jednotka výkonu rovna 1 000 watt

**Kilowatthodina (kWh):** Nejpoužívanější jednotka v energetice. Jedná se o jednotku práce.

**Kogenerace:** Současná produkce tepla a elektrické energie.

**Kogenerační jednotka:** Kogenerační jednotky jsou vysoce sofistikovaná technologická zařízení určená ke společné výrobě elektřiny a tepla. Jedná se spojení spalovacího motoru, generátoru, soustavy tepelných výměníků a řídicího systému

**Kondenzační kotle:** Kondenzační kotle jsou ohřivače vody s vysokou účinností (obvykle vyšší než 90 %), které se dosáhne za použití odpadního tepla ve spalínách pro přehřívání studené vody vstupující do kotle.

**kW<sub>el</sub>:** jednotka elektrického výkonu

**kWh:** kilowatthodina

**kW<sub>th</sub>:** jednotka tepelného výkonu

**m<sup>3</sup>:** metr krychlový

**MIází:** Využívá se schopností některých dřevin tvořit pařezové kořenové výmladky

**ORC:** Organický Rankinův cyklus

**Organický Rankinův Cyklus:** Zařízení pomocí kogeneračního procesu vyrábí z biomasy (např. dřevěná štěpka) elektrickou energii a teplo. Biomasa je spalována v kotli. Horké plyny předávají ve výměníku teplo do olejového oběhu (termoolej). Zbývající teplo je dále redukováno ve vodním výměníku (ekonomizér), odpadní plyny jsou po vyčištění ve filtru odváděny do okolního prostředí komínem. Okruh termooleje tvoří zdroj energie pro výrobu elektrického proudu v zařízení ORC. Je jím zásobován uzavřený oběh, ve kterém je odpařováním silikonového oleje poháněn blok turbogenerátoru. Poté pára kondenzuje, uvolněná tepelná energie je formou teplé vody odváděna zpět do tepelné sítě. Ve vodním výměníku (ekonomizéru) kotle na biomasu je vodní okruh dále ohříván na požadovanou hodnotu

**Oxid Uhličitý:** CO<sub>2</sub> je přirozeně se vyskytující chemická sloučenina, skládající se ze dvou atomů kyslíku, které jsou kovalentně vázány na jediný atom uhlíku. Jedná se o plyn při standardní teplotě a tlaku a existuje v zemské atmosféře v tomto stavu jako stopový plyn v koncentraci 0,039 % objemových jednotek

**pH:** Hodnota sledující kyselost (pod pH 7) nebo zásaditost (nad pH 7) půdy. Čistá voda má pH rovno sedmi

**Polínka:** nařezané RRD na 5–15 cm (dlouhá štěpka)

**Pruty:** Sklizeň RRD do 8 m výšky

**r:** rok

**Ropný ekvivalent:** odpovídá 42 GJ.

**RRD:** Rychle rostoucí dřeviny

**RRL:** Rychle rostoucí lesnictví

**RRP:** Rychle rostoucí plantáže

**Řízky:** Řízky jsou 25 cm dlouhé proutky RRD, které se využívají při sadbě

**SI:** Mezinárodní soustava jednotek

**Skleníkové plyny (GHG):** Skleníkové plyny jsou plyny, vyskytující se v atmosféře Země, které nejvíce přispívají k tzv. skleníkovému jevu (efektu). Nejvýznamnější skleníkové plyny přirozeného původu jsou vodní pára, oxid uhličitý, metan a oxid dusný

**Svazek:** Svázané RRD do svazku

**Štěpka:** naštěpkované RRD velikosti 5 x 5 x 5 cm



**Teplo:** je ta část změny vnitřní energie, která nemá povahu ani práce (elementární práce je rovna obecné síle skalárně násobené obecným posunutím), ani chemické práce (chemický potenciál krát změna množství látky). Jde zpravidla o energii, kterou systém vymění (tj. přijme nebo odevzdá) při styku s jiným systémem jiné teploty a mluvíme o tepelné výměně. Teplo popisuje procesy, v nichž se odehrává spousta chaotických „mikroprací“, tj. srážek jednotlivých částic, které přímo nemůžeme sledovat ani měřit. O práci mluvíme, když způsobenou změnu energie můžeme vyjádřit jako součin veličin povahy síla krát posunutí. U tepla se změna energie jako součin jiných přímo měřitelných veličin vyjádřit nedá; pro systém v rovnováze jde o součin teplota krát přírůstek entropie. Teplo je dějovou fyzikální veličinou popisující termodynamický děj (posloupnost stavů systému).

**Úvrat:** Místo, kde začíná a končí pole a obvykle se zde otáčí stroje

**Vlhkost:** Vlhkost je základní vlastnost vzduchu. Vlhkost vzduchu udává, jaké množství vody v plynném stavu (vodní páry) obsahuje dané množství vzduchu

**Výhonek:** V botanice se výhonky skládají ze stonků včetně jejich částí, listů a bočních pupenů, kvetoucí stopky a poupat

**Watt (W):** Dle SI je to jednotka výkonu. Jedná se o práci vykonanou za určitý čas

## Latinské a místní názvy rostlin

**Poznámka:** Obecně platí, že se jedná o druhy, které se používají buď přímo jako RRD, používané pro křížením klonů, nebo jsou uvedené kvůli vhodnosti pro RRD. U některých druhů jsou zkušenosti pro jejich vhodnost jako RRD jsou omezené. Společné české názvy jsou široce používány.

<u>Botanical name</u>	<u>Český název</u>
<i>Alnus spp.</i>	Oíše
<i>Alnus glutinosa</i>	Oíše lepkavá
<i>Alnus incana</i>	Oíše šedá
<i>Amorpha fruticosa</i>	Netvařeckřovitý
<i>Acacia melanoxylon</i>	Akácie černodřevá
<i>Acacia saligna</i>	Akácie modrolistá
<i>Acer pseudoplatanus</i>	Javor klen
<i>Betula spp.</i>	Bříza
<i>Broussonetia papyrifera</i>	Papírovník čínský
<i>Corylus avellana</i>	Líska obecná
<i>Cynara cardunculus</i>	Artyčok kardový
<i>Eucalyptus spp.</i>	Blahovičnick
<i>Eucalyptus globulus</i>	Blahovičnick kulatoplodý
<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Blahovičnick camalduledský
<i>Eucalyptus gunnii</i>	Blahovičnick Gunnův
<i>Eucalyptus nitens</i>	Blahovičnick nící
<i>Fraxinus excelsior</i>	Jasan ztepilý
<i>Morus papyrifera</i>	Banis papírodajný
<i>Nothofagus</i>	Pabuk
<i>Paulownia</i>	Paulovnie
<i>Platanus occidentalis</i>	Platan západní
<i>Populus spp.</i>	Topol
<i>Populus deltoides</i>	Topol americký
<i>Populus koreana</i>	Topol korejský
<i>Populus maximowiczii</i>	Topol Maximovičův
<i>Populus nigra</i>	Topol černý
<i>Populus tremula</i>	Topol osika
<i>Populus tremuloides</i>	Topol osikovitý
<i>Populus trichocarpa</i>	Topol Chlupatoplodý
<i>Robinia pseudoaccacia</i>	Trnovník akát

---

<i>Salix spp.</i>	Vrba
<i>Salix aegyptiaca</i>	Vrba egyptská
<i>Salix caprea</i>	Vrba jíva
<i>Salix dasyclados</i>	Vrba drsnovětvá
<i>Salix discolor</i>	Vrba americká
<i>Salix rehderiana</i>	Vrba Rehderova
<i>Salix schwerinii</i>	Vrba schwerinii
<i>Salix triandra</i>	Vrba trojmužná
<i>Salix udensis</i>	Vrba udensis
<i>Salix viminalis</i>	Vrba košíkářská
<i>Ulmus spp.</i>	Jilm



## Převody jednotek

Tabulka 24: Předpony energetických jednotek

Předpona	Zkratka	Faktor	Kvantita
deka	d	10	Deset
hekto	h	10 <sup>2</sup>	Sto
kilo	k	10 <sup>3</sup>	Tisíc
Mega	M	10 <sup>6</sup>	Milión
Giga	G	10 <sup>9</sup>	Bilión
Tera	T	10 <sup>12</sup>	Trilión
Peta	P	10 <sup>15</sup>	Quadrilión
Exa	E	10 <sup>18</sup>	Quintilión

Tabulka 25: Jednotky objemu štěpky v různých jazycích

Jazyk	Terminologie		
<b>Angličtina</b>	Solid cubic meter <b>Solid m<sup>3</sup></b>	Bulk cubic meter <b>Bulk m<sup>3</sup></b>	Stacked cubic meter <b>Stacked m<sup>3</sup></b>
<b>Chorvatština</b>	Puni kubni metar <b>m<sup>3</sup></b>	Nasipni metar <b>Nasipni m<sup>3</sup></b>	Prostorni metar <b>Prostorni m<sup>3</sup></b>
<b>Čeština</b>	Plnometr-pevný metr <b>(plm) [m3]</b>	Sypný metr <b>(prms) [m3]</b>	Prostorový metr-rovnaný <b>(prm) [m3]</b>
<b>Francouzština</b>	Mètre cube de bois plein <b>m<sup>3</sup></b>	Mètre cube apparent plaquette <b>MAP</b>	Stère <b>stère</b>
<b>Němčina</b>	Festmeter <b>Fm</b>	Schüttraummeter <b>Srm</b>	Schichtraum. (ster) <b>rm</b>
<b>Řečtina</b>	Συμπαγές κυβικό μέτρο <b>κ.μ. ή m<sup>3</sup></b>	Χωρικό κυβικό μέτρο χύδην <b>χ.κ.μ. χύδην</b>	Χωρικό κυβικό μέτρο στοιβαχτού <b>χ.κ.μ. στοιβαχτού</b>
<b>Italština</b>	Metro cubo <b>m<sup>3</sup></b>	Metro stero riversato <b>msr</b>	Metro stero accastato <b>msa</b>
<b>Lotyština</b>	Kubikmetrs (cieškubikmetrs) <b>m<sup>3</sup></b>	Berkubikmetrs <b>m<sup>3</sup><sub>ber</sub></b>	Kraujmetrs vai sters <b>m<sup>3</sup><sub>kr</sub></b>
<b>Makedonština</b>	poln kuben metar	nasipen kuben metar	prostoren kuben meatr
<b>Polština</b>	metr sześcienny <b>m<sup>3</sup></b>	metr nasypowy <b>mn</b>	metr przestrzenny <b>mp</b>
<b>Slovinština</b>	Kubični meter <b>m<sup>3</sup></b>	Prostrni meter <b>prm</b>	Nasut kubični meter <b>Nm<sup>3</sup></b>

Tabulka 26: Převody fyzikálních jednotek

	kJ	kcal	kWh	TCE	m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	toe	barrel
1 kJ	1	0,2388	0,000278	3,4 · 10 <sup>-8</sup>	0,000032	2,4 · 10 <sup>-8</sup>	1,76 · 10 <sup>-7</sup>
1 kcal	4,1868	1	0,001163	14,3 · 10 <sup>-8</sup>	0,00013	1 · 10 <sup>-7</sup>	7,35 · 10 <sup>-7</sup>
1 kWh	3,600	860	1	0,000123	0,113	0,000086	0,000063
1 TCE	29.308.000	7.000.000	8.140	1	924	0,70	52
1 m <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	31.736	7.580	8,816	0,001082	1	0,000758	0,0056
1 toe	41.868.000	10.000.000	11.630	1,428	1319	1	7,4
1 barrel	5694,048	1360,000	1582	0,19421	179,42	0,136	1
1 BTU	1,055						

Tabulka 27: Převody dodatečných fyzikálních jednotek

	kcal/s	kW	hp (mechanická koňská síla)	PS (metrická koňská síla)
1 kcal/s	1	4,1868	5,614	5,692
1 kW	0,238846	1	1,34102	1,35962
1 hp	0,17811	0,745700	1	1,01387
1 PS	0,1757	0,735499	0,98632	1

Tabulka 28: Obvyklé teplotní jednotky

	Jednotky	Celsius	Kelvin	Fahrenheit
Celsius	°C	-	°C = K – 273,15	°C = (°F – 32) × 1,8
Kelvin	K	K = °C + 273,15	-	K = (°F + 459,67) × 1,8
Fahrenheit	°F	°F = °C × 1,8 + 32	°F = K × 1,8 – 459,67	-



**Tabulka 29: Jednotky tlaku a jejich převody**

	<b>Pa</b>	<b>bar</b>	<b>at</b>	<b>atm</b>	<b>Torr</b>	<b>psi</b>
<b>1 Pa</b>		0,00001	0,000010197	$9,8692 \times 10^{-6}$	0,0075006	0,0001450377
<b>1 bar</b>	100.000		1,0197	0,98692	750,06	14,50377
<b>1 at</b>	98066,5	0,980665		0,9678411	735,5592	14,22334
<b>1 atm</b>	101.325	1,01325	1,0332		760	14,69595
<b>1 Torr</b>	133,3224	0,001333224	0,001359551	0,001315789		0,01933678
<b>1 psi</b>	6894,8	0,068948	0,0703069	0,068046	51,71493	

## Odkazy

- Alakangas (2009) Fuel specification and classes, multipart standard. - [http://p29596.typo3server.info/fileadmin/Files/Documents/05\\_Workshops\\_Training\\_Event\\_s/Taining\\_materials/english/D19\\_2\\_EN\\_Fuel\\_specification.pdf](http://p29596.typo3server.info/fileadmin/Files/Documents/05_Workshops_Training_Event_s/Taining_materials/english/D19_2_EN_Fuel_specification.pdf) [accessed: 29.08.2014]
- Anderson Group ([www.grpanderson.com/de/resources/photos](http://www.grpanderson.com/de/resources/photos)) [accessed: 09.09.2014]
- Aronsson, P., Rosenqvist, H., Dimitriou, I., 2014. Impact of nitrogen fertilization to short-rotation willow coppice plantations grown in Sweden on yield and economy. *Bioenergy Research*, 7: 993-1001.
- Bärwolff M., Hansen H., Hofmann M., Setzer F. (2012) *Energieholz aus der landwirtschaft.* – FNR, Gülzow-Prüzen, Germany
- Burger F. (2011) Energiebilanz klar positive: Kurzumtriebsplantagen. - 13/2011 AFZ-DerWald; [http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/afz\\_der\\_wald\\_nr\\_13.pdf](http://www.lwf.bayern.de/mam/cms04/service/dateien/afz_der_wald_nr_13.pdf) [accessed: 18.05.2015]
- Biomasseverband OÖ (no date) >Masse und Energiegehalt von Hackgut in Abhängigkeit vom Wassergehalt. - Biomasseverband OÖ, Austria, [http://www.biomasseverband-ooe.at/uploads/media/Downloads/Publikationen/Umrechnungstabellen\\_Brennstoff\\_Holz-BMV-OOe.pdf](http://www.biomasseverband-ooe.at/uploads/media/Downloads/Publikationen/Umrechnungstabellen_Brennstoff_Holz-BMV-OOe.pdf) [accessed: 09.09.2014]
- CARMEN (2014) Heizwert , Wassergehalt und Gewicht. <http://www.carmen-ev.de/biogene-festbrennstoffe/brennstoffe/hackschnitzel/579-heizwert-wassergehalt-und-gewicht> [accessed: 09.09.2014]
- Caslin B, Finnan J, Mc Cracken A (eds) (2012) *Willow Varietal Identification Guide*. ISBN: 10 1-84170-590-X.
- Caslin B., J. Finnan, Mc Cracken A. (eds.) (2010) *Short Rotation Coppice; Willow Best Practice Guidelines.* - [http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Willow\\_Best\\_Practice\\_Guide\\_2010.pdf](http://www.seai.ie/Renewables/Bioenergy/Willow_Best_Practice_Guide_2010.pdf) [accessed: 21.07.2014]
- Dallemand J. F., Petersen J.E., Karp A. (eds.) (2007) *Short Rotation Forestry, Short Rotation Coppice and perennial grasses in the European Union: Agro-environmental aspects, present use and perspectives.* - JRC; Proceedings of the Expert Consultation; 17 and 18 October 2007, Harpenden, United Kingdom
- DEFRA (2004) *Growing Short Rotation Coppice; Best Practice Guidelines For Applicants to Defra's Energy Crops Scheme.* - [http://www.naturalengland.org.uk/Images/short-rotation-coppice\\_tcm6-4262.pdf](http://www.naturalengland.org.uk/Images/short-rotation-coppice_tcm6-4262.pdf) [accessed: 21.07.2014]
- Dimitriou I., Rutz D. (2014) Sustainability criteria and recommendations for short rotation woody crops. – WIP Renewable Energies, Munich, Germany; Report elaborated in the framework of the IEE project SRCplus (Contract No. IEE/13/574)
- Dimitriou I., Fištrek Z., Mergner R., Rutz D., Scrimgeour L., Eleftheriadis I., Dzebne I., Perutka T., Lazdina D., Toskovska G., Hinterreiter S. (2014a) Optimising the Environmental Sustainability of Short Rotation Coppice Biomass Production for Energy. – Proceedings Natural Resources, Green Technology & Sustainable Development; 26-28 November 2014, Zagreb, Croatia; Faculty of Food Technology and Biotechnology, University of Zagreb, Croatia; ISBN 978 953 6893 04 1; pp. 117-123
- Dimitriou I., Fištrek Z. (2014) Optimising the Environmental Sustainability of Short Rotation Coppice Biomass Production for Energy. *South-east Eur for* 5 (2): 81-91. DOI: <http://dx.doi.org/10.15177/seefor.14-15>

- Dimitriou I., Mergner R., Rutz D. (2014b). Best practice examples on sustainable local supply chains of SRC. WIP Renewable Energies, Munich, Germany; Report elaborated in the framework of the IEE project SRCplus (Contract No. IEE/13/574)
- Dimitriou, I., Baum, C., Baum, S., Busch, G., Schulz, U., Köhn, J., Lamersdorf, N., Walter-Schmidt, P., Leinweber, P., Aronsson, P., Weih, M., Berndes, G., Englund, O., Bolte, A. 2012a. RATING-SRC Final Report. ERA-NET Bioenergy Internal Report.
- Dimitriou, I., Mola-Yudego, B., Aronsson, P., Eriksson, J., 2012b. Changes in organic carbon and trace elements in the soil of willow short-rotation coppice plantations. *Bioenergy Research* 5(3) 563-572.
- Dimitriou, I., Mola-Yudego, B., Aronsson, P., 2012c. Impact of willow Short Rotation Coppice on water quality. *Bioenergy Research* 5(3) 537-545.
- Dimitriou, I., Eriksson, J., Adler, A., Aronsson, P., Verwijst, T., 2006. Fate of heavy metals after application of sewage sludge and wood-ash mixtures to short-rotation willow coppice. *Environmental Pollution* 142 (1), 160-169.
- Dimitriou, I., Aronsson, P., 2005. Willows for energy and phytoremediation in Sweden. *Unasylva* 221 (56); 46-50.
- Ehlert, D.; Pecenka, R.; Wiehe, J.(2012): Harvesters for Short Rotation Coppices: Current Status and New Solutions. In: Proceedings. International Conference of Agricultural Engineering CIGR-Ageng 2012. Valencia, p. 1-6. Online: [http://cigr.ageng2012.org/images/fotosg/tabla\\_137\\_C0365.pdf](http://cigr.ageng2012.org/images/fotosg/tabla_137_C0365.pdf)
- ETA Heiztechnik GmbH n.d. Brennstoffdaten – Scheitholz, Hackgut, Pellets. - [http://www.bad-klein.de/pdf/Broschuere\\_Brennstoffdaten\\_dt\\_01.pdf](http://www.bad-klein.de/pdf/Broschuere_Brennstoffdaten_dt_01.pdf) [accessed: 09.09.2014]
- FNR (2012) Bioenergy in Germany: Facts and Figures. – Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe (FNR); Gülzow, Germany; [http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf\\_484-basisdaten\\_engl\\_web\\_neu.pdf](http://www.fnr-server.de/ftp/pdf/literatur/pdf_484-basisdaten_engl_web_neu.pdf) [10.07.2012]
- Grosse W., Landgraf D., Scholz V., Brummack J. (2008) Ernte und Aufbereitung von Plantagenholz. - *Schweiz Z Forstwes* 159 (2008) 6: 114–119
- Gustafsson, J., Larsson, S. & Nordh, N. (2007). Manual för salixodlare. Available from: <http://www.bioenergiportalen.se/attachments/42/406.pdf>
- von Harling H.M., Viessmann F. (2009) Die Holzfelder der Fa. Viessmann – 3 Jahre KUP-Praxis. Proceeding of „The Institute for Applied Material Flow Management (IfaS)“, [http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/bilder/Veranstaltungen/Biomasse/Harling\\_KUP\\_Praxis\\_Biom-Tag\\_Birkenfeld\\_5-11-09-1.pdf](http://www.stoffstrom.org/fileadmin/userdaten/bilder/Veranstaltungen/Biomasse/Harling_KUP_Praxis_Biom-Tag_Birkenfeld_5-11-09-1.pdf).
- Hiegl W., Rutz D., Janssen R. (2011) Information Material Module Biomass. - Training material of the Install+RES Project, Updated Version 2011; WIP Renewable Energies; <http://www.resinstaller.eu/en/training-material>
- ISO (2014): ISO 17225-4:2014(en) Solid biofuels — Fuel specifications and classes — Part 4: Graded woodchips <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:17225:-4:ed-1:v1:en> [accessed: 29.08.2014]
- JTI (2014) Inför plantering av energiskog Lokalisering, samråd och investeringsstöd JTI:s skriftserie 2014:1 (in Swedish).
- Kofman P.D. (2012) Harvesting short rotation coppice willow. – CONFORD; Harvesting / Transport No. 2; Dublin, Ireland; [http://www.woodenergy.ie/media/coford/content/publications/projectreports/cofordconnects/HAR29\\_LR.PDF](http://www.woodenergy.ie/media/coford/content/publications/projectreports/cofordconnects/HAR29_LR.PDF) [accessed: 21.07.2014]
- Kaufmann F., Lamond G., Lange M., Schaub J., Siebert C., Sprenger T. (no date) Benwood – Short Rotation Forestry in CDM Countries and Europe. -



- Landgraf D., Setzer F. (2012) Kurzumtriebsplantagen: Holz vom Acker - So geht's. – DLG Verlag, Frankfurt am Main, Germany
- Liebhart P. (2007) Energieholz im Kurzumtrieb: Rohstoff der Zukunft. - Leopold Stocker Verlag, Graz, Austria
- Lindegaard K. (2013) 10 ways to maximise yield from your short rotation coppice (SRC) crop
- LWF (2012) Bereitstellung von Waldhackschnitzeln. – Merkblatt 10 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft; Freising, Germany
- LWF (2011a) Anbau von Energiewäldern. – Merkblatt 19 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft; Freising, Germany
- LWF (2011b) Der Energieinhalt von Holz. – Merkblatt 12 der Bayerischen Landesanstalt für Wald und Forstwirtschaft; Freising, Germany
- Rutz D., Janssen R., Letsch H. (2006) Installateurs-Handbuch Biomasseheizanlagen. - EU-IEE EARTH Project; 241p; WIP Renewable Energies, Munich, Germany; [http://www.wip-munich.de/images/stories/6\\_publications/books/installateurs\\_handbuch.pdf](http://www.wip-munich.de/images/stories/6_publications/books/installateurs_handbuch.pdf)
- Rutz D., Mergner R., Janssen R. (2012) Sustainable Heat Use of Biogas Plants – A Handbook. WIP Renewable Energies, Munich, Germany; Handbook elaborated in the framework of the BiogasHeat Project; ISBN 978-3-936338-29-4; translated in 9 languages; [www.biogasheat.org](http://www.biogasheat.org)
- Rutz D., Janssen R., Hofer A., Helm P., Rogat J., Hodes G., Borch K., Mittelbach M., Schober S., Vos J., Frederiks B., Ballesteros M., Manzanares P., St James C., Coelho S.T., Guardabassi P., Aroca G., Riegelhaupt E., Maser O., Junquera M., Nadal G., Bouille D. (2008) Biofuels Assessment on Technical Opportunities and Research Needs for Latin America. - Proceedings of the 16th European Biomass Conference and Exhibition; pp. 2661-2669; ISBN 978-88-89407-58-1
- Sailer Baumschulen GmbH (no date) Ratgeber Energiewald. - <http://www.sailer-baumschulen.de/RatgeberEnergiewald.pdf> [accessed: 13.05.2015]
- SLL (no date) Anbauempfehlungen für schnellwachsende Baumarten. – Fachmaterial Sächsische Landesanstalt für Landwirtschaft; [http://www.schnepf-pro-lignum.de/uploads/pdf/Anbauempfehlungen\\_f%C3%BCr\\_schnellwachsende\\_Baumarten.pdf](http://www.schnepf-pro-lignum.de/uploads/pdf/Anbauempfehlungen_f%C3%BCr_schnellwachsende_Baumarten.pdf) [accessed: 09.09.2014]
- Wald21 (2015) <http://www.wald21.com/energiewald/anbaupraxis.html> [accessed: 30.03.2015]
- Wickham J., Rice B., Finnan J., McConnon R. (2010) A review of past and current research on short rotation coppice in Ireland and abroad. - COFORD, National Council for Forest Research and Development; <http://www.coford.ie/media/coford/content/publications/projectreports/SRC.pdf> [accessed: 21.07.2014]
- Verscheure (1998) Energiegehalt von Hackschnitzeln – Überblick und Anleitung zur Bestimmung. - FVA, <http://192.168.0.121:9091/servlet/com.trend.iwss.user.servlet.sendFile?downloadfile=IRES-648385774-E63F29C8-4677-4647-7> [accessed: 09.09.2014]

