

Sergej Ust'ak, Jan Šinko, Roman Honzík

**Možnosti energetického využití dřeva
z prořezu jabloní a některých dalších
ovocných dřevin**

METODIKA PRO PRAXI

Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i.

2016

Možnosti energetického využití dřeva z prořezu jabloní a některých dalších ovocných dřevin

Cílem metodiky je poskytnout zemědělcům, zemědělským poradcům, výrobcům tvarovaných tuhých biopaliv, provozovatelům kotlen na biopaliva, pracovníkům ve výzkumu a zemědělském školství a všem ostatním zájemcům o pěstování a zpracování zemědělské biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie základní informace o možnostech energetického využití dřeva z prořezu jabloní a některých dalších ovocných dřevin. Její uplatnění v praxi může zajistit ekologicky přijatelné a ekonomicky efektivní využití takového odpadního dřeva. V úvodu metodika poskytuje základní přehled literárních informací ohledně dotčené problematiky. Dále metodika popisuje vlastní výsledky získané v průběhu řešení výzkumného projektu využitelné v praxi a poskytuje jejich chemické, energetické a ekonomické hodnocení. Na závěr uvádí souhrnné hodnocení dosažených výsledků a obecná doporučení pro praxi.

Klíčová slova: ovocné dřeviny; jabloně; prořez stromů; odpadní dřevo; energetická biomasa; tuhá biopaliva

The energetic use possibilities of wood from apple tree pruning and some other fruit woods

The objective of this methodology is to provide to farmers, agricultural consultants, manufacturers of shaped solid biofuels, operators of boilers using biofuels, workers in research and agricultural education, and to all others interested persons in growing and processing agricultural biomass as a renewable source of raw materials and energy, the basic information about the energetic use of wood from apple tree pruning and some other fruit woods. Applying of this methodology in practice can provide environmentally acceptable and economically effective use of such wood waste. At the introduction, this work provides a basic overview of literary information on relevant issues. Furthermore, the methodology describes own outcomes obtained during the research project usable in practice and provides chemical, energetic and economic evaluation. At the conclusion is presented a summary assessment of the achieved outcomes and a general recommendation for practice.

Keywords: fruit trees; apple tree; tree pruning; wood waste; energetic biomass; solid biofuels

Metodika je určena zemědělcům, zemědělským poradcům, výrobcům a uživatelům tvarovaných tuhých biopaliv a všem zájemcům o pěstování a zpracování zemědělské biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie.

V rámci schválení metodiky byla uzavřena smlouva o využití výsledků v praxi se spolkem CZ BIOM - České sdružení pro biomasu (www.biom.cz).

Metodika byla schválena Ministerstvem zemědělství ČR - odborem rostlinných komodit pod č. j. 71621/2016-MZE-17221

O B S A H

I. CÍL A NOVOST METODIKY	4
II. Vlastní popis metodiky	5
1. Úvod - současný stav a problémy	5
1.1. Zbytková biomasa ovocných dřevin jako významný obnovitelný zdroj energie	5
1.2. Kvantifikace potenciálního množství odpadní biomasy	8
1.3. Využití dřeva z prořezu ovocných dřevin.....	12
2. Popis experimentů a dosažených výsledků	15
3. Ekonomické hodnocení použití odpadního dřeva	27
4. Souhrnné hodnocení dosažených výsledků.....	28
III. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY	30
IV. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY	30
V. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE	31

I. CÍL A NOVOST METODIKY

Cílem metodiky je poskytnout zemědělcům, zejména pěstitelům ovocných dřevin, dále zemědělským poradcům, výrobcům tvarovaných tuhých biopaliv, provozovatelům kotelen na biopaliva, pracovníkům ve výzkumu a zemědělském školství a všem ostatním zájemcům o pěstování a zpracování zemědělské biomasy jako obnovitelného zdroje surovin a energie základní informace o možnostech energetického využití dřeva z prořezu jabloní a některých dalších ovocných dřevin. Její uplatnění v praxi může zajistit ekologicky přijatelné a ekonomicky efektivní využití takového odpadního dřeva. V úvodu metodika poskytuje základní přehled literárních informací ohledně dotčené problematiky. Dále metodika popisuje vlastní výsledky získané v průběhu řešení výzkumného projektu využitelné v praxi a poskytuje jejich chemické, energetické a ekonomické hodnocení. Jedna z kapitol referuje o možnosti přípravy a využití dřevního paliva standardizované kvality optimalizovaného pro uzenářské účely. Na závěr uvádí souhrnné hodnocení dosažených výsledků a obecná doporučení pro praxi.

Novost metodiky vyplývá z toho, že se jedná o výzkumně zdůvodněný a experimentálně ověřený postup, který je výsledkem řešení projektů výzkumu a vývoje. Součástí metodiky je i jeden nový právně chráněný výrobek. Doposud takto zaměřená komplexní metodika popisující možnosti energetického využití dřeva z prořezu jabloní a některých dalších ovocných dřevin zpracována nebyla. V předložené metodice jsou zahrnuty, kromě vlastních poznatků nově získaných v průběhu řešení výzkumných projektů uvedených v dedikaci, i údaje dostupné ze světové literatury.

II. VLASTNÍ POPIS METODIKY

1. Úvod - současný stav a problémy

1.1. Zbytková biomasa ovocných dřevin jako významný obnovitelný zdroj energie

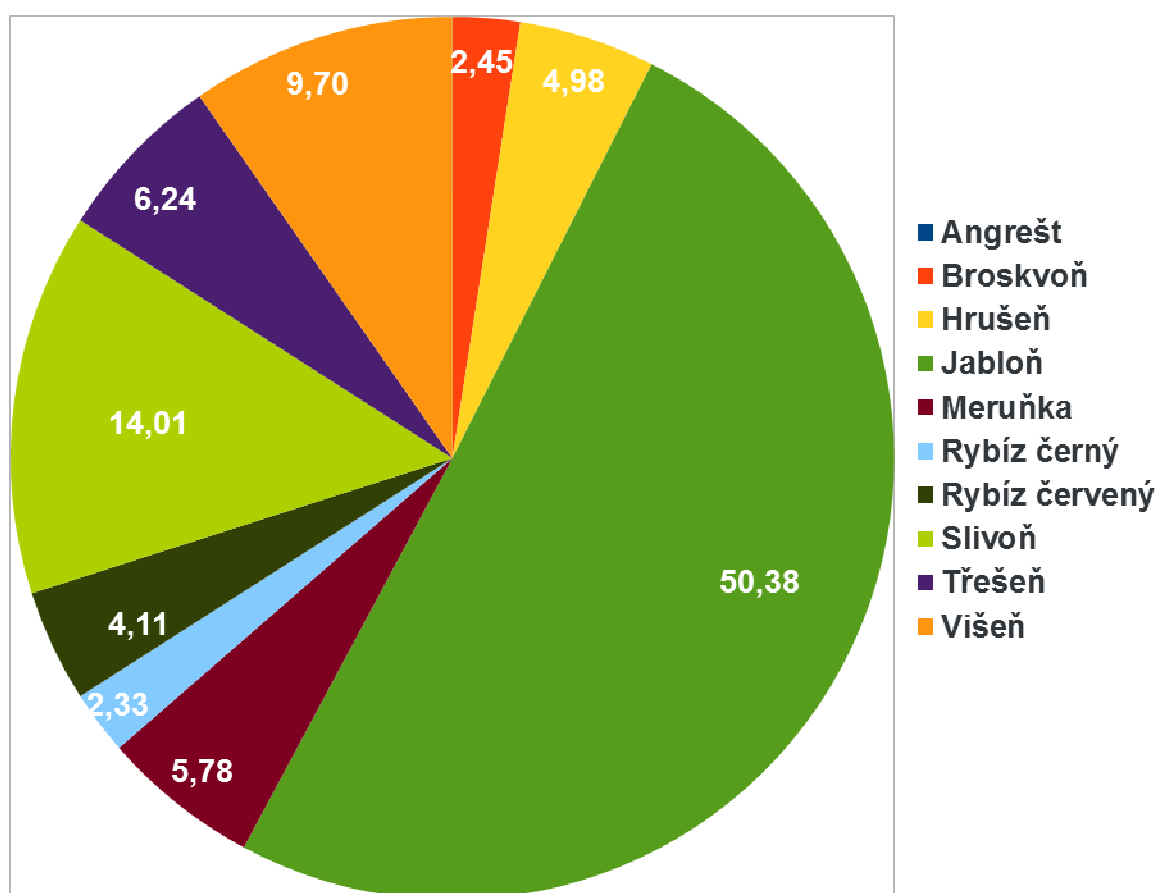
Většina zdrojů energie v současné době tvoří neobnovitelné zdroje. Hrozí tedy u nich riziko vyčerpání, a navíc jejich využívání má výrazné negativní dopady na životní prostředí jako je třeba změna klimatu, která je globálním problémem. Aktivní ochrana klimatu a místního prostředí úzce souvisí s udržitelnou energetickou politikou při zmírnění dopadu klimatických změn.

Česká republika (ČR) se jako členský stát Evropské unie (EU) zavázala ke zvýšení výroby elektrické energie a tepla z obnovitelných zdrojů energie (OZE). Jedním z nejdůležitějších zdrojů OZE je cíleně pěstovaná nebo odpadní biomasa. V ČR se biomasa postupně stává součástí bioenergetického sektoru se záměrem snižovat výrobu energie z neobnovitelných zdrojů a částečného pokrytí jejího dovozu. V současnosti OZE zahrnující cca 5,18 % celkové spotřeby energie včetně dřevní biomasy, bioplynu, TKO a tekutého biopaliva (ISSAR, 2014). V blízké budoucnosti se očekává určitý nárůst tohoto podílu v důsledku rostoucí spotřeby energie z obnovitelných zdrojů a z důvodů implementace programu NAP OZE. Tento program předpokládá v roce 2020 dosažení 14 % podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě energie a 10,8 % podílu energie z obnovitelných zdrojů na hrubé konečné spotřebě v dopravě. V tomto ohledu, rozvoj specifické energetické strategie na základě místních a regionálních podmínek vyžaduje společné iniciativy k podpoře místních udržitelných bioenergetických systémů a má snahu vytvořit podmínky a nástroje k účinné přeměně biomasy energetickými technologiemi.

V ČR je zbytková dřevní biomasa získávána především z lesnictví. V rezortu zemědělství je však hlavním zdrojem zbytkové dřevní biomasy pěstování ovocných dřevin, především jabloní, jejichž rozloha v ČR zabírá více než 50 % celkové plochy ovocných dřevin, dále následují peckoviny

(v klesajícím pořadí dle pěstitelských ploch slivoň, višeň, třešeň, meruňka a broskvoň) se souhrnnou plochou 38,2 %, dále následuje hrušeň s cca 5 % podílu plochy, zbylých cca 6 % připadá na ovocné keře červeného a černého rybízu a angreštu (viz obr. 1). Celková plocha ovocných dřevin v ČR v současné době dosahuje cca 14 250 ha. Sice je to o cca 1/5 menší rozloha ve srovnání s rokem 2012, ale pořád je to značná rozloha. Dle zahraničních zdrojů, dřevo z prořezu ovocných stromů tvoří jeden z nejvýznamnějších odpadů v zemědělství (Hidding, 1997; Rosua a Pasadas, 2012). Proto dřevní zbytková biomasa je výhledově perspektivní alternativou k získávání relativně velkého množství kvalitní lignocelulózové biomasy, a tedy k produkci levné bioenergie z této suroviny.

Obr. 1. Zastoupení ovocných druhů v sadech ČR v roce 2016,
% podíly z celkové plochy*



Poznámka: * celková plocha neboli 100 % je 14 248 ha

Záměrem zavedení systému využití zbytkové dřevní biomasy z ovocných stromů je zvýšení produkce lokální bioenergie ze zdrojů místní biomasy, aby došlo ke snížení závislosti na vnějších dodávkách energie z neobnovitelných surovin, k inovaci nových technologií a zvýšení zaměstnanosti na regionální úrovni. V oblasti využití vlastní surovinové základny by mohlo dojít k omezení využívání biomasy k energetickým účelům z lesního sektoru a zlepšení rentability produkce. Tím by se omezily negativní dopady nadměrného využívání lesních porostů, což by zvýšilo hodnotu kulturního, estetického a rekreačního rázu ekosystému a stupeň ochrany životního prostředí, a to zachováním mimoprodukčních funkcí lesa, např. protierozními účinky pro zabránění sesuvů půd a lavin (Radtke et al., 2014).

Venkovské oblasti, kde je široce rozšířené pěstování ovocných stromů, mají velký potenciál v zavedení systému využití alternativního zdroje energie pocházejícího z těchto trvalých kultur. Ovocné sady vyžadují každoroční agrotechnické zásahy, především prořezávku, jejímž cílem je podpora plodnosti těchto dřevin. Odřezané větve jsou pak zdrojem dřevní biomasy. Na konci životnosti dřeviny mohou být zdrojem dřeva celé kmeny i pařezy. V současné době jsou kmeny prořezaných stromů využívány jako topivo do kamen nebo domovních kotlů. Další možností je dřevo z prořezu rozdrtit a zapravit do půdy nebo kompostovat buď na vlastním pozemku, nebo na kompostárně. Zbavení se tohoto odpadu se provádí i formou odvozu na skládku. Tyto způsoby likvidace biomasy z prořezu ovocných stromů vedou ale ke ztrátě potencionálního hodnotného zdroje tepelné energie a je spojeno s určitými riziky. Např. zapravení rozdrceného odpadního dřeva z révy vinné do meziřadí vinic může vést ke zvýšení výskytu chorob a škůdců (Badalíková a Červinka, 2008).

Využití zbytkové (odpadní) dřevní biomasy z údržby ovocných dřevin pro energetické účely by mohlo představovat možnost zvýšení příjmů zemědělcům a z environmentálního hlediska má význam ve formě omezení využívání fosilních paliv (Brassard et al., 2014). Efektivnímu využití biomasy z prořezu ovocných stromů k vytápění však musí předcházet vhodná další úprava biomasy (Radojevic et al., 2007).

Důležitou součástí využití této suroviny k energetickým účelům je systémové řešení sběru, svozu, úpravy a konečného využití biomasy, tj. způsoby sběru a štěpkování (mezitím je možné sušení na pozemku), přeprava zpracované suroviny na místo spotřeby, její optimální dosoušení pro spalování a přeměna suroviny na teplo a elektřinu v dané jednotce. Přitom kvalita suroviny hraje velkou roli při zavedení systému jejího využití, které v největší míře závisí na chemickém složení (především obsahu celulózy, hemicelulózy a ligninu) a na výši sušiny suroviny (konečný obsah vlhkosti by měl být optimálně cca 20 % a méně).

Zavedení systému využití odpadů ovocných stromů se může podílet při implementaci programů využití OZE k omezení nepříznivých dopadů energetického sektoru na životní prostředí, jako je změna klimatu, acidifikace krajiny, vyčerpávání fosilních paliv a další.

1.2. Kvantifikace potenciálního množství odpadní biomasy

Odpad vzniklý z prořezu ovocných stromů představuje významný zdroj biomasy pro potenciální energetické využití. Nejčastěji je k energetickým účelům využíváno odpadní dřevo z lesní těžby. Nicméně v současné době se v evropských zemích projevuje nedostatek dřevní štěpky z tohoto zdroje. Využívání dřevního odpadu z prořezu ovocných stromů má výhodu v tom, že je k dispozici po několik desetiletí ve vyrovnaném množství (Zemánek, 2012).

Současná rozloha ovocných dřevin v ČR včetně domácností je odhadována na cca 20 tisíc ha. U ovocných dřevin je množství odpadního dřeva z 1 ha při pravidelném řezu 1,2 – 3 t/ha (Žufánek a Zemánek 1998, Burg 2007, Zemánek 2012), což znamená cca 24 - 60 (průměr cca 41) tisíc tun zbytkové dřevní biomasy.

Kvantifikací odpadního dřeva z prořezu ovocných stromů se zabývali Bilandzija et al. (2012) v Chorvatsku. Největší průměrné množství odpadního dřeva z jedné dřeviny zjistili u olivovníku 9,08 kg, slivoně 7,34 kg a broskvoně 7,23 kg. U jabloně zjistili průměrné množství odpadního dřeva z prořezu jednoho stromu 2,34 kg. Největší množství odpadního dřeva získaného z jednoho hektaru zaznamenali u broskvoní (28,8 t/ha), slivoní (5,82 t/ha) a jabloní (5,56 t/ha). Hodnoty odpadního dřeva

zjišťované jinými autory jsou odlišné. Např. Spineli et al. (2010) zjistil množství odpadního dřeva u olivovníku 2,8 t/ha, zatímco Bilandzija et al. (2012) 2,5 t/ha a Radojevic et al. (2007) uvádí množství odpadního dřeva u broskvoní 3,5 t/ha, jabloní 4,9 t/ha a slivoní 2,8 t/ha.

Zjištěné rozdílné množství odpadního dřeva u stejného druhu dřeviny může být způsobeno různými faktory. Produkce z prořezu ovocných dřevin ovlivňují např. klimatické podmínky dané lokality, včetně významnějších změn v posledním období, zejména pokud se týkají srážek nebo teplot. Z klimatických podmínek má dále na produkci dřeva významný vliv i počasí během řezu, protože při nevhodném počasí musí být řez odložen. Výnos dřeva z prořezu ovocných dřevin se také liší podle druhu, odrůdy, věku, vitality pěstovaného ovoce a průběhem posledního vegetačního období, protože právě to ovlivňuje množství dřeva, které bude při řezu odstraněno.

Dále je významný typ půdy, způsob jejího obdělávání, plevel (předpokládá se snížení produkce z prořezu v důsledku konkurenčního tlaku plevelů), intenzita pěstování např. závlaky a hnojení (správná aplikace hnojiva obvykle znamená lepší růst), hustota porostů a způsob jejich vedení (pro intenzivní pěstování je typická větší hustota, pro extenzivní nižší) a samozřejmě způsob provedení řezu, který může být i na stejné lokalitě rok od roku proveden poněkud odlišně v závislosti např. na klimatických podmínkách, naléhavosti, předchozí sklizni, dostupnosti pracovníků, ekonomické situaci apod. Většinou se provádí alespoň jednou za rok, v některých případech ale i méně často.

Dále produkce z prořezu se může zvyšovat nebo snižovat v závislosti na intenzitě pěstování. Na jednu stranu produkce může vzrůstat vlivem faktu, že výsadby jsou hustší a splňují lépe potřeby pro růst ovocných dřevin. Na druhou stranu variety užívané v intenzivních systémech mají menší vitalitu a tendenci vytvářet méně dřeva, které jak je často uváděno, má menší délku i tloušťku. Např. v Polsku je větší produkce z prořezu jabloní a třešní, které jsou pěstovány v méně intenzivních podmínkách. Naopak ve Španělsku a Francii je dosahována větší produkce z prořezu vinné révy. Nicméně obecně nejsou rozdíly ve výnosech z prořezu ovocných dřevin v závislosti na intenzitě pěstování významné, což ale může být způsobeno i tím, že k této problematice dosud neexistuje

dostatečné množství údajů. Výnos z prořezu ovocných dřevin může také ovlivnit používání mechanizace, která rozřezává větve na velmi malé kusy.

Produkce dřeva z prořezu ovocných výsadeb v některých státech Evropy v závislosti na způsobu pěstování a řezu jsou uvedeny v tabulkách č. 1 až 4. Zdrojem těchto dat je studie CIRCE, 2014 (plná citace je CIRCE: Mapping and analysis of the pruning biomass potential in Europe. (2014), 114 p.). V tabulkách 1 a 2 jsou pro srovnání uvedena obdobná data pro Českou republiku. Zdrojem těchto dat je publikace Burg et al., 2007 (plná citace je Burg, P., Souček, J., Zemánek, P., 2007: Databáze zdrojů energetické biomasy. NAZV č. QG60083 – Konkurence bioenergetických surovin. Závěrečná zpráva).

Produkce dřeva z prořezu jabloní a hrušní v některých státech Evropy v závislosti na způsobu pěstování a řezu je uvedena v tabulce č. 1.

Tabulka 1: Produkce dřeva z prořezu jabloní a hrušní v čerstvé hmotě v některých státech Evropy v závislosti na způsobu pěstování a řezu

Země	Způsob pěstování	Šířka řádku [m]	Typ řezu	Frekvence řezu	Produkce řezu [t/ha/rok]
Itálie	Extenzivní	4 - 6	Ruční	1	1,4 - 2,6
	Intenzivní	4	Kombinovaný		
Španělsko	Extenzivní	4 - 6	Ruční	1	2 - 4
	Intenzivní	4	Kombinovaný		
Francie	Extenzivní	4 - 6	Ruční	1	2 - 3
	Intenzivní	3 - 4	Kombinovaný		
Polsko	Tradiční	4 - 5	Ruční	1	<6
	Intenzivní	4			1,5 – 4,5
Nizozemsko	Intenzivní	3 - 4	Ruční	1	4,5
Slovinsko	Intenzivní	4 - 5	Ruční	1	2
Ukrajina	Intenzivní	4	Ruční	1	<7,5
Česko	Intenzivní	3	Ruční	1	2,5 - 3

U jabloní a hrušní se při prořezávce odstraňují mladé a krátké jednoroční výhony, které jsou kratší než 10 – 20 cm. Dále se při řezu těchto dřevin odstraňují mladé větve delší než 50 cm. Zde je však množství odřezaného dřeva nižší než ve výše zmíněném případě z důvodu nižšího množství takových větví. Posledním významným typem řezu u těchto dřevin je tzv. zelený prováděný na jaře a na začátku léta za účelem

redukce olistění koruny nebo květních pupenů. Podle údajů z roku 2012 byla produkce z prořezu ovocných dřevin v Evropské unii v případě jabloní, hrušní, broskvoní, meruněk a mandloní 2,15 t/ha suché hmoty a v případě třešní 2,75 t/ha.

Produkce dřevní hmoty z prořezu švestek, broskvoní, meruněk a nektarinek v závislosti na způsobu pěstování a řezu je uveden v tab. 2.

Tabulka 2: Produkce dřeva v čerstvé hmotě z prořezu peckovin v některých státech Evropy v závislosti na způsobu pěstování a řezu

Země	Způsob pěstování	Šířka řádku [m]	Typ řezu	Produkce řezu [t/ha/rok]
Španělsko	Semiintenzivní	5 - 6	Ruční Kombinovaný	2 - 3
	Semiextenzivní	6 - 7	Kombinovaný	
Itálie	Extenzivní	6 - 7	Ruční Kombinovaný	2,6 - 3
	Intenzivní	4 - 6	Kombinovaný	
Francie	Extenzivní	4 - 5	Ruční	2 - 3
Česko	Intenzivní	5	Ruční	1,8 - 3

Poznámka: Semiintenzivní znamená hustotu výsadby 500 – 800 stromů na hektar a semiextenzivní 200 – 400 stromů na hektar.

Produkce z prořezu třešní a višní v některých státech v závislosti na různých způsobech pěstování a řezu jsou uvedeny v tabulkách č. 3 a č. 4.

Tabulka 3: Produkce z prořezu třešní v některých státech v závislosti na různých způsobech pěstování

Země	Způsob pěstování	Šířka řádku [m]	Typ řezu	Produkce řezu [t/ha/rok]
Španělsko	Extenzivní	4-5	Ruční/ Kombinovaný	2 - 3
	Intenzivní	5-6	Kombinovaný	
Itálie	Extenzivní	6	Ruční/ Kombinovaný	2,6 - 3
	Intenzivní	5	Kombinovaný	
Polsko	Tradiční	5-6	Ruční	3 - 6
	Intenzivní	4-5		2 - 5
Ukrajina	Tradiční	5-6	Ruční	2 - 5
	Intenzivní	4-5		<10

Tabulka 4: Produkce z prořezu višň v Polsku a Ukrajině v závislosti na různých způsobech pěstování a řezu

Země	Způsob pěstování	Šířka řádku [m]	Typ řezu	Produkce řezu [t/ha/rok]
Polsko	Tradiční	5	Ruční	3,6
	Intenzivní	4		3-5
Ukrajina	Intenzivní	4-5	Ruční	2 - 5
				<10

Produkce z prořezu třešň a višň závisí především na věku sadu, dále na kultivaru a podnoží třešň a typu sadu (intenzivní nebo tradiční). Např. v Polsku je vyšší výnos z prořezu višň v tradičních sadech (do 6 t/ha) než v intenzivních (1,5 – 4,5 t/ha). Také produkce z prořezu třešň je v Polsku větší v případě tradičních systémů pěstování (do 7 t/ha), zatímco v intenzivních systémech je to 2 – 5 t/ha. Ve Španělsku, Francii a Itálii je produkce z prořezu třešň 2 – 3 t/ha. Obnova třešňového sadu dává navíc produkci z prořezu 20 t/ha. Čas obnovy může být 20 až 30 let v tradičních sadech.

1.3. Využití dřeva z prořezu ovocných dřevin

Využití dřeva z ovocných dřevin je v každém státě Evropy poněkud odlišné a někdy jsou významné i regionální rozdíly v rámci jednotlivých států. Často je dřevo z prořezu pouze spáleno na otevřeném ohni (pokud je to povoleno), což je škoda, protože může mít i praktické využití. Výhodné však je, že se tímto způsobem likvidují choroby a škůdci ovocných dřevin. Většinou tento způsob preferují domácnosti.

Dřevo z prořezu ovocných dřevin může být použito např. jako mulč nebo přímo zapraveno do půdy po předchozím rozdrcení. V obou případech je zde riziko zavlečení infekce. V případě využití dřeva z jabloní hrozí napadení např. houbou rážovkou rakovinnou (*Neonectria galligena*) způsobující rakovinu jabloní a hrušní, obalečem jablečným (*Cydia pomonella* nebo *Laspeyresia pomonella*) způsobující červivost plodů nebo nesytou jabloňovou (*Synanthedon myopaeformis*). Možným způsobem jak omezit riziko napadení může být aplikace pesticidů před řezem. S tímto opatřením jsou spojena obecně známá rizika pro životní prostředí i pro

konečné konzumenty. Konkrétní množství použité dávky, případně zda je toto opatření možné provést závisí mj. na legislativě.

Zapravení dřeva do půdy může být významné v případě chudých půd, kde pak toto dřevo působí jako organické hnojivo. Tento způsob využití je rozšířen např. v některých oblastech Francie jako je Lorraine, kde se k tomuto účelu využívá dřevo z prořezu švestek. Nicméně aby se dosáhlo nejlepšího hnojivého účinku, měla by být zajištěna integrace s klasickými organickými hnojivy. Dále je používáno jako hnojivo dřevo z prořezu jabloní v kraji Piemont především v obci Borgo d'Ale v severozápadní Itálii. Zde, stejně jako v dalších oblastech Itálie i některých státech Evropy, je hlavním důvodem tohoto využití zákaz rozdělávání ohně na otevřeném prostranství. Zákaz pálit dřevo z prořezu dřevin, pokud není infikované, platí také např. v celém Německu, kde se pak využívá především jako organické hnojivo, a to nejen v drcené, ale i v kompostované formě.

Dalšími státy, kde se používá dřevo z prořezu organických dřevin pro obohacení půdy organickou hmotou, jsou např. Polsko, Slovensko, Slovinsko a Nizozemsko. V Nizozemsku jsou výsledkem řezu většinou tenké větve bez listů, které po rozdrcení mohou být nejen zapraveny do půdy, ale také prodávány jako strukturální materiál ke kompostování nebo i k energetickým účelům. Je možné i kombinované využití. Např. dřevo z prořezu jabloní v sadech v Tarn et Garonne nebo v Horní Normandii ve Francii je využíváno jak pro zlepšení půdních vlastností, tak pro energetické účely.

Dřevo z prořezu je možné využít také k vytápění. K tomuto účelu se však spíše, než větve z běžných prořezů využívá dřevo z obnovovacího řezu, kdy se získá dřevo z celého stromu popř. při likvidaci sadů. První způsob získání palivového dřeva je typický pro některé oblasti Francie, druhý způsob pro Polsko. V Polsku však získané palivové dřevo využívají pouze vlastníci sadů. Také na Slovensku a Ukrajině se dřevo z ovocných dřevin využívá jako palivo pouze lokálně. Dřevo přímo z prořezávek se k vytápění používá v některých venkovských oblastech Slovinska, kde jsou pěstovány velké stromy jabloní dosahující výšky do 10 m. V těchto sadech se prořezávka provádí pouze jednou za pět let, kdy se pak ze stromů odřeže značně velké množství biomasy ve formě silných větví.

Využití dřeva z prořezu ovocných dřevin pro energetické účely je vnímáno většinou států Evropy jako perspektivní příležitost a je časté především v Německu. Zajímavé by toto využití mohlo být také v Polsku, kde např. 45 % třešňových sadů patří malým vlastníkům, kteří by měli zájem prodávat dřevo z prořezu. Zde je však hlavní problém, že zde není adekvátní mechanizace, což prodlužuje dobu prořezávky a sběru odpadní hmoty. V některých oblastech Polska, ale jen velmi příležitostně, externí firmy sklídí nařezané větve, rozdrtí je a prodávají pro energetické účely.

Také v Nizozemsku může být dřevo z prořezu ovocných dřevin využíváno k energetickým účelům, nicméně i zde jsou s tímto využitím spojené významné logistické problémy. K tomuto účelu zde totiž mohou být využity pouze největší sady, což vede k nákladům navíc. Také komerční prodej s touto komoditou zde prakticky neexistuje. Pouze příležitostně externí firmy poráží staré stromy a dřevo z nich prodávají k energetickým účelům.

Obecný důvod, proč dřevo z prořezu ovocných dřevin je využíváno k energetickým účelům pouze v omezeném rozsahu, je malý politický zájem o tuto problematiku a její podporu, což se projevuje mj. tak, že na lokálních úrovních neexistují strukturální plány pro využití dřeva z prořezu ovocných dřevin.

V současnosti je v ČR celková výměra ovocných sadů 14.248 hektarů. Z této výměry je však 6.000 hektarů sadů přestárých, které je třeba v horizontu několika málo let obměnit. Za posledních pět let byla zrušena již pětina sadů. Jde o plochu 3.320 ha, kde ovocné sady byly nahrazeny běžnými polními plodinami obilninami nebo olejninami.

Každoročně se vysazuje jen kolem 350 hektarů nových sadů, letos se odhaduje výsadba nových sadů na necelých 400 hektarů. Tato výměra nestačí nahrazovat zrušené sady. V následující tabulce 5 je uveden vývoj ploch sadů hlavních ovocných plodin v průběhu let 2012 až 2016. Takový vývoj v posledních letech přispívá k dočasnému nárůstu celkového potenciálu odpadní biomasy ovocných dřevin kvůli kácení sadů při jejich obnově nebo likvidaci.

Tabulka 5: Vývoj ploch sadů u hlavních ovocných druhů v ČR v posledních pěti letech

Ovocný druh	2012	2013	2014	2015	2016	% 2016/2012
Angrešt	3	3	2	2	2	- 33 %
Broskvoň	652	584	564	407	349	- 47 %
Hrušeň	753	767	790	745	710	- 6 %
Jabloň	9 071	9 080	9 023	7 975	7 178	- 21 %
Meruňka	1 105	1 075	1 061	925	824	- 25 %
Rybíz černý	347	349	375	358	332	- 4 %
Rybíz červený	891	887	797	642	586	- 34 %
Slivoň	2 041	2 072	2 126	2 056	1 996	- 2 %
Třešeň	952	957	954	901	889	- 7 %
Višeň	1 753	1 647	1 557	1 425	1 382	- 21 %
C e l k e m	17 568	17 421	17 249	15 436	14 248	- 19 %

Zdroj: Situační a výhledová zpráva MZe 2015 a Registr sadů ÚKZÚZ Brno, 2016

2. Popis experimentů a dosažených výsledků

2.1. Objekty a metody řešení

Použitý pro experimenty dřevní odpad z ovocných stromů, především jabloní, pochází z pokusného sadu VÚRV v Praze - Ruzyni. Pro testování bylo zhotoveno a upraveno dostatečné množství štěrky z řezu jabloní. Pro tyto účely byl použit štěpkovač Pezzolato PZ 110 mb od výrobce f. Pezzolato, Itálie (viz obr. 2 a 3). Hlavním cílem bylo zjištění možností použití uvedeného materiálu pro výrobu komprimovaných tuhých biopaliv (topných briket a pelet) a následné ověření vlastností původní štěrky a těchto biopaliv včetně testování kvality a provedení palivářských zkoušek.



Obr. 2: Štěpkovač PZ 110 mb



Obr. 3: Štěpkovač, jiný pohled

Štěpka byla následně usušena v roštové sušárně (obr. 4) a poté uskladněna pod střechou a tím připravena pro další zkoušky a testy. Pro další měření a zpracování byla použita usušená štěpka, u níž byl opětovně změřen obsah vody, který činil $M_{ar} = 7,9 \%$.

Důležitou charakteristikou štěpky pro energetické účely, zejména pro výrobu tuhých biopaliv, je její rozdělení podle velikosti částic. Stanovení rozdělení podle velikosti částic bylo provedeno dle ČSN EN 15149-1 pomocí sady oscilačních sít (obr. 5). Stanovení dalších fyzikálních a chemických parametrů se provádělo dle příslušných odborových postupů a norem (uvedeno při popisu jednotlivých výsledků). Většina palivových zkoušek tuhé biomasy se prováděla formou zakázky na zařízení a specialisty Výzkumného ústavu zemědělské techniky, v.v.i.



Obr. 4: Roštová sušárna VÚZT



Obr. 5: Zařízení pro měření struktury rozdělení částic

2.2. Výsledky řešení a diskuse

Zjištěné hodnoty rozdělení štěpky podle velikosti částic jsou uvedeny v tab. 6. Z těchto výsledků je vidět, že přes 50 % hmoty štěpky představují částice menší než 6,02 mm, přes 70 % hmoty štěpky představují částice menší než 8 mm a přes 95 % hmoty je tvořeno částicemi menšími než 22,4 mm.

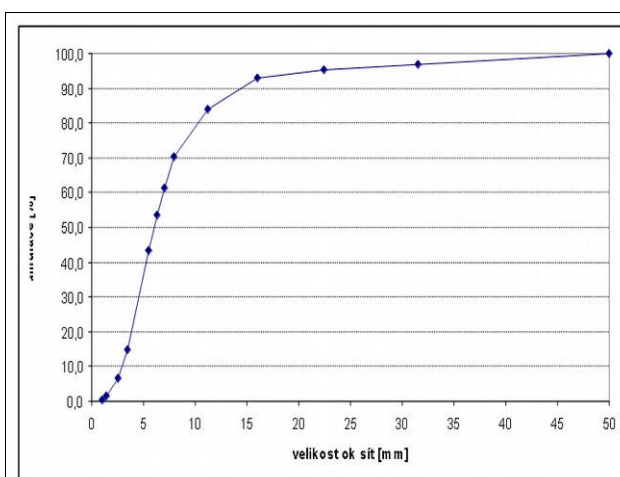
Kumulativní rozdělení částic štěpky z řezu jabloní je znázorněno na obr. 6 a struktura štěpky je též zřejmá z obr. 7. Pro tuto štěpku byla dále stanovena sypná hmotnost dle ČSN EN 15103, a to dle rovnice:

$$BD_{ar} (pro M_{ar}) = \frac{m_2 - m_1}{V} = 265,7 \text{ kg} / m^3 \quad (1)$$

Tabulka 6. Rozdělení částic štěrky z řezu jabloní

Třída síta	Velikost ok síť [mm]	Frakce [g]	Frakce [%]	Kumulace [%]
0 - 1	1	0,6	0,2	0,2
> 1-1,4	1,4	3,9	1,4	1,7
> 1,4 - 2,5	2,5	13,4	5,0	6,6
> 2,5 - 3,5	3,5	21,9	8,1	14,8
> 3,5 - 5,5	5,5	77,0	28,5	43,3*
> 5,5 - 6,3	6,3	27,8	10,3	53,6
> 6,3 - 7	7	21,0	7,8	61,4
> 7 - 8	8	24,1	8,9	70,3
> 8 - 11,2	11,2	36,8	13,6	84,0
> 11,2 - 16	16	24,7	9,2	93,1
> 16 - 22,4	22,4	6,3	2,3	95,4
> 22,4 - 31,5	31,5	4,0	1,5	96,9
> 31,5 - 85	50	8,3	3,1	100,0
Celkem		269,8	100,0	

Poznámka: * vypočtený $d_{50} = 6,02$ mm



Obr. 6: Rozdělení částic štěrky z řezu jabloní



Obr. 7: Hrubá štěrka z prořezu jabloní

Brikety. Výše popsaná hrubá štěrka byla dále zpracována lisováním do formy topných briket. Pro lisování byl použit briketovací lis HLS 50 od českého výrobce firmy Briklis, spol. s r.o. (obr. 8). Brikety jsou válcového tvaru a mají průměr 65 mm (obr. 9). Brikety byly lisovány v běžném provozním stavu (na obrázku vlevo) a dále při dlouhodobém stlačení (na obrázku vpravo).



Obr. 8: Briketovací lis HLS 50 (VÚZT)



Obr. 9: Topné brikety vytvořené ze štěpky z prořezu jabloní

U obou druhů briket byla dále změřena jejich mechanická odolnost dle ČSN EN 15210-2 Tuhá biopaliva – Stanovení mechanické odolnosti a hustota dle ČSN EN 15150 Tuhá biopaliva – Stanovení hustoty částic. Výsledky uvádíme v tabulce 7.

Tabulka 7: Mechanická odolnost a hustota topných briket vytvořených ze štěpky z prořezu jabloní

Briketa	Mechanická odolnost DU %	Hustota ρ kg/dm ³
běžný provoz lisu (typ I)	88,9	0,84
dlouhodobé stlačení (typ II)	94,6	1,06

Dále byly zjištěny teploty tavení popela briket dle ČSN P CEN/TS 15370-1. Zjištěné hodnoty jsou následující: DT – 1180 °C; HT – 1210 °C; FT – 1220°C.

Pro oba druhy briket byla stanovena sypná hmotnost dle rovnice (1). Pro méně stlačené brikety (typ I) je tato hodnota 352 kg/m³, pro více stlačené brikety (typ II) je to 445 kg/m³.

Pelety. Z uvedených údajů je zřejmé, že struktura hrubé štěpky není úplně optimální pro další komprimaci, zejména do formy pelet. Proto tato primární neboli hrubá štěpka byla dodatečně rozdrobená s použitím kladívkového šrotovníku ŠV 15 (výrobce STOZA s.r.o.) – viz obr. 10.



Obr. 10: Kladívkový šrotovník ŠV 15 (VÚZT)

Desintegrace byla provedena ve dvou stupních, nejprve se sítím s průměry děr 25/20 mm, následně 6/5 mm. Prvé číslo označuje díry v plášti síta, druhé ve dně síta. Výsledné produkty (jemná štěpka I a jemná štěpka II) byly proměřeny obdobně jako hrubá štěpka (viz výše). Zjištěné mechanické vlastnosti jsou uvedeny v tabulkách 8 a 9.

Tabulka 8: Rozdělení částic po desintegraci na sítu 25/20 (jemná štěpka I)

Třída síta	Velikost ok sít [mm]	Frakce [g]	Frakce [%]	Kumulace [%]
0 – 1,0	1,0	1,6	0,6	0,6
> 1,0 - 1,4	1,4	3,1	1,2	1,8
> 1,4 - 2,5	2,5	22,4	8,4	10,1
> 2,5 - 3,5	3,5	11,8	4,4	14,5
> 3,5 - 5,5	5,5	128,2	47,9	62,4*
> 5,5 - 6,3	6,3	69,5	26,0	88,3
> 6,3 - 7,0	7,0	7,5	2,8	91,2
> 7 - 8	8,0	8,2	3,1	94,2
> 8 - 11,2	11,2	9,1	3,4	97,6
> 11,2 - 16	16,0	3	1,1	98,7
> 16 - 22,4	22,4	2,9	1,1	99,8
> 22,4 - 31,5	31,5	0,5	0,2	100,0
> 31,5 - 85	31,6	0	0,0	100,0
Celkem		267,8	100,0	

Poznámka: * vypočtený $d_{50} = 4,98$ mm

Fyzická struktura dodatečně rozdrčené štěpky je též vizuálně zřejmá z obr. 11 a 12. Pro oba desintegrované materiály byla stanovena sypaná hmotnost dle rovnice (1). Pro jemnou štěpku I (materiál 25/20) je tato

hodnota 252,2 kg/m³, pro jemnou štěpku II (materiál 6/5) je hodnota 205,6 kg/m³. Zde vidíme, že čím jemnější je štěpka, tím je „nadýchanější“ a proto má nižší sypnou hmotnost, což je důvod potřeby následné komprimace na brikety a pelety, aby se zvýšila sypná neboli objemová hmotnost biopaliva.

Tabulka 9: Rozdělení částic po desintegraci na sítu 6/5 (jemná štěpka II)

Třída síta	Velikost ok sít [mm]	Frakce [g]	Frakce [%]	Kumulace [%]
0 – 1,0	1,0	37,2	13,8	13,8
> 1,0 - 1,4	1,4	15,3	5,7	19,4
> 1,4 - 2,5	2,5	90,8	33,6	53,0*
> 2,5 - 3,5	3,5	32,1	11,9	64,9
> 3,5 - 5,5	5,5	23,1	8,5	73,5
> 5,5 - 6,3	6,3	68,7	25,4	98,9
> 6,3 - 7,0	7,0	0,7	0,3	99,1
> 7 – 8	8,0	0,6	0,2	99,4
> 8 - 11,2	11,2	0,8	0,3	99,7
> 11,2 - 16	16,0	0,4	0,1	99,8
> 16 - 22,4	22,4	0,5	0,2	100,0
> 22,4 - 31,5	31,5	0	0,0	100,0
> 31,5 - 85	31,6	0	0,0	100,0
Celkem		270,2	100,0	

Poznámka: * vypočtený $d_{50} = 2,40$ mm



Obr. 11: Desintegrovaný materiál 25/20 (jemná štěpka I)



Obr. 12: Desintegrovaný materiál 6/5 (jemná štěpka II)

Materiál jemnější struktury (jemná štěpka II) byl dále použit pro výrobu topných pelet s využitím granulační linky MGL 200 (výrobce KOVO NOVÁK) – obr. 13. Výsledné pelety jsou uvedeny na obr. 14.

U vytvořených pelet byly zjištěny jejich palivoenergetické vlastnosti. Tyto hodnoty jsou uvedeny v tab. 10. Z palivářského hlediska je rovněž velmi důležité elementární složení topných pelet. Výsledky odpovídajících

analytických rozborů provedených pomocí elementárního analyzátoru jsou uvedeny v tab. 11.



Obr. 13: Granulační linka pro výrobu pelet MGL 200 (VÚZT)



Obr. 14: Topné pelety ze dřeva z prořezu jabloní

Dále byly zjištěny teploty tavení popela pelet dle ČSN P CEN/TS 15370-1. Zjištěné hodnoty jsou následující: DT – 1180 °C; HT – 1210 °C; FT – 1220 °C.

Tabulka 10: Palivoenergetické parametry topných pelet ze dřeva z prořezu jabloní

Parametr	Jedn.	Původní vzorek	Bezvodý stav
voda	% hm	8,23	-
prchavá hořlavina	% hm	74,26	80,92
neprchavá hořlavina	% hm	14,82	16,15
popel	% hm	2,69	2,93
spalné teplo	MJ/kg	18,31	19,95
výhřevnost	MJ/kg	16,92	18,65

Tabulka 11: Obsah základních prvků v topných peletách ze dřeva z prořezu jabloní

Prvek	Jedn.	Původní vzorek	Bezvodý stav
C	% hm	46,79	50,99
H	% hm	5,48	5,97
N	% hm	1,05	1,14
S	% hm	0,07	0,08
O	% hm	35,61	38,80
Cl	% hm	0,08	0,09

Mimo výše uvedených parametrů, které byly stanoveny i pro štěpku, byly zjišťovány charakteristiky specifické pro komprimovaná tuhá paliva. Byly zjištěny mechanické vlastnosti pelet, a to mechanická odolnost dle ČSN EN 15210-1. Výsledná hodnota je $D_U = 98,4 \%$, což je vyhovující.

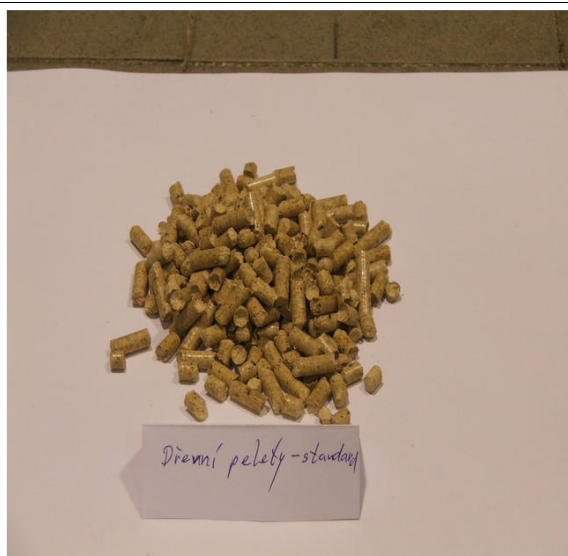
Dále byla stanovená hustota dle ČSN EN 15150 Tuhá biopaliva – Stanovení hustoty částic, výsledná hodnota je $\rho_M = 1,33 \text{ g/cm}^3$.

A dále byla stanovená sypaná hmotnost dle ČSN 15103 Tuhá biopaliva – Stanovení sypané hmotnosti, výsledná hodnota je BD_{ar} (pro M_{ar}) = $597,5 \text{ kg/m}^3$.

Následně byly stanoveny emisní parametry vyrobených topných pelet. Pro měření emisních parametrů bylo použito spalovací zařízení KNP (výrobce KOVO NOVÁK), uvedené na obr. 15. Jeho jmenovitý výkon je 18 kW. Pro měření emisí ve spalinách byl použit analyzátor Testo 350 XL. Měření bylo prováděno po dobu 2 h. Každých 6 s byl měřen obsah CO a NO_x . Naměřené hodnoty byly propočteny na 13 % obsah kyslíku ve spalinách. Pro určení přijatelné hranice CO použijeme ČSN EN 14785 Spotřebiče spalující dřevěné pelety k vytápění obytných prostorů – Požadavky a zkušební metody. Povolená hodnota koncentrace CO je 500 mg/m^3 při 13 % koncentraci O_2 . Pro srovnání kvality pelet byla provedena i srovnávací zkouška se standardními peletami ze suchých smrkových pilin bez kůry. Tyto pelety jsou uvedeny na obr. 16.



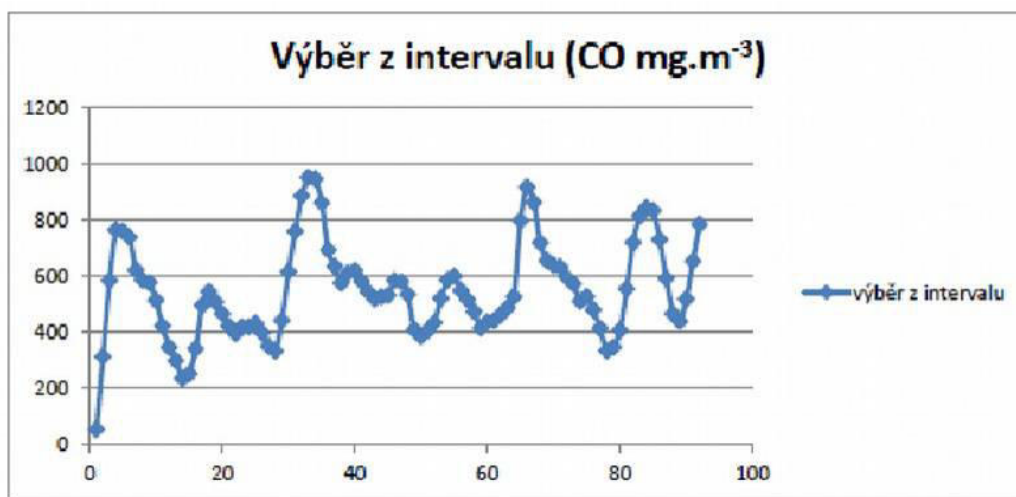
Obr. 15: Kamna na spalování pelet KNP (VÚŽT)



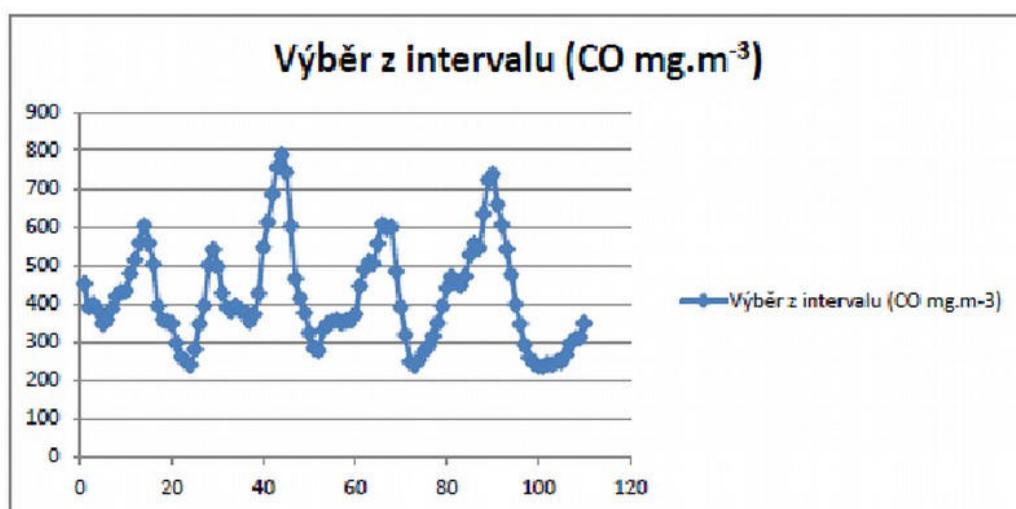
Obr. 16: Standardní pelety

Naměřené průměrné hodnoty emisí CO přepočteny na 13% obsah kyslíku ve spalínách jsou následující: pelety z jabloní – 548 mg/m³; standardní pelety – 423 mg/m³.

Na obr. 17 a 18 jsou uvedeny typické časové úseky naměřených hodnot. Ze srovnání emisí CO je zřejmé, že pelety z jabloňového dřeva nedosahují kvality standardních pelet, ale jejich kvalita je vcelku vyhovující.



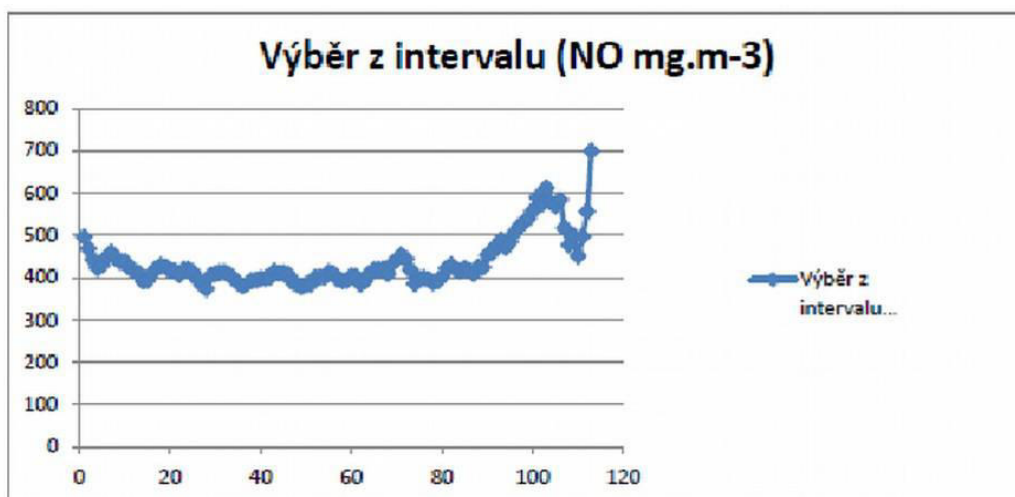
Obr. 17: Průběh koncentrace CO ve spalínách – pelety z jabloňového dřeva (interval 6 s)



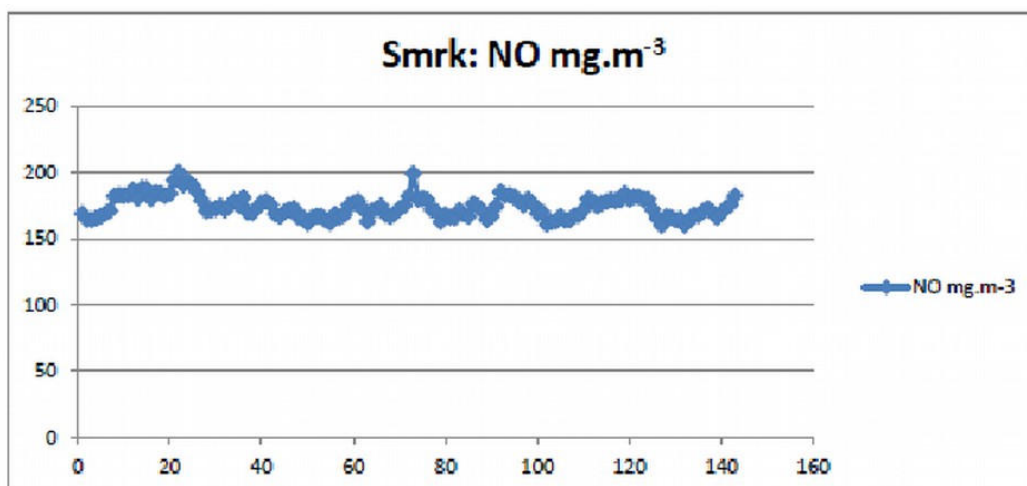
Obr. 18: Průběh koncentrace CO ve spalínách – standardní pelety (interval 6 s)

Při spalování bylo dále provedeno srovnání emisí NO_x u obou vzorků. Naměřené hodnoty jsou následující: pelety z jabloní – 440 mg/m³; standardní pelety – 173 mg/m³.

Na obr. 19 a 20 jsou opět uvedeny typické časové průběhy naměřených hodnot. Ze srovnání emisí NO_x jsou zřejmé výrazně vyšší hodnoty u pelet z jabloní. Tyto hodnoty odpovídají koncentraci dusíku v palivu (viz tab. 8). U standardních pelet ze smrkového dřeva je tato koncentrace cca 3x nižší. V obou případech sledovaných emisních parametrů jsou naměřené vyšší hodnoty u pelet z jabloní zapříčiněné vysokým podílem obsahu kůry.



Obr. 19: Průběh koncentrace CO ve spalínách – pelety z jabloňového dřeva (interval 6 s)



Obr. 20: Průběh koncentrace NO_x ve spalínách – standardní pelety (interval 6 s)

Při spalování bylo rovněž provedeno subjektivní posouzení spalovacího procesu. Jedná se o případné hromadění popelu v hořáku a jeho napékání. Hoření pelet z jabloní bylo v průběhu celé spalovací zkoušky bezproblémové, ve spalovacím koši docházelo k mírnému spékání

a usazování popele, což však nemělo vliv na bezproblémový provoz zařízení. Na obr. 21 je zbytek popele, který byl ve spalovacím koši po ukončení zkoušky, na obr. 22 je totéž, avšak po velmi mírném mechanickém rozdužení. Pro srovnání je na obr. 23 uveden vzorek popelu po spalování standardních dřevěných pelet.



Obr. 21: Mírně spečený popel z pelet z jabloní



Obr. 22: Popel z jabloní, po mírném rozdužení



Obr. 23: Popel po spálení standardních dřevěných pelet

Z palivářského hlediska je velmi důležité nejen elementární složení tuhých biopaliv, ale rovněž obsah základních živin a rizikových prvků v palivu a v následném popelu, který určuje možnost jeho zpětného využití jako hnojiva. Pokud se popel nevyužije jako hnojivo, může to přinést uživateli vysoké náklady spojené s likvidací popelu jako nebezpečného odpadu. Výsledky odpovídajících analytických rozborů provedených pomocí standardních agrochemických postupů jsou uvedeny v tab. 12 a

13. Stanovení všech prvků, s výjimkou dusíku, bylo provedeno pomocí ICP analyzátoru Integra XL od firmy GBC s využitím standardních operačních postupů.

Tabulka 12. Celkový obsah nutričních elementů v dřevních peletách ze štěpky z řezu jabloní a v jejím popelu (% sušiny)

Prvek	Štěpka		Popel štěpky	
	Průměr	$\pm$ ISP-0,95	Průměr	$\pm$ ISP-0,95
N	0,619	0,208	n.s.	n.s.
S	0,047	0,024	n.s.	n.s.
P	0,064	0,031	n.s.	n.s.
K	0,337	0,129	10,13	4,43
Ca	0,57	0,286	17,5	11,2
Mg	0,062	0,034	1,73	0,87
Na	0,008	0,002	0,27	0,06

Tabulka 13. Celkový obsah vybraných rizikových a stopových prvků v dřevních peletách ze štěpky z řezu jabloní a v jejím popelu (mg/kg suš.)

Prvek	Štěpka		Popel štěpky	
	Průměr	$\pm$ ISP-0,95	Průměr	$\pm$ ISP-0,95
Al	36,8	12,6	1180	530
B	7,62	3,18	224	142
Fe	42,6	35,1	1480	985
Mn	6,12	2,73	213	72
As	0,187	0,232	7,26	6,54
Be	0,009	0,005	0,28	0,22
Cd	0,0087	0,0032	0,30	0,12
Co	0,264	0,183	10,1	7,5
Cr	0,413	0,232	15,3	8,71
Cu	4,21	1,52	153	63
Mo	0,065	0,031	2,2	1,1
Ni	0,29	0,19	10,3	6,26
Pb	0,82	0,433	27,3	14,2
V	0,39	0,24	12,2	6,9
Zn	6,10	2,56	182	78

ISP-0,95 - interval spolehlivosti průměru 0,95 neboli odchylka průměru pro koeficient spolehlivosti $P = 0,95$, tj. 95 %

3. Ekonomické hodnocení použití odpadního dřeva

Rozhodujícím faktorem pěstování, zpracování a využití jakýchkoliv energetických plodin je cena vypěstované a zpracované biomasy jako biopaliva nebo suroviny pro výrobu biopaliv, a tudíž výrobní náklady suroviny nebo výrobků v konfrontaci s energetickým a ekonomickým přínosem jejího využití.

Finanční zhodnocení nákladů v případě prořezu výsadeb ovocných stromů není příliš příznivé pro běžné komerční využití, což je dáno nízkými hektarovými výnosy a vysokými výrobními náklady v přepočtu na jednotku biomasy (jsou to tzv. měrné náklady), spojenými především se sběrem a svozem zbytkové dřevní biomasy. Dle souhrnu vlastních a literárních údajů se tyto náklady pohybují od 3 do 9 tisíc korun v přepočtu na 1 tunu biomasy při výnosu v rozmezí 1 až 3 tuny v přepočtu na 1 ha. Řez ovocných dřevin se v podmínkách ČR provádí především ručně, a tudíž průměrná spotřeba času neboli práce na tento zásah je velká. Např. u jabloňového sadu je to přes 200 h/ha, u peckovin zhruba o polovinu méně. V důsledku toho jsou pak vysoké náklady na řez v přepočtu na 1 ha, které mohou být u jabloňových sadů okolo 20 tisíc Kč/ha a u peckovin 9 tisíc Kč/ha. Příslušně jsou vysoké měrné náklady neboli cena v přepočtu na tunu biomasy, např. u jabloní je to v průměru 7000 Kč/t biomasy a u peckovin je to zhruba poloviční hodnota. Měrné náklady na manipulaci a dopravu jsou pak u jabloní cca 700 - 900 Kč/t a u peckovin cca 500 - 700 Kč/t.

Mnohem příznivěji se z finančního hlediska jeví produkce dřeva získaná z obnovy nebo likvidace ovocných výsadeb vzhledem k mnohem vyšším hektarovým výnosům a lepším podmínkám pro využití mechanizace. V tomto případě je u jabloní průměrná spotřeba času na zásah většinou maximálně 300 h/ha, měrné náklady na řez by neměly přesáhnout 300 tisíc Kč/ha a měrné náklady na tunu biomasy 3000 Kč/t. Měrné náklady na manipulaci a dopravu jsou pak maximálně 350 Kč/t. Také v tomto případě je levnější zpracování peckovin, u nichž průměrná spotřeba času na zásah je cca 130 h/ha, měrné náklady na řez 130 tisíc Kč/ha, měrné výrobní náklady na tunu biomasy cca 2400 Kč/t a měrné náklady na manipulaci a svoz cca 400 Kč/t.

4. Souhrnné hodnocení dosažených výsledků

Souhrnné hodnocení je možné na základě srovnání naměřených hodnot základních parametrů různých forem tuhého paliva zhotovených ze dřeva z řezu jabloní získaných v průběhu řešení. Výběr těchto hodnot je uveden v souhrnné tabulce č. 14. Na základě souhrnného hodnocení lze zformulovat následující závěry:

1. Drcením a komprimací dřevní biomasy z řezu stromů jabloní lze zásadním způsobem vylepšit mechanicko-fyzikální vlastnosti, palivářské vlastnosti se mění pouze v nepatrné míře. Zlepšení mechanicko-fyzikálních vlastností se projevuje především v zásadním zvýšení sypné hmotnosti, a to cca dvojnásobně u briket a trojnásobně u pelet ve srovnání se štěpkou, což podstatně zlepšuje podmínky pro logistiku těchto biopaliv. Štěpkování rovněž zvyšuje sypnou hmotnost dřevní biomasy z řezu stromů jabloní, která v přepočtu na sušinu dosahuje 2 až 4 - násobku nedrcené dřevní hmoty.

Tabulka 14: Základní parametry různých forem tuhého paliva ze dřeva z řezu jabloní

Název položky	Teploty tavení popelu			Sypná hmotnost, kg/m ³	Výhřevnost bezvodného vzorku MJ/kg	Obsah popele, % suš.	Emise CO na 13% O ₂	Emise NO _x na 13% O ₂
	popel DT °C	popel HV °C	popel FT °C					
štěpka jabloní	1150	1170	1200	200-266	18,62	3,06		
brikety jabloní	1160	1180	1200	352-445	18,63	3,02		
pelety jabloní	1180	1210	1220	598	18,65	2,93	548	440
pelety standardní (smrk)	>1340	>1340	>1340	n.s.	19,06	2,50	423	173

2. Pelety ze dřeva z řezu jabloní mají ve srovnání se standardními peletami zhotovenými ze smrkového dřeva bez kůry mírně horší palivářské vlastnosti, a to vyšší obsah popelu a horší emisní charakteristiky, přesto

výhřevnost jabloňových pelet je pouze nepatrně nižší (o cca 2 %) ve srovnání se smrkovými peletami. Toto zhoršení je zapříčiněno především vyšším podílem kůry u dřevní biomasy z řezu stromů jabloní.

3. Dle současných technických standardů dle evropské normy EN 14961-2 lze jabloňové pelety zařadit pouze do třetí skupiny kvality (tzv. třídy B neboli pelety pro průmyslové využití), neboť první dvě třídy (A1 a A2) předpokládají peletování dřevní hmoty bez kůry (A1) nebo pouze s minimálním podílem kůry (A2), přičemž obsah popelu u třídy A2 by měl být nižší než 1,5 %.

4. Z hlediska dosažení kvality tuhých biopaliv vhodných pro domácnosti lze doporučit briketování dřevní biomasy z řezu stromů jabloní.

5. V případě malých dopravních vzdáleností od producenta k uživateli tuhých biopaliv je vhodnější přímé využití štěpky, zejména v obecních kotelnách.

6. S ohledem na problematickou logistiku sběru a svozu dřevní biomasy z prořezu ovocných sadů jsou docela vysoké i náklady na jejich uskutečnění. Dle souhrnu vlastních a literárních údajů se tyto náklady pohybují od 3 do 9 tisíc korun v přepočtu na 1 tunu biomasy při výnosu v rozmezí 1 až 3 tuny v přepočtu na 1 ha. Výnosy jsou vyšší a náklady nižší u větších ovocných stromů s tzv. dutou korunou a naopak, nižší výnosy a vyšší náklady máme u moderních sadů s pěstitelským tvarem stromů štíhlé vřeteno.

7. V případě obnovy nebo likvidace sadů se náklady na pořízení dřevní biomasy z ovocných sadů blíží běžným nákladům pro lesní stromy. Dle souhrnu vlastních a literárních údajů se tyto náklady pohybují od 1500 do 3000 Kč v přepočtu na 1 tunu biomasy při výnosu v rozmezí 50 až 150 tun biomasy v přepočtu na 1 ha. Stejně tak jako v předchozím případě jsou vyšší výnosy u výsadeb ovocných stromů starého typu a nižší u moderních typů ovocné výsadby.

III. POPIS UPLATNĚNÍ METODIKY

Metodika je určena širokému okruhu uživatelů z oblasti rostlinné výroby a zpracování rostlinné produkce, především prvovýrobcům – pěstitelům ovocných dřevin, ale také potenciálním zpracovatelům a uživatelům zemědělské biomasy pro energetické účely, hlavně výrobcům tvarovaných tuhých biopaliv a provozovatelům kotlů na biomasu. Dále metodika poslouží jako zdroj znalostních informací pro zemědělské poradce a pro výuku na zemědělských školách. Smluvním uživatelem metodiky, který bude zajišťovat její transfer do zemědělské a výrobní praxe, je spolek CZ BIOM – České sdružení pro biomasu.

Dle podmínek MZe ČR bude tato metodika také dostupná všem zájemcům i v elektronické verzi na stránkách Výzkumného ústavu rostlinné výroby, v.v.i. (www.vurv.cz).

IV. SEZNAM POUŽITÉ SOUVISEJÍCÍ LITERATURY

Badalíková B., Červinka J., 2008: Vývoj půdní struktury po zapravení štěpky vinné révy. Sborník příspěvků z konference 12. Pedologické dny, Antropogenní zatížení půd, ČZU v Praze, 175 s. ISBN 978-80213-1879-3.

Bilandzija J., Voca N., Kricka T., Matin A., Jurisic V., 2012: Energy potential of fruit tree pruned biomass in Croatia. Spanish. J. Agr. Res. 10, 292 - 298.

Brassard, P., Palacios, J.H., Godbout, S., Bussi eres, D., Lagace, R., Larouche, J.-P., Pelletier, F., 2014: Comparison of the gaseous and particulate matter emissions from the combustion of agricultural and forest biomasses. Bioresour. Technol. 155, 300e306.

Burg P., 2007: Perspektivní mechanizační prostředky ve vinohradnictví jejich vliv na ekonomiku a kvalitu práce. Habilitační práce. ZF MZLU v Brně. 213 s.

Burg, P., Souček J., Zemánek P., 2007: Databáze zdrojů energetické biomasy. NAZV č. QG60083 – Konkurence bioenergetických surovin. Závěrečná zpráva.

CIRCE, 2014: Mapping and analysis of the pruning biomass potential in Europe. Grant agreement 312078. 114 p.

Hidding J.: Organic waste from agriculture and agrofood industry. Biomass Gasification Pyrolysis: State of the Art and Future Prospects. (1997) 89 – 98.

Radojevic R., Zivkovic M., Urosevic M., Radojevic D.: Technological-technical aspects of using fruit and grapevine pruning residues. J. Agric. Technic. Energy. Agric. (2007) 11, 32 - 36.

Radtke A., Toe D., Berger F., Zerbe, S. Bourrier F., 2014. Managing coppice forest for rockfall protection: lessons from modeling. Ann. For. Sci., 71, 485e494.

Rosua J.M., Pasadas M.: Biomass potential in Andalusia, from grapevines, olives, fruit trees and poplar, for providing heating in homes. Renew. Sust. Energ. Rew. (2012) 16, 4190 - 4195.

Spinelli R., Nati C., Pari L., Mescalchin E., Magagnotti N.: Production and quality of biomass fuels from mechanized collection and processing of vineyard pruning residues. Appl. Energy (2012) 89, 374e379.

Zemánek P.: Provozní náklady u technologií energetického využití révy z vinic. Biom.cz [online]. 2012-09-17 [cit. 2015-12-11]. Dostupné z [www: http://biom.cz/cz/odborne-clanky](http://biom.cz/cz/odborne-clanky), ISSN: 1801-2655.

Žufánek J., Zemánek P.: Bilance biologických odpadů z vinohradnictví. Ekologické aspekty výzkumu, vývoje a provozu zahradnické techniky. Sborník z mezinárodní konference. (1998) Lednice.

V. SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE

1. Hermuth, J., Janovská, D., Ušťak, S. 2014: Genofond široku obecného *Sorghum bicolor* (L.) Moench a možnosti jeho využití v podmínkách ČR. In: Papoušková, L. (ed.). Genetické zdroje rostlin v ČR po 20 letech existence Národního programu. VÚRV, v.v.i., Praha. pp. 30-36.

2. Petříková, V., Sladký, V., Stražil, Z., Šafařík, M., Ušťak, S., Váňa, J., 2006: Energetické plodiny. Profi Press, Praha, 127 s. ISBN 80-86726-13-4.

3. Petříková, V., Váňa, J., Ušťak, S., 1996: Pěstování a využití technických a energetických plodin na rekultivovaných pozemcích. Metodiky pro zemědělskou praxi 17/1996, Praha, ÚZPI 1996, 24 s.

4. Ušťak S.; Šinko, J., 2016: Dřevní palivo standardizované kvality optimalizované pro uzenářské účely, Osvědčení o zápisu UV č. 29918 ze dne 31.10.2016.

5. Ušťak, S., 2007: Srovnání modelových ekonomických ukazatelů pěstování některých konvenčních a netradičních energetických plodin v podmínkách ČR. Zemědělská technika a biomasa 2007. VÚZT, Praha, pp. 188-192.

6. Ušťak, S., Kavka, M., 2003: Srovnání modelových ekonomických ukazatelů pěstování některých energetických plodin v podmínkách ČR. Energetické a průmyslové rostliny IX. CZ BIOM, VÚRV, Chomutov, pp. 26-34.

7. Ust'ak, S., Hutla P., Šinko, J., Muňoz, J., Váňa, V., 2016: Srovnání vybraných způsobů úpravy dřeva z prořezu jabloní za účelem energetického využití. - in Agritech Science, 3.

8. Ust'ak, S., Ust'aková, M., 2004: Potential for agricultural biomass to produce bioenergy in the Czech Republic. In: Biomass and Agriculture: Sustainability, Markets and Policies, OECD 2004, Paris, France, pp. 229-240

9. Ust'ak, S., 2006: Rozvoj pěstování a využití biomasy pro energetické a průmyslové účely v ČR: technické a ekonomické aspekty a základní překážky. - In: Sborník referátů z odborné konference "Energetické a průmyslové rostliny XI.", CZ Biom a VÚRV, 15.06.06, Chomutov, pp. 118-133.

10. Váňa, J., Ust'ak, S., 2011: Využití odpadů ze zemědělského provozu a biomasy energetických rostlin k výrobě bioplynu. - In: Využití obnovitelných zdrojů energie v zemědělství. pp. 29-42, Ekomonitor, ISBN 978-80-86832-494

Dedikace:

Metodika vznikla za finanční podpory projektů vědy a výzkumu MZe ČR. Při zpracování metodiky byly využity výsledky výzkumného projektu NAZV č. QJ1210104 (75 %) a projektu institucionální podpory MZe ČR reg. č. RO 0416 (25 %).

Oponenti: 1) za státní správu: Ing. Michaela Budňáková (MZe ČR)

2) za odbornou veřejnost: Ing. Petr Hutla, CSc., VÚZT, v.v.i. Praha

Realizační smlouva:

V rámci schválení metodiky byla uzavřena smlouva o využití výsledků v praxi se spolkem CZ BIOM - České sdružení pro biomasu (www.biom.cz).