

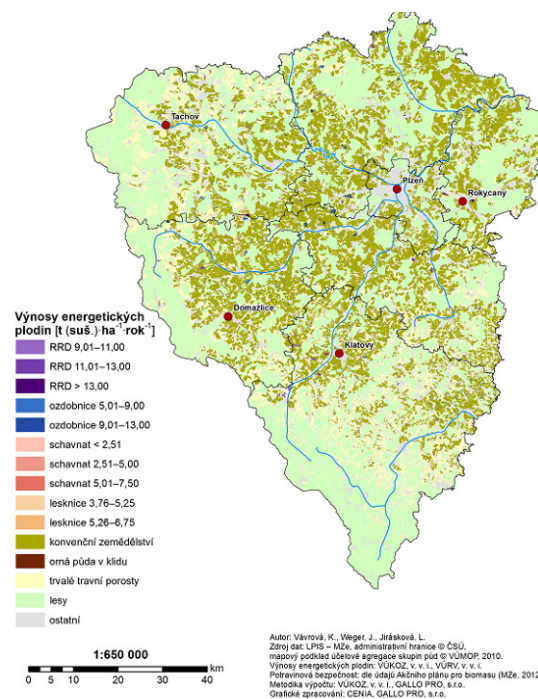
# METODIKA STANOVENÍ POTENCIÁLU BIOMASY V ZÁJMOVÝCH ÚZEMÍCH S RESPEKTOVÁNÍM VAZBY NA POTRAVINOVOU BEZPEČNOST

Certifikovaná metodika VÚKOZ, v.v.i. č. 2/2013-057

Kamila Vávrová<sup>1</sup>, Jan Weger<sup>1</sup>, Martin Nikl<sup>1</sup>, Jaroslav Knápek<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, v. v. i., Průhonice

<sup>2</sup>České vysoké učení technické v Praze, Fakulta elektrotechnická



Průhonice, říjen 2013

## **Anotace**

Metodika popisuje postup pro stanovení potenciálu biomasy ze zemědělské a lesní půdy vhodné k energetickému využití v teplárnách a výtopnách v libovolném zájmovém území v rámci České republiky. Je určena ke strategickému plánování zdrojů s ohledem na souběžné zajištění trvale udržitelného využití půdy pro potravinovou bezpečnost a produkci biomasy k energetickému využití. Hlavním uvažovanými zdroji biomasy jsou sklizňové zbytky ze zemědělství (sláma), lesní těžební zbytky (štěpka z nehroubí) a záměrně pěstovaná biomasa (štěpka rychle rostoucích dřevin; slamnatá biomasa nedřevnatých energetických plodin). Pro odběr lesní biomasy metodika respektuje principy trvale udržitelného využívání lesa. Metodický postup je založen na využití dostupných podkladů o produktivitě lesních a zemědělských půd, jejich aktuální formě využívání a na nejnovějších výsledcích výzkumu produktivity energetických plodin. Kromě zmapování aktuálního potenciálu biomasy v zájmovém území umožňuje metodika také modelování a testování variant budoucího vývoje využívání půdního fondu podle různých požadavků a strategických plánů státu nebo organizací.

**Dedikace:** Metodika vznikla za finanční podpory grantového projektu VG20102013060 „Analýza potenciálu využití biomasy jako domácího strategického zdroje pro zabezpečení energetických potřeb v krizových situacích”.

Metodika byla schválena ministerstvem zemědělství ČR

Ministerstvo zemědělství doporučuje tuto metodiku pro využití v praxi.

Oponent: Ing. Kamil Vyslyšel, ÚHÚL

© VÚKOZ, v. v. i., Průhonice

## Obsah

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>CÍL METODIKY</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>SROVNÁNÍ „NOVOSTI POSTUPŮ“</b> .....	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>UPLATNĚNÍ METODIKY A EKONOMICKÉ ASPEKTY</b> .....	<b>6</b>
<b>5</b>	<b>METODICKÝ POSTUP PRO STANOVENÍ POTENCIÁLU BIOMASY NA ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ</b>	<b>7</b>
5.1	VÝCHODISKA METODIKY PRO STANOVENÍ POTENCIÁLU BIOMASY NA ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ .....	7
5.1.1	<i>Systém bonitace zemědělských půd</i> .....	9
5.1.2	<i>Obecný postup alokace plodin a výnosu biomasy ke konkrétnímu pozemku</i> .....	10
5.2	POPIS ALGORITMU STANOVENÍ POTENCIÁLU BIOMASY NA ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ .....	11
5.3	HLAVNÍ ZDROJE DAT PRO METODIKU .....	14
5.3.1	<i>Typologie stanovišť (zemědělských půd) pro energetické a konvenční plodiny a stanovení jejich výnosů energetických plodin</i> .....	14
5.4	STANOVENÍ POTENCIÁLU ZBYTKOVÉ BIOMASY .....	15
5.4.1	<i>Postup alokace konvenčních plodin v zájmovém území</i> .....	15
5.4.2	<i>Potenciál zbytkové biomasy z konvenčních plodin</i> .....	16
5.5	STANOVENÍ POTENCIÁLU ENERGETICKÝCH PLODIN .....	17
5.5.1	<i>Odpočet ztrát při logistice biomasy a skladování</i> .....	19
5.5.2	<i>Definice logistických tras pro energetickou biomasu ze zemědělské půdy</i> .....	19
5.6	ZÁVĚR: MOŽNÉ ZPŮSOBY VYUŽITÍ METODIKY STANOVENÍ POTENCIÁLU BIOMASY NA ZEMĚDĚLSKÉ PŮDĚ 21	
<b>6</b>	<b>STANOVENÍ POTENCIÁLU BIOMASY NA LESNÍ PŮDĚ</b> .....	<b>22</b>
6.1	CÍL .....	22
6.2	ČASOVÝ RÁMEC .....	22
6.3	REŽIM: NORMÁLNÍ STAV PŘI DODRŽENÍ VŠECH ZÁKONNÝCH POŽADAVKŮ .....	22
6.4	KLÍČOVÉ BODY A ZDROJE: .....	22
6.4.1	<i>Druh hmoty: pouze nehroubí</i> .....	22
6.4.2	<i>Výpočet dostupného množství: přijatelné riziko + podmíněně přijatelné riziko</i> .....	23
6.4.3	<i>Modelový postup výpočtu stávajícího dostupného potenciálu LTZ</i> .....	31
6.4.4	<i>Definice logistických řetězců energetické biomasy z lesních porostů</i> .....	33
<b>7</b>	<b>SHRnutí</b> .....	<b>34</b>
<b>8</b>	<b>POUŽITÁ A SOUVISEJÍCÍ LITERATURA</b> .....	<b>35</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM PUBLIKACÍ, KTERÉ PŘEDCHÁZELY METODICE</b> .....	<b>36</b>
	<b>PŘÍLOHA 1: SCHÉMA METODICKÉHO POSTUPU STANOVENÍ POTENCIÁLU BIOMASY V ZÁJMOVÝCH ÚZEMÍCH S RESPEKTOVÁNÍM VAZBY NA POTRAVINOVOU BEZPEČNOST</b> ..	<b>37</b>

## Seznam zkratek

AOPK ...	Agentura ochrany přírody a krajiny
APB ...	Akční plán pro biomasu (MZe, 2012)
BPEJ ...	bonitační půdně ekologická jednotka
ČGS ...	Česká geologická služba, v.v.i.
EP ...	energetické plodiny
GIS ...	geografické informační systémy
GJ ...	gigajoule (1 GJ = 10 <sup>9</sup> J)
HPJ ...	hlavní půdní jednotka
HPKJ ...	hlavní půdně klimatická jednotka
LHP ...	lesní hospodářský plán
LPIS ...	Land Parcel Identification System
LTZ ...	Lesní těžební zbytky
NIL ...	Národní inventarizace lesů
OPRL ...	Oblastní plány rozvoje lesů
OTE ...	Oblastní typologické elaboráty (lesů)
OZE ...	obnovitelné zdroje energie
PJ ...	petajoule (1 PJ = 10 <sup>15</sup> J)
RRD ...	rychle rostoucí dřeviny
TTP ...	trvalé travní porosty
ÚHÚL ...	Ústav pro hospodářskou úpravu lesů o.s.s.

# 1 Úvod

Biomasa je nejvýznamnější obnovitelný zdroj v ČR i ve střední Evropě a její potenciál tvoří nejdůležitější zdroj pro plánovaný rozvoj OZE v příštích letech v těchto oblastech. Současně však představuje značně variabilní zdroj vzhledem k tomu, že je možné ji využít pro různé formy paliv a energie: jak pro elektrickou energii nebo výrobu tepla, či kombinovanou výrobu, tak i pro výrobu pohonných hmot. Biomase je možné snadno skladovat a je na rozdíl od větrné a solární energie poměrně stálým zdrojem energie.

V současné době se ve světě i u nás začíná rozšiřovat pěstování rostlin za účelem produkce biomasy na energetické využití resp. pro výrobu pevných, kapalných nebo plyných biopaliv. V literatuře je možno najít více než stopadesát rostlinných druhů, které byly či jsou testovány a případně vytipovány jako potenciální zdroj pro energetické využití. Pokud pomineme využití jednoletých potravinářských a technických plodin pro výrobu pevných a kapalných biopaliv (obilí, řepka, kukuřice) pro produkci pevných biopaliv z lignocelulozní biomasy je v současnosti úspěšně pěstováno pouze několik perspektivních bylin a dřevin ve speciálních porostech a plantážích „energetických plodin“. U těchto téměř výhradně víceletých plodin se předpokládá, že po úvodní fázi rozrůstání poskytnou vyšší výnosy při současně nižších nákladech, než rostliny jednoleté.

U dřevin se zatím nejvíce rozšířilo pěstování tzv. výmladkových plantáží vrb a topolů často označovaných jako rychle rostoucí dřeviny (RRD). Výmladkové plantáže je oproti běžnému způsobu pěstování dřevin možno sklízet opakovaně ve velmi krátkém sklizňovém cyklu (obmýtí 2–8 let). Pro zakládání výmladkových plantáží v ČR jsou doporučovány vybrané druhy topolů a vrb<sup>1</sup>. Ve světě a také v ČR se pěstují a ověřují „energetické plantáže“ jednoletých nebo víceletých bylin. V našich podmínkách připadají do úvahy např. ozdobnice (*Miscanthus*), lesknice (*Phalaris*) a šťovík krmný (*Rumex – odrůda schavnat*) příp. další.

Významným faktorem, který oprávněně limituje pěstování nových energetických plodin je zajištění přiměřené rozlohy zemědělské půdy pro pěstování potravin a dalších tradičních surovin. Zejména otázka tzv. potravinové bezpečnosti se stala velmi aktuální v souvislosti s významným růstem cen potravin na světových trzích např. v r.1974 a 2008, které vedly k snížení dostupnosti potravin pro obyvatele v některých regionech. Obecně panuje shoda, že k významným faktorům ovlivňujícím trhy a tedy i ceny potravin patří i produkce biomasy, především pro produkci kapalných biopaliv. Zahraniční studie a tuzemští odborníci však uvádějí, že příčinou růstu cen je více (DEFRA 2008) a jejich dopad na potravinovou bezpečnost závisí na konkrétních podmínkách daného státu - zejm. jde o poměr vývozu a dovozu potravin a energií (Schmidhuber, 2007). Odborníci dále upozorňují na vztah mezi růstem cen potravin a

---

<sup>1</sup> Sortiment RRD pro pěstování na zemědělské půdě v ČR upravuje legislativa rezortů zemědělství a životního prostředí a je možno vybírat z poměrně širokého sortimentu klonů a registrovaných odrůd druhů topolů a vrb z domácích sbírek (např. S-218, S-195, S-337 a J-105, P-468, 'Průhonice') i ze zahraničí.

omezováním dostupnosti (elasticity) nabídky zemědělských produktů (Flammini, 2008). Proto je nanejvýše vhodné plánovat rozvoj energetických plodin tak, aby nedošlo k nepřiměřenému omezení půdy pro pěstování potravin a tradičních surovin.

Metodika je zaměřena na kvantifikaci potenciálu (pevné) biomasy ze zemědělské a lesní půdy, která může být využita jako palivo v teplárnách, výtopnách, ev. i v decentralizovaných zdrojích na dodávku tepla. Metodika neřeší potenciál biomasy pro kapalná biopaliva a ani se nezabývá potenciálem biomasy používané v bioplynových stanicích, u kterých se nepředpokládá významnější dodávka tepla pro zajištění vytápění budov a ani významnější dodávka tepla pro podnikatelské účely. Limitujícím faktorem v případě bioplynových stanic je to, že tyto stanice jsou primárně určeny k výrobě elektřiny a využití vznikajícího (odpadního) tepla by bylo vzhledem k jejich typické lokalizaci mimo obce jen obtížně realizovatelná.

## **2 Cíl metodiky**

Cílem metodiky je vytvoření metodického postupu pro stanovení realizovatelného potenciálu biomasy ze zemědělské a lesní půdy pro využití v teplárnách, výtopnách příp. dalších zdrojích pro výrobu tepla nebo kombinovanou výrobu tepla a elektřiny s vysokou účinností. Metodika umožňuje stanovení současného a prognózování budoucího potenciálu biomasy se zahrnutím příspěvku nových energetických plodin při zachování požadavků potravinové bezpečnosti při předpokladu standardních podmínek lesního a zemědělského hospodářství. Pro produkci a odběr biomasy metodika respektuje principy trvale udržitelného využívání lesní i zemědělské půdy.

## **3 Srovnání „novosti postupů“**

Metodika pro stanovení potenciálu biomasy pro energetické využití v zájmových územích nebyla doposud v ČR certifikována. Metody používané ve výzkumu řešitelským týmem v předcházejících letech byly pro předkládanou metodiku rozšířeny o nové postupy, které umožňují hodnocení současného, a modelování budoucího potenciálu s ohledem na zajištění potravinové bezpečnosti ČR. Toho je dosaženo tzv. „agronomickým principem“ alokace zemědělské půdy, který zajišťuje zachování odpovídajícího množství kvalitní půdy pro produkci potravin. Dále byla metodika rozšířena o algoritmy pro simulaci různé intenzity budoucího využití půdy (maximalizace výnosu, zajištění diverzity a udržitelnosti, extenzifikace výroby) pro hledání optimálních strategií.

## **4 Uplatnění metodiky a ekonomické aspekty**

Je určena pro orgány státní správy, regionů, obcí a organizací ke strategickému plánování zdrojů biomasy k energetickému využití s ohledem na zajištění trvale udržitelného využití půdy a s ohledem na pro potravinovou bezpečnost. Používání metodiky v praxi přispěje k racionálnímu rozhodování o rozvoji energetického užití biomasy, jejíž podíl na primárních energetických zdrojích ČR se má v příštích dekádách zdvojnásobit (ze 100 PJ až na 240 PJ dle APB). Zdroji biomasy jsou zbytková biomasa z konvečního zemědělství, lesní těžební zbytky a především cíleně pěstovaná biomasa na zemědělské půdě. Hodnota nákladů spojených s plánovaným rozvojem užití biomasy pro energetické účely se pohybuje v řádu několika desítek miliard Kč (za rok pro cílovou rozlohu užití zemědělské půdy pro energetické účely cca 1 mil. ha) v rámci celé České republiky. Pro vyčíslení ekonomických aspektů

pěstování a využívání biomasy a pro optimalizaci portfolia energetických plodin na zemědělské půdě je možno využít doplňkový modul metodiky – ekonomika zdrojů

## **5 Metodický postup pro stanovení potenciálu biomasy na zemědělské půdě**

Potenciál biomasy na zemědělské půdě (s předpokladem použití teplárnách, výtopnách či decentralizovaných zdrojích) se skládá z:

- a. Potenciálu zbytkové biomasy z konvenčního zemědělství – především zbytková sláma
- b. Potenciálu biomasy z energetických plodin pěstovaných na orné půdě – jednoletých i víceletých energetických plodin včetně výmladkových plantáží.
- c. Potenciálu biomasy z výmladkových plantáží RRD založených na trvale travních porostech.

Pozn. 1: Vzhledem k určení metodiky není v ní hodnocen potenciál plodin pro výrobu kapalných biopaliv (řepka, obilniny). Potenciál jejich zbytkové biomasy (slámy) je však započítáván po odpočtu podílu pro živočišnou výrobu a zachování půdní úrodnosti.

Pozn.2: Biomasa z trvalých travních porostů (seno) není do takto stanovovaného potenciálu zahrnována. Důvodem je obtížnost (technická i ekonomická) využití této biomasy jako paliva při aplikaci výchozího předpokladu stanovování potenciálu biomasy z hlediska potřeb zásobování tepla.

Pro stanovení potenciálu energetických plodin na zemědělské půdě budou použity 4 v současné době nejpoužívanější energetické plodiny pro produkci pevných biopaliv (štěpka, sláma) – rychle rostoucích dřeviny RRD (topol, vrba), ozdobnice obrovská, schavnat a lesknice rákosovitá. Metodika umožňuje stanovit potenciál biomasy na zemědělské půdě jak ve výchozím roce, tak i v cílovém roce při respektování daného tempa růstu alokace zemědělské půdy pro pěstování energetických plodin. Metodika (algoritmus) umožňuje určit scénáře potenciálu biomasy dle strategických záměrů státu v oblasti zajištění potravinové bezpečnosti.

Metodika stanovuje potenciál biomasy, který je pro danou rozlohu zemědělské a orné půdy, využití půdy pro konvenční a energetické plodiny dlouhodobě udržitelný.

### **5.1 Výchozí podmínky metodiky pro stanovení potenciálu biomasy na zemědělské půdě**

Metodika je postavena na následujících výchozích předpokladech:

- a. Zemědělskou půdou se v kontextu této metodiky rozumí obhospodařovaná půda dle LPIS v základním členění na ornou půdu, trvalé travní porosty a ostatní půdu včetně ploch RRD. Rozloha zemědělské půdy dle evidence LPIS se významným způsobem odlišuje od rozlohy zemědělské půdy dle evidence katastru nemovitostí a pozemků. Zde jsou pod kategorie zemědělská půda, orná půda apod. pozemky u kterých ve velké míře reálně nepřichází do úvahy pěstování jak konvenčních, tak i energetických plodin (např. zahrady).

- b. Výnos biomasy (konvenčního zemědělství i energetických plodin) na zemědělské půdě determinují podmínky (klimatické a půdní vlastnosti) daného stanoviště – pozemku. Pro dané podmínky stanoviště lze odvodit typický (očekávaný) výnos daného druhu konvenční i energetické plodiny.
- c. Potenciál biomasy je primárně stanovován na „pozemku“, metodika umožňuje odpočet ztrát z titulu dopravy (z pole na krátkou vzdálenost do bodu prvotního uskladnění) a skladování v průběhu roku (průměrné ztráty pro danou formu biomasy).
- d. Výsledný energetický potenciál biomasy pro zájmové území se vyjadřuje v energetických jednotkách (GJ, resp. jeho násobcích) za rok.
- e. Pro stanovení potenciálu biomasy na zemědělské půdě se využívá tzv. down-up postup. Vychází se tak z podmínek jednotlivých stanovišť pozemků evidovaných v příslušné datové evidenci (LPIS) a přiřazování typického očekávaného výnosu biomasy pro danou konvenční či energetickou plodinu.
- f. Konvenční zemědělská produkce (produkce pro potravinové účely) má prioritu před energetickými plodinami při alokaci zemědělské (orné) půdy pro tyto dva základní způsoby jejího využití. Při výpočtu potenciálu biomasy na zemědělské (orné) půdě jsou energetickými plodinami obsazovány (pro zadanou rozlohu orné půdy) nejméně vhodné pozemky pro konvenční zemědělství.
- g. Stanovení zbytkové biomasy u obilnin je odvozeno od výnosu obilnin a využívá se současných (průměrných) poměrů zrno:sláma. V případě nasazení nových odrůd s výrazně jiným poměrem zrno : sláma je třeba aktualizovat vstupy modelu
- h. Rozloha zemědělské půdy (v členění orná půda, TTP a ostatní) a procentní podíl orné půdy pro energetické plodiny jsou pro řešené zájmové území základními vstupními údaji. Metodika stanovení potenciálu biomasy neřeší strategii státu při zajišťování potravinové bezpečnosti, závěry těchto dokumentů z hlediska potřebné rozlohy půdy pro daný způsob zajištění potravinové bezpečnosti jsou však vstupními parametry metodiky. Metodika prostřednictvím definice relativního podílu energetických plodin na zemědělské (orné) půdě umožňuje modelovat varianty potenciálu biomasy pro zadanou strategii potravinové bezpečnosti
- i. Základním zájmovým územím pro stanovení potenciálu biomasy na zemědělské půdě je celá ČR nebo vybraný kraj, v případě dostupných dat o rozloze půdy pro pěstování jednotlivých konvenčních plodin to může být i jiný územní celek (např. okres.). Podíl jednotlivých konvenčních plodin na celkové orné půdě zájmového území je vstupním parametrem metodiky.
- j. Metodika předpokládá, že v zájmovém území, pro které je stanovován potenciál biomasy, je zachována rozloha jednotlivých konvenčních zemědělských plodin. Podíl jednotlivých konvenčních plodin je vstupním parametrem metodiky.
- k. Potenciál biomasy (zbytkové i energetických plodin) je stanovován jako typický očekávaný výnos biomasy (dlouhodobý průměr pro dané stanoviště – pozemek). Meziročně však může docházet k významným výkyvům výnosů biomasy. Vzhledem k předpokladu priority konvenční zemědělské produkce před energetickými plodinami (viz výše) jde o „spodní“ odhad potenciálu biomasy pro zájmové území. Pokud by



došlo k alokaci energetických plodin na „kvalitnější“ pozemky (při stejném relativním podílu energetických plodin na celkové výměře orné půdy), došlo by k navýšení potenciálu biomasy, ovšem na úkor výnosu konvenčních plodin.

- l. V případě vytrvalých energetických plodin metodika pracuje s průměrnými výnosy jednotlivých plodin. Tyto průměrné výnosy představují očekávané (dlouhodobé průměry) roční výnosy biomasy pro danou energetickou plodinu a dané podmínky stanoviště při předpokladu použití standardních agrotechnických postupů. Metodika pracuje s výnosy pro jednotlivé energetické plodiny tak, jak jsou z experimentálních ploch odhadovány jejich výnosy (stav roku 2013)<sup>2</sup>.
- m. Pro rozvoj pěstování energetických plodin na zemědělské půdě neexistují zásadní agrotechnické bariéry – předpokládáme dostupnost osiva či sadbového materiálu (ať už z ČR či dovozu) a současně předpokládáme dostupnost potřebné základní mechanizace pro založení, udržování a sklizeň porostů energetických plodin (ať už z ČR či dovozu). Současně jsou dostupné dostatečné znalosti o agrotechnických postupech pěstování energetických plodin.

Aplikace popsaného „down–up“ přístupu při stanovení potenciálu biomasy pro dané zájmové území vyžaduje zpracování velkého množství primárních dat a není přímo realizovatelná bez speciálních mapových podkladů, rozsáhlých databází údajů a programové nadstavby. Pro podporu stanovení potenciálu biomasy pro zájmové území byl zpracovatelem metodiky vyvinut speciální SW v prostředí GIS (SW TopoL).

Použitý princip stanovení potenciálu biomasy na zemědělské půdě umožňuje stanovení spodního odhadu potenciálu biomasy (pro zadané území a relativní podíl energetických plodin vyplývající z daného scénáře potravinové bezpečnosti) a zabraňuje nadhodnocování potenciálu biomasy, ke kterému by došlo, pokud by se pro výpočty využily průměrné parametry výnosnosti plodin a rozloha půdy alokovaná pro ně. Zvyšování podílu zemědělské půdy alokované pro energetické plodiny pak vede k tomu, že pro pěstování energetických plodin je „uvolňována“ i kvalitnější půda a dochází tak k nadproporcionálnímu růstu potenciálu biomasy.

### 5.1.1 Systém bonitace zemědělských půd

Metodický postup stanovení potenciálu biomasy na zemědělské půdě je založen na přiřazování výnosů jednotlivých zdrojů biomasy ze zemědělské půdy (druhů plodin) podle bonitovaných půdně ekologických jednotek (BPEJ) s využitím modelu vytvořeného v prostředí GIS.

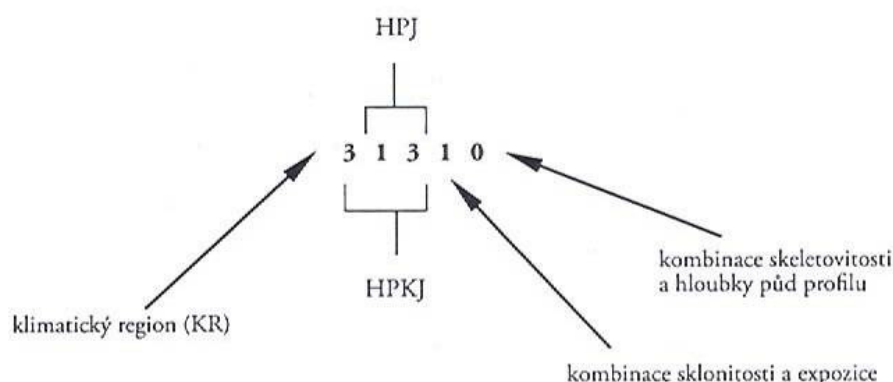
BPEJ byly vytvořeny na základě bonitace čs. zemědělského půdního fondu z let 1973–1978 na podkladě komplexního průzkumu půd provedeného v šedesátých letech. Bonitovaná půdně ekologická jednotka zemědělských pozemků se vyjadřuje pětimístným číselným kódem (psáno např. 2.11.14 nebo 21114) hlavní půdní a

---

<sup>2</sup> Výnosy energetických plodin, koeficienty zbytkové biomasy a ztráty energetického obsahu při skladování a dopravě (při zahrnutí logistiky do výpočtu potenciálu biomasy) jsou založeny na dlouhodobých sledováních a výzkumných projektech (výnosy energetických plodin).

klimatické podmínky, které mají vliv na produkční schopnost zemědělské půdy a její ekonomické ohodnocení. První číslice udává klimatický region, druhá a třetí číslice vymezují příslušnost k určité hlavní půdní jednotce (01–78), čtvrtá číslice stanoví kombinaci svažitosti a expozice pozemku ke světovým stranám a pátá číslice určuje kombinaci hloubky půdního profilu a jeho skeletovitosti.

Klimatické regiony (KR) zahrnují území s přibližně shodnými klimatickými podmínkami pro růst a vývoj zemědělských plodin. KR se liší zejména v hodnotách sumy průměrných denních teplot vzduchu nad 10 °C, průměrnými ročními teplotami vzduchu, průměrným ročním úhrnem srážek, pravděpodobností výskytu suchých vegetačních období a vláhovou jistotou. V České republice bylo vymezeno celkem 10 klimatických regionů, označených kódy 0–9. Hlavní půdní jednotka (HPJ) je účelové seskupení půdních forem, příbuzných ekologickými vlastnostmi, které jsou charakterizovány půdním typem, subtypem, půdotvorným substrátem, zrnitostí a u některých HPJ výraznou svažitostí, hloubkou půdního profilu, skeletovitostí a stupněm hydromorfismu. V České republice bylo vymezeno 78 HPJ. Přiřazením údaje o klimatickém regionu k charakteristice HPJ vzniká tzv. hlavní půdně klimatická jednotka (HPKJ), která je v metodice využita pro stanovení kategorií typologie půd konvenčních i energetických plodin. Další půdně ekologické faktory kódu BPEJ označené 4. a 5. číslicí obsahují informace o dalších podmínkách stanoviště (zejm. sklonitost, skeletovitost, orientace), které jsou zohledňovány až v případě podrobnější analýzy potenciálu území. Příklad pětimístného kódu BPEJ:



Obr. 1: Vysvětlení jednotlivých složek kódu BPEJ

### 5.1.2 Obecný postup alokace plodin a výnosu biomasy ke konkrétnímu pozemku

Algoritmus výpočtu potenciálu biomasy je založen na přidělování konkrétních pozemků pro pěstování vybraných energetických plodin s tím, že výnos biomasy je určen výnosovou křivkou pro dané půdně klimatické podmínky stanoviště. Pro analyzované území je výchozím vstupním parametrem rozloha zemědělské půdy určená pro energetické plodiny z celkové rozlohy zemědělské půdy v analyzovaném území. Metodika algoritmu je založena na principu, že pro pěstování energetických plodin budou v analyzovaném území využity vždy pozemky v nejnižší kvalitě (tj. s nejnižšími hektarovými výnosy) pro konvenční plodiny. Popsaný mechanismus přidělování zemědělské půdy pro pěstování energetických plodin tak minimalizuje potencionální konflikt mezi využíváním zemědělské půdy pro energetické účely a využití půdy pro produkci potravin.

Potenciál zbytkové biomasy z konvenčního zemědělství závisí na struktuře konvenčních plodin a stavu živočišné výroby v zájmovém území (využití zbytkové biomasy – např. slámy, má prioritu před energetickým využitím). Vzhledem k absenci údajů o možném budoucím uspořádání konvenčních plodin a rozvoji živočišné výroby, je stanovení zbytkového potenciálu biomasy na základě současné struktury konvenčních plodin a stavu živočišné výroby. Výrazné změny jak ve struktuře pěstovaných konvenčních plodin, tak i ve stavu živočišné výroby vedou k potřebě aktualizace potenciálu zbytkové biomasy.

## 5.2 Popis algoritmu stanovení potenciálu biomasy na zemědělské půdě

Obecný algoritmus stanovení potenciálu biomasy na zemědělské půdě pro energetické účely se skládá z následujících kroků:

### 1. Vytvoření softwarové podpory pro zpracování primárních a agregovaných dat pro stanovení potenciálu biomasy v aplikovaném „down-up“ přístupu,

- V závislosti na struktuře shromážděných primárních dat je SW podpora vytvářena např. v prostředí MS Excel a TopoL©.

### 2. Určení zájmového území, pro které se potenciál biomasy stanovuje (např. celá ČR, daný kraj apod.) a stanovení:

- Jaký podíl orné půdy bude v zájmovém území využit pro pěstování energetických plodin<sup>3</sup>.
- Jaký podíl trvalých travních porostů bude v zájmovém území využit pro výmladkové plantáže rychle rostoucích dřevin. Metodika standardně předpokládá využití určitého podílu trvalých travních porostů např. pro výmladkové plantáže RRD a nepředpokládá využití trvalých travních porostů pro energetické plodiny. Důvodem jsou především agro-environmentální opatření (RRD umožňují existenci travního podrostu – půdního pokryvu).
- Jaký je rozsah pozemků se specifickými podmínkami ochrany (zejm. pozemky v CHKO, NP a další území s environmentálními omezeními), které budou vyjmuty z alokace některých zdrojů biomasy.

### 3. Příprava vstupních dat pro model v prostředí GIS – obecný postup

- Určení podílů jednotlivých konvenčních plodin na orné půdě v daném zájmovém území

---

<sup>3</sup> Primárním údajem o typech pozemků (z hlediska kultur) a jejich rozlohách je LPIS.

- Přiřazení informací o půdních a klimatických parametrech pozemkům evidovaným v LPIS – informacím o pozemcích v LPIS se přiřadí informace příslušných BPEJ<sup>4</sup> resp. HPKJ.
- Stanovení koeficientů výnosu slámy k výnosu zrna pro jednotlivé konvenční plodiny.
- Zpracování typologie stanovišť (zemědělských půd) pro energetické a konvenční plodiny v systému BPEJ resp. HPKJ.
- Stanovení očekávaných výnosů u jednoletých (výnosových křivek) těchto plodin pro jednotlivá stanoviště dle typologie stanovišť.

#### **4. Alokace konvenčních plodin k jednotlivým pozemkům orné půdy v zájmovém území a výpočet potenciálu zbytkové biomasy**

Při výpočtu (budoucího) potenciálu zbytkové biomasy není známo konkrétní obsazení jednotlivých pozemků plodinami, pouze se vychází ze zadaného (či očekávaného) podílu jednotlivých plodin na celkové rozloze orné půdy zájmového území. Pro výpočet potenciálu se vychází z tzv. „agronomického principu“, který předpokládá alokaci konvenčních plodin na jednotlivých pozemcích s ohledem na maximalizaci výnosů plodin při dodržení skutečných nebo jinak zadaných rozloh jednotlivých plodin. Potenciál zbytkové biomasy – slámy – je pak vypočten s využitím koeficientů zrna : sláma). Celkový potenciál zbytkové biomasy je pak dán součtem hodnot zbytkové biomasy za jednotlivé pozemky „obsazené“ konvenčními plodinami po korekci o spotřebu biomasy pro živočišnou výrobu (dle statistiky počtu zvířat v zájmovém území) – viz dále.

#### **5. Alokace energetických plodin k jednotlivým pozemkům orné půdy v zájmovém území a výpočet jejich potenciálu**

Pro alokaci energetických plodin je použita orná půda (pozemky) s nejnižšími výnosy pro konvenční plodiny – celková rozloha půdy pro energetické plodiny je vstupním parametrem metodiky (např. jako procento z orné půdy celkem). Konkrétní pozemky pro energetické plodiny jsou identifikovány dle výnosů konvenčních plodin – do množiny pozemků pro energetické plodiny se nejdříve přiřadí pozemky s ornou půdou v klidu, a poté se dále zařazují pozemky s nejnižšími výnosy konvenčních plodin až do dosažení celkové očekávané rozlohy energetických plodin. Při alokaci jednotlivých energetických plodin na pozemky lze použít dva základní přístupy:

- přístup maximalizující potenciál biomasy
- přístup zajišťující diverzifikaci energetických plodin

---

<sup>4</sup> Základní evidenční jednotkou LPIS je tzv. „farmářský blok“, který představuje souvislou plochu zemědělské půdy s jednou kulturou (viz <http://www.lpis.cz/cz/sum/index.html>). Jeden blok může být složen z pozemků s různými BPEJ. Prolnutím databáze LPIS a BPEJ se získá jednoznačná identifikace pozemku včetně hodnoty BPEJ, umístění pozemku a jeho rozlohy.

Při maximalizaci energetického výnosu se použije algoritmus, kdy se „volnému“ pozemku přiřadí energetická plodina s nejvyšším energetickým výnosem (dle výnosu biomasy a její výhřevnosti) pro půdní a klimatické podmínky tohoto pozemku (BPEJ). S alokací energetických plodin se pokračuje do okamžiku obsazení „volných“ pozemků pro energetické plodiny. V případě menších nebo bonitně unifikovaných území může dojít u tohoto postupu k dominanci jedné energetické plodiny.

Při přístupu „diverzifikace energetických plodin“ se předpokládá, že tyto nejsou alokovány pouze dle kritéria maximalizace (energetického) výnosu, ale i s přihlédnutím k rovnoměrnému obsazení pozemků energetickými plodinami. Pozemky, které jsou „volné“ pro alokaci energetických plodin, se jimi obsazují dle pořadí náročnosti na bonitu půdy a poměrné kvóty pěstebních ploch. Ty mohou být určeny např. poměrně podle počtu plodin a místních podmínek dle zadání analýzy. Pokud je pro danou energetickou plodinu již dosaženo zadaného limitu její rozlohy, je z dalšího přiřazování vyloučena.

Při výpočtu potenciálu biomasy je třeba se rozhodnout pro jeden z výše uvedených principů. Vytvořený SW pro výpočet potenciálu umožňuje volbu obou dvou přístupů.

Potenciál energetických plodin na orné půdě je pak určen součtem energetických výnosů biomasy z pozemků obsazených jednotlivými energetickými plodinami. Pro každý obsazený pozemek je energetický výnos biomasy určen jako součin jeho rozlohy, příslušné výnosové kategorie (dle typologie stanovišť) a výhřevnosti biomasy.

## **6. Alokační výmladkových plantáží RRD na trvalých travních porostech a výpočet jejich potenciálu**

Celková rozloha výmladkových plantáží na TTP je pro dané zájmové území určena jako násobek zadaného relativního podílu výmladkových plantáží a celkové rozlohy TTP v zájmovém území. Alokační výmladkových plantáží začíná od pozemků s nejvyššími výnosy dle typologie půd pro RRD dokud není dosaženo celkové (zadané) rozlohy. Na TTP se neuvažují jiné energetické plodiny než rychle rostoucí dřeviny. Potenciál výmladkových plantáží na TTP je pak určen součtem energetických výnosů biomasy z pozemků obsazených výmladkovými plantážemi. Pro každý obsazený pozemek je energetický výnos biomasy určen jako součin jeho rozlohy a výnosu příslušné kategorie typologie stanovišť a výhřevnosti.

## **7. Výpočet celkového potenciálu biomasy na zemědělské půdě**

Celkový potenciál je dán součtem potenciálu biomasy z energetických plodin pěstovaných na orné půdě, potenciálu zbytkové biomasy z konvenčních plodin na orné půdě a potenciálu biomasy z výmladkových plantáží na trvalých travních porostech.

Výše popsaný algoritmus mj. korektně respektuje nepřímou závislost mezi potenciálem biomasy z energetických plodin na orné půdě a potenciálem zbytkové biomasy z konvenčních plodin. Nárůst relativního podílu energetických plodin vede ke snížení podílu konvenčních plodin a tím i zbytkové biomasy z konvenčních plodin. Navíc při rostoucím podílu energetických plodin se pro jejich pěstování „uvolňuje“ kvalitnější půda, což vede k nadproporcionálnímu růstu potenciálu biomasy ve vazbě na podíl orné půdy

alokované pro jejich pěstování. Obdobné je to i v případě trvalých travních porostů a výmladkových plantáží na nich zakládáných.

### 5.3 Hlavní zdroje dat pro metodiku

Hlavními zdroji dat pro stanovení potenciálu biomasy jsou:

- mapy SMO 5 (státní mapa odvozená) v měřítku 1: 5000,
- LPIS, který zároveň obsahuje i druh skutečných kultur půdních bloků,
- databáze (mapy) BPEJ
- komoditní a statistické ročenky (údaje o rozloze konvenčních plodin v jednotlivých územích, údaje o hospodářských zvířatech v jednotlivých územích apod.),
- výnosy konvenčních plodin pro podmínky jednotlivých stanovišť,
- typologie stanovišť pro energetické plodiny v systému BPEJ a výnosové křivky energetických plodin z výsledků výzkumných projektů,
- další údaje o limitech pěstování biomasy: zvláště chráněná území, CHKO atd.

#### 5.3.1 Typologie stanovišť (zemědělských půd) pro energetické a konvenční plodiny a stanovení jejich výnosů energetických plodin

Klíčovým krokem metodiky je vytvoření typologie zemědělských půd resp. stanovišť pro konvenční a energetické plodiny, která připadají v úvahu pro analýzu území. Typologie rozděluje zemědělské půdy do (pěstebních) kategorií podle vhodnosti pro pěstování jednotlivých plodin a současně udává jejich očekávaný výnos biomasy v těchto kategoriích.

Pro vytváření typologie je využívána soustava bonitovaných půdně ekologických jednotek (tzv. BPEJ) bonitace zemědělských půd v ČR (Rejfeček et al. 1990, Němec, 2001), která byla podrobně popsána dříve. Pro stanovení očekávaných výnosů konvenčních plodin v rámci typologie jsou použity výnosy biomasy nebo hlavního produktu na jednotlivých BPEJ, které jsou průměrem z celostátních hodnocení sklizní těchto plodin za více let (Němec 2001, Rejfeček et al. 1990). Pro menší územní celky lze použít, pokud jsou dostupná, i empirická data výnosů plodin ve vztahu k BPEJ v území. Typologie je vytvářena pro ornou půdu i trvale travní porosty.

U nových energetických plodin, kde nejsou dostupné výsledky z pěstební praxe, jsou pro vyvážení typologie půd a návrh očekávaných výnosů používány výsledky dlouhodobého polního testování těchto plodin v rámci výzkumných projektů (Havlíčková et al, 2010, Weger, Bubeník, 2011, 2012). Pro každou plodinu je vytvořeno několik (4-6) pěstebních oblastí podle vhodnosti k produkci biomasy. U vytrvalých energetických plodin jsou nejprve vytvořeny výnosové křivky pro dobu očekávané životnosti porostů a z nich jsou následně vypočteny očekávané průměrné výnosy (t(suš.)/ha/rok) pro pěstební oblasti dosažitelné za předpokladu aplikace standardních agrotechnických postupů a obvyklého průběhu počasí - viz Tab. 1.

Výnos použitý pro kalkulace je v případě energetických plodin reprezentovaný střední hodnotou intervalu hodnot – viz Tab. 1.

Tab. 1: Intervaly očekávaných výnosů energetických plodin dle kategorií typologie stanovišť

Kategorie typologie	RRD [t (suš).ha <sup>-1</sup> ]	Ozdobnice [t (suš).ha <sup>-1</sup> ]	Schavnat [t (suš).ha <sup>-1</sup> ]	Lesknice rákosovitá [t (suš).ha <sup>-1</sup> ]
K1	>13,00	>13,1	>10,00	>6,61
K2	11,01–13,00	9,01–13,0	7,51–10,00	5,41–6,60
K3	9,01–11,00	5,01–9,00	5,01–7,50	4,21–5,40
K4	7,01–9,00	<5,01	2,51–5,00	3,01–4,20
K5	5,01–7,00		<2,51	<3,00
K6	< 5,01			

Zdroj: Havlíčková et al (2010) - aktualizováno

Pro stanovení výnosů RRD na trvalých travních porostech se použije stejný metodický postup jako pro stanovení výnosů na části orné půdy., tj. vychází se z typologie stanovišť dle HPKJ. Kategorie výnosů RRD na TTP jsou stejné jako pro RRD na orné půdě.

## 5.4 Stanovení potenciálu zbytkové biomasy

### 5.4.1 Postup alokace konvenčních plodin v zájmovém území

Při stanovení potenciálu zbytkové biomasy z konvenčních plodin je třeba alokovat tyto plodiny k jednotlivým pozemkům (při stanovení potenciálu není reálná alokace plodin ke konkrétním pozemkům známa) tak, aby v zájmovém území se rovnala „alokovaná“ plocha jednotlivých plodin plochám zadaným. Při alokaci jednotlivých konvenčních plodin se aplikuje algoritmus, kdy je vůči pozemkům nejprve alokována plodina s nejvyššími nároky na kvalitu stanoviště. Tato plodina je alokována na pozemky, kde dává nejvyšší hektarový výnos<sup>5</sup>. Po dosažení zadané celkové plochy plodiny se vezme druhá plodina v pořadí náročnosti na kvalitu stanoviště<sup>6</sup>. V algoritmu se pokračuje, dokud nejsou alokovány všechny předpokládané konvenční plodiny.

<sup>5</sup> (tzv. „určuje“ se výnos plodiny na daném stanovišti – pokud danému stanovišti není určitá plodina přiřazena, pak tato plodina nemá na daném stanovišti definován „výnos“)

<sup>6</sup> Pokud by při alokaci dané plodiny nebylo dosaženo celkové požadované rozlohy – z důvodu že na zájmovém území není dostatek pozemků s definovanou BPEJ pro danou plodinu, vezmou se „nejlepší“ pozemky další plodiny v pořadí náročnosti na kvalitu stanoviště a jim se přiřadí průměrný dlouhodobý výnos přiřazované plodiny.

Metodika předpokládá pořadí plodin dle Havlíčková et. al. (2010):

Při alokaci se pracuje s následujícím pořadím nároků konvenčních plodin na kvalitu stanoviště<sup>7</sup>:

- |                  |  |                      |
|------------------|--|----------------------|
| 1. Cukrovka      | 2. Kukuřice na zrno                                | 3. Jarní ječmen      |
| 4. Ozimá pšenice | 5. Řepka   | 6. Kukuřice na siláž |
| 7. Triticále     | 8. Plodiny na krmivo                               | 9. Žito              |
| 10. Oves         | 11. Ostatní plodiny (spec. olejnin, obiloviny aj.) |                      |

Pořadí náročnosti plodin na kvalitu stanoviště je jedním ze vstupních parametrů algoritmu pro stanovení potenciálu zbytkové biomasy. Pořadí nároků na kvalitu stanoviště musí odrážet aktuální poznatky v pěstování konvenčních plodin. V případě změny agrotechnologií či změny odrůd nebo v případě regionálních specifíků je vždy třeba provést posouzení platnosti tohoto pořadí.

#### 5.4.2 Potenciál zbytkové biomasy z konvenčních plodin

Výnos konvenční plodiny je dán součtem výnosů dané plodiny ze všech jednotlivých ploch, kde je definován její výnos. Potenciál slamatých plodin je vypočten vynásobením výnosu opravným koeficientem ( $K_s$ ) poměru zrna a slámy, např. pro pšenici je přepočtový koeficient 0,8, tedy hmotnost slámy je 80 % z hmotnosti zrna viz tab. 2. Je počítáno s vlhkostí slámy při sklizni 12 % (Havlíčková et al. (2010).

Využitelný potenciál obilné slámy pro energetiku je však menší – je nutno odečíst slámu využívanou pro živočišnou výrobu (skot, ovce, beraní a koně). Data o současném stavu chovu zvířat lze získat z Českého statistického úřadu. Tato data jsou zpracována metodikou hodnocení zemědělských podniků, podle které má skot spotřebu 1,5 kg slámy na kus a den na podestýlku a 1 kg na krmení. Ovce má spotřebu 1 kg slámy na kus a den na podestýlku a 1 kg na krmení. V současnosti využívané zaorání za účelem obohacení půdy humusem má význam jedině na těžších půdách, jinak jen při současném hnojení kejdou nebo jiným dusíkatým hnojivem. U řepky se může energeticky využít veškerá reziduální sláma po zanechání tzv. vysokého strniště a pro hospodářská zvířata se využije pouze sláma obilovin. Uvažovat je také třeba technologické ztráty při sklizni a transportu (až 10 %). V posledním kroku je třeba zbytkovou slámu po odečtení spotřeby živočišné výroby vynásobit hodnotou výhřevnosti (při 12 % vlhkosti) pro jednotlivou plodinu viz tab. 2.

Při výpočtu budoucího potenciálu biomasy je třeba zadat pro řešený rok odhad počtu a struktury chovaných hospodářských zvířat – pokud se očekávají významné změny od současného stavu.

---

<sup>7</sup> Zdroj: Rejfeč (1990), Němec (2001)



Tab. 2: Koeficienty pro stanovení množství slámy a hodnoty výhřevnosti slámy

	koeficient množství slámy	výhřevnost GJ.t <sup>-1</sup> při 12 % vlhkosti
Pšenice	0,8	15,7
Ječmen	0,7	15,7
Oves	1,05	15,7
Triticale	1,3	15,7
Žito	1,2	15,7
Řepka	0,8	17,5

## 5.5 Stanovení potenciálu energetických plodin

Klíčovými parametry, které ovlivňují potenciál biomasy energetických plodin jsou:

- Rozloha zemědělské půdy a její rozdělení na ornou půdu, TTP a ostatní půdu (v klidu)
- Relativní podíl a bonita orné půdy a TTP využitý pro pěstování energetických plodin
- Výnosy energetických plodin na různých bonitách půdy

Metodika umožňuje stanovovat potenciál biomasy pro různé scénáře budoucího vývoje využití zemědělské půdy a pěstování energetických plodin např. pro zadané tempa růstu ploch využitých pro energetické plodiny na orné půdě).

Při modelování potenciálu biomasy na zemědělské půdě pro celou ČR je třeba vycházet ze strategických záměrů ČR především v oblasti potravinové bezpečnosti. Záměry státu v této oblasti definují rámec pro určení rozlohy zemědělské (především orné) půdy pro jiné účely než je produkce potravin. Výchozím rámcem pro určení potenciálu biomasy je Akční plán pro biomasu do roku 2020<sup>8</sup> - APB. Ve vazbě na APB, ale i další strategické dokumenty ČR (např. aktualizovaná Státní energetická koncepce) předpokládáme rozvoj pěstování jak energetických plodin na orné půdě, tak i RRD na TTP.

Při modelování vývoje potenciálu biomasy se vychází ze situace ve výchozím roce (např. rozložení konvenčních plodin, velikost plochy orné půdy využitá pro jednotlivé energetické plodiny), tak i z očekávané dynamiky rozvoje pěstování jednotlivých energetických plodin. I když rozvoj pěstování energetických plodin nebude limitován např. dostatkem osiva, sadebního materiálu, dostupností vhodné agrotechniky (např. sklízecí stroje na výmladkové plantáže), stále budou hrát roli faktory jako setrvačnost rozhodování zemědělských podnikatelů, vývoj poptávky po jednotlivých formách biomasy, problémy při uzavírání dlouhodobých smluv na nájem zemědělské půdy apod.

---

<sup>8</sup> Akční plán pro biomasu (APB) v ČR na období 2012-2020 byl schválen vládou ČR dne 12. 9. 2012 pod č.j. 920/12

Dále uvedený příklad stanovení potenciálu biomasy pro možný scénář budoucího vývoje pěstování energetických plodin předpokládá pěstování energetických plodin na rozloze 200 000 ha dle indikativních údajů APB (2012) udávající rozlohy půd využitelných pro jejich pěstování při zachování 100% potravinové bezpečnosti.

Modelový příklad výpočtu budoucího potenciálu biomasy:

Výchozí rok: 2010

- Rozloha energetických plodin a RRD v roce 2010: 1784 ha na orné půdě, 55 ha RRD na TTP

Cílový rok: 2050, příp. 2030

- Celková plocha pro ČR, kterou zaujmou energetické plodiny v cílovém roce modelu: 200 000 ha.
  - Rozloha orné půdy, kterou zaujmou energetické plodiny v cílovém roce modelu: 194 000 ha (součet  $s$  geometrické posloupnosti). Přičemž RRD se počítají na 60 tis. ha a na zbytku energetické traviny a byliny.
  - Rozloha TTP, kterou zaujmou energetické plodiny (jen RRD) v cílovém roce modelu: 6 000 ha

Za předpokladu konstantního tempa rozvoje pěstování energetických plodin na zemědělské půdě je možné modelovat vývoj využití půdy pro energetické plodiny mezi výchozím a koncovým rokem s využitím geometrické posloupnosti. Pro výše uvedený příklad jde o 40, resp. 20 členů posloupnosti, kvocient  $q$  lze stanovit s využitím vzorce pro součet členů geometrické posloupnosti:

$$s = a_1 \cdot \frac{q^n - 1}{q - 1}$$

Kvocient  $q$  je počítaným parametrem, pro jeho výpočet lze použít např. MS Excel, příkaz *Hledání řešení*:

- Měněnou buňkou je hodnota kvocientu  $q$
- Cílovou hodnotou je požadovaná rozloha energetických plodin (např. dle modelového příkladu 194 tis. ha orné půdy pro energetické plodiny)
- Měněnou buňkou je buňka obsahující vzorec pro výpočet součtu geometrické posloupnosti

Pro výše uvedené hodnoty výchozího a cílového roku 2050 pak vychází průměrné tempo růstu 4.57%. V případě, že by bylo nutné dosáhnout stejné rozlohy energetických plodin na orné půdě do roku 2030, bylo by nutné roční tempo růstu 15.50%.

Tab. 3: Modely vývoje rozloh energetických plodin v ČR pro dosažení cílové rozlohy 200tis. ha roce 2030 resp. 2050

Rok	EP na orné půdě	RRD na TTP	EP a RRD na orné půdě	RRD na TTP
	ha	ha	ha	ha
2010	1784	55	1784	55
2020	21990	678	37123	1146
2030	56356	1740	194000	6000
2040	110064	3401	-	-
2050	194000	6000	-	-
Tempo růstu	4,57%	4,58%	15,50%	15,53%

### 5.5.1 Odpočet ztrát při logistice biomasy a skladování

Potenciál biomasy je v základní verzi metodiky stanovován „na pozemku“ a nejsou do něj započítány ztráty při logistice – dopravě a skladování. V případě řešení úloh pro konkrétní zájmové území a zdroj využívající biomasu je metodiku možné doplnit o odpočty ztrát biomasy z titulu skladování a dopravy. Při řešení úloh na úrovni ČR či krajů není známé použití biomasy, délka dopravy, doba skladování apod. Proto započítávání těchto ztrát není na těchto úrovních relevantní.

### 5.5.2 Definice logistických tras pro energetickou biomasu ze zemědělské půdy

Pro detailní modelování potenciálu biomasy ze zemědělské půdy byly definovány nejpravděpodobnější logistické řetězce zdrojů reziduální a cíleně pěstované biomasy (Tab. 4). Pro potřeby metodiky jsou vybrány relevantní logistické řetězce pro zásobování tepláren a výtopen včetně definovaných ztrát biomasy při dopravě a skladování. V zásadě se jedná o logistické řetězce - slámy a dřevní štěpky, které se liší potřebnými technologiemi, dobou realizace a částečně vlastní logistikou (logistickými uzly).

Tab. 4: Nejpravděpodobnější logistické řetězce biomasy ze zemědělské půdy.

	Zdroj biomasy	Produkt	Využití-energetický zdroj
1.	Výmladkové plantáže RRD	Palivové dřevo	Individuální vytápění
2.	Výmladkové plantáže RRD	Dřevní štěpka	Lokální teplárny a výtopy
3.	Plantáže ozdobnice (I-III)	Sláma	Lokální teplárny a výtopy
4.	Porosty lesknice (I-III)	Sláma	Lokální teplárny a výtopy
5.	Trvalé travní porosty (V-X)	Biomasa čerstvá	BPS (bioplynové stanice)
6.	Plantáže schavnatu (VI)	Sláma	Lokální teplárny a výtopy
7.	Plantáže schavnatu (V)	Biomasa čerstvá	BPS (bioplynové stanice)
8.	Obilniny (VII-VIII)	Reziduální sláma	Lokální teplárny a výtopy
9.	Řepka olejná (VII-VIII)	Reziduální sláma	Lokální teplárny a výtopy

Pro sklizeň výmladkových plantáží RRD existují dva technologické postupy a s nimi související logistické řetězce:

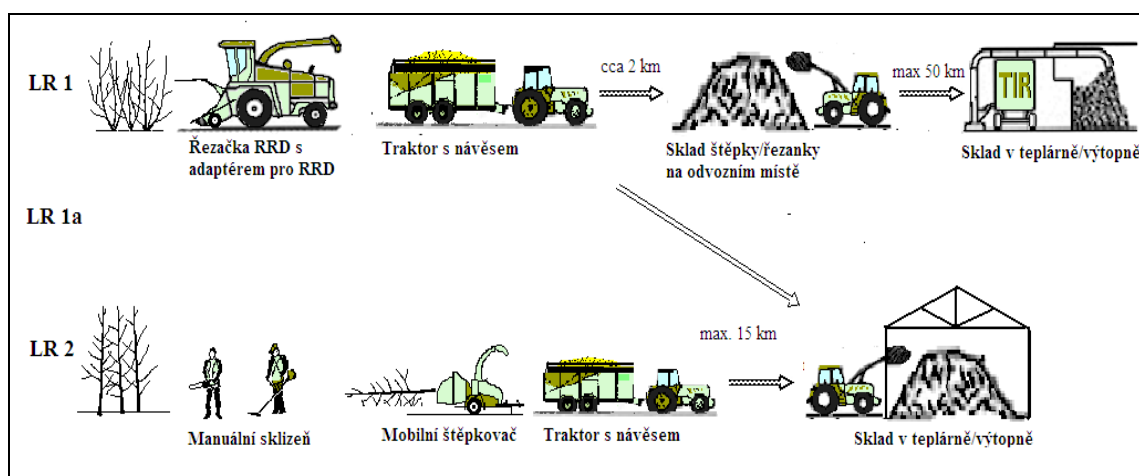
#### Jednofázová sklizeň (LR1)

Tento způsob využívá většinou samojízdné, ale i tažené sklízecí stroje (řezačky) schopné okamžité výroby dřevní štěpky nebo jemnější řezanky přímo na poli (viz Obr. 2). Ta má vyšší vlhkost (50-55%), ale je snadněji manipulovatelná a dopravovatelná. Pro spalování vlhké štěpky jsou vhodná velká topeniště nad 1MW. Ztráty štěpky při sklizni a dopravě se pohybují v rozsahu 3 až 7% a výkon řezačky je 0,5 až 1 ha/hod dle výnosu a výrobce.

#### Vícefázová sklizeň (LR2)

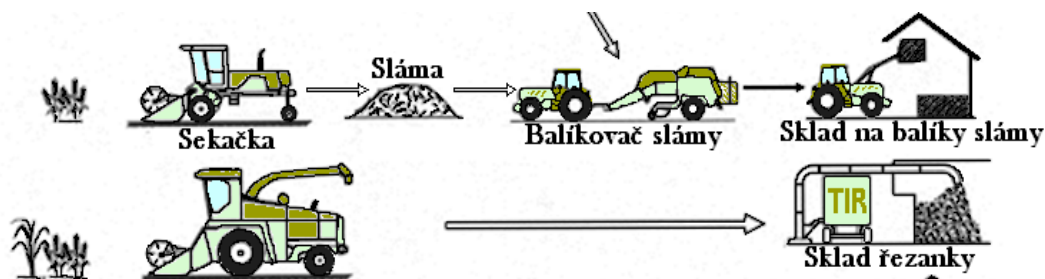
Jednoduché přídatné zařízení na traktor nebo specializovaný sklízecí stroj podřezává kmeny RRD ve zvolené výšce nad zemí. Na menších rozlohách je pro sklizeň možno použít křovinořez a motorovou pilu. Následně stroj nebo manuální pracovníci kmeny a větve snesou na hromady nebo do snopků, které se ponechají na plantáži. Po částečném vyschnutí na vzduchu (1-3 měsíce) jsou snopky štěpkovány mobilním štěpkovačem. Štěpka o vlhkosti 30-45%, je vhodná i pro spalování v topeništích s nižším až středním výkonem. Ztráty štěpky při sklizni a dopravě se pohybují v rozsahu 2-5%. Výkonnost logistického řetězce závisí na použitých strojích.

Obr 2: Logistické řetězce štěpky výmladkových plantáží RRD



Pro sklizeň slamnatých plodin existují propracované technologické postupy a s nimi související logistické řetězce. Ztráty slámy při sklizni a dopravě se pohybují v rozsahu 5 až 30% zejména podle výšky strniště.

Obr 3: Logistické řetězce slámy a řezanky nedřevnatých energetických plodin



## **5.6 Závěr: možné způsoby využití metodiky stanovení potenciálu biomasy na zemědělské půdě**

Popsaný metodický postup stanovení potenciálu biomasy na zemědělské půdě umožňuje aplikaci pro řešení následujících typů úloh:

1. Výpočet stávajícího potenciálu biomasy na zemědělské půdě pro současné rozlohy zemědělské půdy (orná půda a TTP) a plodiny v zájmovém území – potenciál biomasy se defacto skládá pouze z potenciálu residuální biomasy z konvenčních plodin (po odpočtu spotřeby slámy pro hospodářská zvířata a zajištění půdní úrodnosti)
2. Výpočet budoucího potenciálu biomasy pro zadané cíle nebo tempo růstu pěstování energetických plodin (pěstební plochy) – výsledkem je scénář vývoje potenciálu biomasy na zemědělské půdě v čase a v zájmovém území.
3. Výpočet potřebné rozlohy zemědělské půdy alokované v zájmovém území pro energetické plodiny pro dosažení požadovaného potenciálu biomasy v energetických jednotkách (GJ, PJ/rok) včetně určení tempa růstu pěstební plochy potřebných energetických plodin.

### **Doplňkové varianty a moduly metodiky**

Vytvořená metodika umožňuje subvarianty modelování z hlediska algoritmu alokace energetických plodin na uvolněnou zemědělskou půdu například pro maximalizaci energetického výnosu z energetických případně konvenčních plodin nebo naopak diverzifikaci skladby použitých energetických plodin pro zvýšení agro-diverzity.

### **Ekonomické hodnocení modelových variant**

Kromě stanovení hmotnostního a energetického potenciálu biomasy umožňuje metodika také posouzení ekonomické náročnosti jednotlivých zdrojů a variant využívání biomasy, které je možno provést s využitím doplňkového modulu metodiky - ekonomika zdrojů. Tento modul umožňuje kromě vyhodnocení a modelování ekonomické efektivity produkce energetických příp. konvenčních plodin na zemědělské půdě respektovat při ekonomickém hodnocení i celý logistický řetězec biomasy (skladování, doprava).

## 6 Stanovení potenciálu biomasy na lesní půdě

Metodika stanovení potenciálu biomasy na lesní půdě pro energetické účely (s ohledem na potravinovou bezpečnost) řeší scénáře současného stavu a budoucnosti, kdy panuje normální stav výrobního prostředí lesního hospodářství ČR. Jednou z hlavních odlišností metodických postupů u lesní a zemědělské biomasy je způsob redukce technického potenciálu energetické biomasy. Zatímco v zemědělství je omezován na úrovni alokace půdy (pro různé plodiny a potravinovou bezpečnost), v lesnictví je omezován až na úrovni produktu – sortimentací dřevní suroviny. I když jsou v lesním hospodářství používány odlišné zdroje a postupy než v zemědělské praxi, principy trvalé udržitelnosti a ochrany životního prostředí jsou shodné.

### 6.1 Cíl

Metodika je určena ke strategickému plánování potenciálu lesní biomasy využitelné v energetice (zejm. teplárnách a výtopnách) v souladu s principy trvale udržitelného využívání lesa a při standardní sortimentaci dřeva.

### 6.2 Časový rámec

Metodika popisuje postup pro stanovení současného potenciálu lesní biomasy využitelné pro energetické účely v horizontech dlouhodobých strategických plánů (20-40 let).

### 6.3 Režim: normální stav při dodržení všech zákonných požadavků

Předmětem řešení metodiky jsou lesní těžební zbytky – LTZ (bez kořenů, pařezů a asimilačních orgánů) z mýtní úmyslné těžby (případně soustředěné těžby nahodilé a z ní vyplývající zalesňovací povinnosti). Intenzita sběru se primárně, bez zohlednění dalších limitů, diskutovaných v dalších částech metodiky, předpokládá max. do 80 % hmoty LTZ na těžební ploše jako technicky dostupný potenciál.

### 6.4 Klíčové body a zdroje:

#### 6.4.1 Druh hmoty: pouze nehroubí

V tomto směru také legislativa definuje biomasu ve dvou vyhláškách:

- vyhláška č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy;
- vyhláška č. 5/2007 Sb., kterou se mění vyhláška č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy.

Lesní dendromasu (dle vyhlášky č. 482/2005 Sb., o stanovení druhů, způsobů využití a parametrů biomasy při podpoře výroby elektřiny z biomasy, skupiny 3) tvoří:

- palivové dřevo
- zbytky z lesního hospodářství, např. zbytky z prořezávek a probírek, lesní těžební zbytky (LTZ), např. vršky.

## 6.4.2 Výpočet dostupného množství: přijatelné riziko + podmíněně přijatelné riziko

(dle metodiky ÚHÚL 2010)

### 6.4.2.1 Metodika hodnocení kritérií odběru lesních těžebních zbytků při zohlednění rizik vyplývajících z dopadu na půdu, koloběh živin a biologickou rozmanitost

(podle Studie o potenciálu stanovištních podmínek a odběru ostatní užitkovatelné dendromasy z lesního ekosystému, Macků, J., 2009)

### 6.4.2.2 Zdroje a podkladové studie

Výběr podkladových materiálů pro řešení projektu byl jednak podmíněn dílčími zprávami (ČGS, biodiverzita, AOPAK) a jednak z poznatků zpracovaných témat na platformě ÚHÚL Brandýs n.L., více či méně souvisejících s danou problematikou (OPRL, OTE apod.). Výběr byl vázán především na konkrétní projekty dokumentující realizaci výstupů. Zásadní podmínkou však zůstává aplikace údajů pro tvorbu potřebné vrstvy.

### 6.4.2.3 Faktory ovlivňující nutriční bilanci lesních ekosystémů

Princip hodnocení půd však naráží na mnoho nejasností. Hodnocení půdních vlastností se provádí podle konkrétních fyzikálně chemických analýz půdních profilů a archivovaných v kartografických a numerických databázích. Přenesení této topické dimenze do chorické – areálové je však spojeno s velkou chybou pro nedostatek údajů o vnitřní heterogenitě klasifikačních jednotek a především o proměnlivosti mapovacích jednotek. O tomto, v podstatě obecném problému mapování a klasifikace půd, se zmiňujeme proto, že některá hodnocení vyžadují použití kritických zátěží (např. pro pufrční schopnost vzhledem k acidifikaci, tedy neutralizaci vodíkových kationtů bázemi poutanými v sorpčním komplexu) a generalizované a aglomerované půdní podklady nás staví před problém stanovení reprezentativní hodnoty pro daný typ, resp. mapovací jednotku.

Na základě uvedených podkladů je třeba zaujmout k dané problematice následující přístup, který vyjadřuje originalitu řešení založenou na:

- definování hodnotící jednotky půd v ekosystémovém pojetí,
- vymezení potenciálních vlastností půd,
- stanovení kritérií charakterizujících potenciál půd.

Rozhodující činitele ovlivňující nutriční režim lesních ekosystémů:

Faktor	Kritéria
trofnost lesních půd	sorpční komplex (kapacita a nasycenost)
dekompozice, humifikace a mineralizace dendromasy	forma a tloušťka nadložního humusu (C/N)
vodní režim vs. teplota	typ vodního režimu a LVS
unikátnost půd	specifické vlastnosti

Omezující činitele ovlivňující nutriční režim lesních ekosystémů:

Faktor	Kritéria
biodiverzita	chráněné biotopy, genové základny
provozně-technologický f.	odlišný způsob hospodaření
funkční zaměření	kategorizace lesů

Rozhodující a omezující činitele ovlivňující nutriční režim lesního ekosystému se hodnotí komplexně na ekosystémové úrovni, prezentované soubory lesních typů (SLT), případně jejich agregacemi (strukturovanými cílovými hospodářskými soubory – SCHS). Na úrovni HS lze uplatnit omezující činitel – faktor biodiverzity, provozně-technologická omezení a limitující funkční zaměření.

#### 6.4.2.4 Diferenciace přírodních podmínek

Na úrovni klasifikace potenciálních přírodních podmínek je na lesních pozemcích vstupním podkladem vektorová vrstva jednotek lesních typů (1 : 10 000 i 1 : 5 000).

Lesnický typologický klasifikační systém se člení na lesní vegetační stupně, ekologické řady, edafické kategorie, soubory lesních typů a lesní typy:

- Lesní vegetační stupně jsou nadstavbovými jednotkami lesnického typologického klasifikačního systému, které vyjadřují závislost změn vegetace na změnách výškového a expozičního klimatu.
- Ekologické řady jsou nadstavbovými jednotkami lesnického typologického klasifikačního systému, které sdružují edafické kategorie podle jejich příbuznosti.
- Edafické kategorie jsou vymezeny nejdůležitějšími fyzikálními a chemickými vlastnostmi půd a tvary terénu.
- Soubory lesních typů jsou základními jednotkami lesnického typologického klasifikačního systému. Jsou vymezeny edafickými kategoriemi a lesními vegetačními stupni (vyjma stanovišť přirozených borů, edafických kategorií J, L, U, R a částečně T, G). Soubory lesních typů zahrnují lesní typy.



- Lesní typy jsou nejnižšími jednotkami diferenciacie ekologických podmínek. Lesní typ je soubor přirozených a změněných suchozemských ekosystémů (a jejich vývojových stádií) prostorově vymezených v krajině, se stejnými trvalými ekologickými podmínkami.

Součástí ekosystémové jednotky lesního typu jsou jednotky Taxonomického klasifikačního systému půd ČR (Němeček J. a kol., 2001). Tyto úzce vymezené jednotky klasifikace půdního sola (tělesa) mají v lesním ekosystému (ve smyslu přírodní potenciální vegetace) rozdílné vlastnosti. Tato hypotéza vyplývá jednak z charakteristik lesních typů (Oblastní typologické elaboráty – OTE, ÚHÚL 2007) a z analýz vlastností půdních typů v různých typologických jednotkách.

Z uvedené skutečnosti pak vyplývá, že jednotka půdního typu a subtypu sama o sobě bez bližší charakteristiky klimatu, expozice, nm.v., je jako hodnotící jednotka pro komplexní hodnocení půdních vlastností nevyhovující.

Klasifikační půdní jednotku je proto nutné ošetřit vazbou na jednotku ekosystémovou. Na jaké hierarchické úrovni bude, záleží na požadavcích kladených na vypovídací schopnost, tj. na úrovni lesního typu či souboru lesních typů (SLT) a vyšších nadstavbových jednotek, např. agregovaných ekologických řad a sdružených LVS. Jde o využití tzv. systémového efektu umožňujícího dostatečnou a přehlednou precizaci přírodních podmínek pro rámec půdních klasifikačních jednotek.

#### **6.4.2.5 Koncepce zpracování rizika nutriční degradace odběrem těžebních zbytků**

Hodnocení faktorů ovlivňujících riziko nutriční degradace lesních ekosystémů vychází z exaktně podložených podkladů. Proto není vhodné uplatnit pojetí principu předběžné opatrnosti (datové podklady nejsou zcela potvrzeny), jako vhodnější se jeví využití principu přijatelného rizika.

Každá funkce půdy je reprezentována několika indikátory, přičemž tytéž indikátory můžeme použít pro hodnocení několika funkcí. Např. filtrační a pufrací funkce je ovlivňována následujícími indikátory - dýchání půdy, textura, sorpční komplex, obsah humusu, obsah mikrobiální biomasy, zatížení chemickými látkami, zbytky herbicidů.

#### **6.4.2.6 Hodnocení odolnosti půd vůči nutriční degradaci**

##### **6.4.2.7 Trofnost lesních půd**

Na podkladě zpracovaných Oblastních typologických elaborátů (OTE, ÚHÚL 2003 - 2007) byly vyhodnoceny parametry trofnosti edafických kategorií Typologického systému ÚHÚL.

Z celého souboru půdních vlastností jsou daleko nejvýznamnější sorpční vlastnosti půd, a to zejména hodnoty výměnné sorpční kapacity (T) a nasycení sorpčního komplexu (V). Lesní půdy mají zpravidla vysokou hodnotu (T) a naopak nízký stupeň (V).

Právě srovnání potenciálu kapacitních možností, tj. vázat bazické kationy s nasyceností je relativním kritériem pro vymezení odolnosti vůči nutriční degradaci.

Při extrémních hodnotách, tj. velmi nízké sorpční kapacitě a plně nasyceném sorpčního komplexu, resp. obráceně je vždy hodnota odolnosti vůči nutriční degradaci alespoň průměrná. Riziko nutriční degradace pak můžeme považovat za přijatelné.

Hodnotící půdní jednotku je nutné ošetřit vazbou na typ geobiocenózy, tj. na úroveň lesního typu, resp. souboru lesních typů (SLT) a vyšší nadstavbové jednotky agregovaných SLT na úroveň tzv. cílových hospodářských souborů (HS). Jde o využití tzv. systémového efektu umožňující dostatečnou a přehlednou precizaci přírodních podmínek pro rámec půdních klasifikačních jednotek.

#### **6.4.2.8 Dekompozice, humifikace a mineralizace dendromasy**

Druhým rozhodujícím činitelem podmiňujícím nutriční degradaci je rychlost rozkladu těžebních zbytků, pokračující tvorbou nadložního humusu, jeho forem a tloušťky a jeho následná mineralizace. Fenomén nadložního humusu lesních půd představuje zásobou živin a výrazně ovlivňuje kapacitu a sorpční nasycenost půdního sola (tělesa), koloběh dusíku a obsah uhlíku.

Pro rozklad i růst dendromasy jsou z ekosystémového hlediska na úrovni 1. – 3. LVS rozhodující srážky, počínaje 4. LVS pak teploty. Zatímco v nižších polohách je význam dřeva pro genezi nadložního humusu relativně malý – většina dendromasy velmi rychle mineralizuje, s rostoucí nadmořskou výškou jeho význam stoupá (podmínka obnovy lesa). Vyšší stupeň lignifikace u jehličnanů vede k podpoře procesů hnědého tlení, u dřeva listnáčů převažuje tlení bílé.

Rychlost procesů dekompozice, humifikace a mineralizace, jejich formy a vazby na SLT můžeme dle současných poznatků klasifikovat víceméně nepřímo prostřednictvím nadložního humusu, jeho tloušťky a formy. Z exaktních podkladů vyhodnocených na úrovni SLT jsou k dispozici data z šetření NIL (ÚHÚL Brandýs n.L., 2001-2004) a OTE (ÚHÚL Brandýs n.l., 2003-2007).

#### **6.4.2.9 Vliv vlhkostního režimu půd a tepelných poměrů na nutriční degradaci**

Obecně platí, že limitujícím faktorem pro nutriční degradaci jsou srážky na úrovni světlých hájů, tj. 1-3 LVS. Od 4. LVS jsou to pak teploty. Přijatelné riziko vůči nutriční degradaci nesplňují především SLT habrových doubrav 1S, 2S.

##### **6.4.2.9.1 Stupeň vlhkostního režimu půd**

Hydrické řady vystihují rozdíly ve vlhkostním režimu půd (Zlatník, A. 1976). Rozeznáváme šest hydrických řad, které lze přiřadit edafickým kategoriím (Typologický systém ÚHÚL, 1971).

Zakrslé a omezené hydrické řady se vyznačují nedostatkem vody, který je způsoben ztrátami povrchovým odtokem nebo rychlým vsakem do hloubek mimo rhizosféru, případně extrémně silným výparem následkem silného oslunění. Přístupnost živin je značně limitována nedostatkem vody. Riziko nutriční degradace je nepřijatelné. Specifikem jsou unikátní půdní substráty na ultrabazikách (např. hadcích), kde vysoký obsah hořčíku blokuje ostatní živiny.

Tab. 5: Hydrické řady SLT

Stupeň vlhkostního režimu	Edafické kategorie	Stupeň rizika degradace
1 - zakrslá (suchá)	Z Y X	-
2 – omezená	C	-
3 a) normální	M K I S F B H D J A W	+
b) exponovaná (svahy, skelet)	F J A N (svahové M, K, S, B, H)	-
4 – zamokřená	Q P O	-
5 – mokrá		-
a) s proudící vodou	L V U	-
b) se stagnující vodou	G T	-
6 – rašeliništní	R	-

Zdroj: *Typologický systém ÚHÚL, 1971*

Popis: „+“ - vodní režim vyrovnaný, „-“ - vodní režim nevyrovnaný

V normální hydrické řadě je vodní režim půd závislý výhradně na vodě, která se na danou lokalitu dostane atmosférickými srážkami, aniž by došlo k jejím extrémním ztrátám odtokem nebo vsakem. Problémy s vodním režimem jsou i v normální řadě. Např. u SLT 2S (charakter habrových doubrav). Tento SLT je řazen do HS 23 (kyselé nižší polohy) a nesplňuje kritéria přijatelného rizika. Podobně je to u exponované kategorie svahové a s vysokým obsahem skeletu, které jsou ohroženy půdní erozí.

Zamokřené a mokré řady mají vodní režim ovlivňovaný též tzv. přídatnou vodou. Hydrický režim půd zde ovlivňuje i voda, která se dostává do půdy přelivem, průtokem, podmokem, kapilárním zdvihem nebo je v půdě nadržena pro její silně omezenou propustnost. Pro půdní profil jsou charakteristické oxidační a redukční procesy limitující přístupnost živin. Unikátní jsou lužní stanoviště s fluvisoly, půdami naplavenými s proměnlivou granulometrií a sorpčním komplexem. Hlavním zdrojem živin je volná hladina podzemní vody, která je závislá na momentálním stavu vody ve vodoteči. Riziko nutriční degradace je nepřijatelné.

Zcela specifický vodní režim mají geobiocenózy rašelinišť a slatinných mokřadů. Riziko degradace je nepřijatelné.

#### 6.4.2.9.2 Tepelné poměry

Charakteristiku tepelných poměrů lesních půd velmi dobře vyjadřují lesní vegetační stupně (LVS). Zejména vyšší polohy horských lesů od 7. LVS výše. Podobně jako u hydrického režimu je zde přímá vazba na dekompozici, humifikaci a mineralizaci dendromasy. Podobně je tomu u azonálních stanovišť ovlivněných vodou. V horských lesích je přirozená obnova lesa přímo závislá na dekompozici dendromasy. Riziko nutriční degradace u těchto LVS je nepřijatelné.

V 6. LVS bohatých stanovišť (edafické kategorie S, B, H, D) lze proces humifikace a mineralizace považovat za příznivý a riziko nutriční degradace za přijatelné. Viz příklad průběhu teplotních charakteristik.

#### 6.4.2.10 Unikátnost půd

Pojem unikátní odráží zvláštní postavení půdního typu, nejen procesy koloběhu živin, ale především svou zranitelností. Důvody mohou být různé. Často vstupují tyto půdy do povědomí svojí morfologickou výrazností (např. barvou vyvinutých horizontů v profilu), což nemá vztah k funkčnímu významu.

Za unikátní mohou být považovány azonální typy půd, jejichž pedogeneze je dána výjimečností:

- **horniny** jako půdotvorného faktoru, buď minerálním složením anebo fyzikálními vlastnostmi zvětraliny (např. serpentinit, vápenec, dolomit, vátý písek, některé jíly a bazalty a pod.),
- **reliéfu** ve spojení s typem a stářím zvětrávání (např. kamenná moře periglaciální periody, skalní či staré lomové stěny s půdami skalních spár, krasový reliéf se závrtky, škrapy apod. a depresní hydromorfní polohy s tvorbou histosolů) nebo recentní neoformace půd a půdních sedimentů v nivách – korespondující s ochranou významných krajinných prvků podle zák. o ochraně přírody a krajiny,
- **vegetace**, kde zvláštnost fytocenózy je výsledkem působení hlavně mezoreliéfu a expozice, včetně minerální síly substrátu (např. xerofytní společenstva či sestupné – demontánní – formace chladných inverzních poloh nižších nadmořských výšek),
- **času**, to znamená reliktní půdy v polohách uchráněných denudaci, polycyklické a polygenetické (hlavně na vápencích a bazaltech typu terra rossa, fusca a rubefikované, laterické či feralitické subtypy).

#### 6.4.2.11 Zařazení stanovišť dle kritérií nutriční degradace do přijatelného rizika

Soubory lesních typů (SLT) byly zakotveny do cílových hospodářských souborů (CHS) dle přijatelného rizika na základě odolnosti vůči nutriční degradaci, viz kap. 3.6.5.

Tab. 6: Zastoupení CHS s přijatelným rizikem ohrožení nutriční degradací

CHS	SLT	označení
<b>25a</b>	1-2B 1-2H 1-2D	Živná stanoviště nižších poloh
<b>45</b>	3-4S 3-4B 3-4H 3-4D	Živná stanoviště středních poloh
<b>55</b>	5-6S 5-6B 5-6H 5-6D	Živná stanoviště vyšších poloh

Zdroj: ÚHÚL, 2009

#### 6.4.2.12 Omezení potenciálu stanovišť dle kritérií podmíněně přijatelného rizika nutriční degradace

Omezující faktory:

- podmíněně vlivem na biodiverzitu s vazbou na chráněné biotopy

Z podkladů studie (Kohutka A.) nevyplývají zásadní omezení na odběr zbytků těžební hmoty. Doporučení jsou spíše technologického rázu (např. mozaikový odběr, ponechání částí plochy bez odběru).

- limitované odběrem těžebních zbytků podmíněně jejich nízkým trofickým potenciálem, tj. podmínkou ponechání těžebních zbytků na 40% obnovované plochy.

Limitovaný odběr se vztahuje na kyselé SLT s oligotrofickými půdami s nízkým nasycením bazických kationtů. Doporučením limitovaného odběru se vytváří podmínky pro eliminaci nutriční degradace.

- provozně-technologické dle způsobů hospodaření v normálních podmínkách SLT kyselé řady

Lokality, kde bylo definováno riziko podmíněně přijatelné, zahrnují převážně hospodářství kyselých stanovišť nižších až vyšších poloh v 1. až 6. lesním vegetačním stupni. Do této kategorie bylo zařazeno i hospodářství lužních stanovišť v cílovém hospodářském souboru 19. Přijatelnost sběru je na těchto lokalitách podmíněna nutností ponechat na plochách po těžbě 40 % LTZ z celkového vytěženého objemu.

Tab. 7: Charakteristiky pro podmíněně přijatelné riziko

CHS		SLT	edafická kategorie
23	Hospodářství kyselých stanovišť nižších poloh	1-2 SKI	S (živná svěží), K (kyselá), I (kyselá uléhavá)
43	Hospodářství kyselých stanovišť středních poloh	3-4 KI	K (kyselá), I (kyselá uléhavá)
53	Hospodářství kyselých stanovišť vyšších poloh	5-6-KI	K (kyselá), I (kyselá uléhavá)

Zdroj: ÚHÚL, 2009

#### 6.4.2.13 Omezení potenciálu stanovišť dle nepřijatelného rizika nutriční degradace a omezujících podmínek ochrany přírody

Lokality, kde bylo definováno riziko nepřijatelné, zahrnují ostatní cílové hospodářské soubory, které nesplnily kritéria odolnosti proti riziku nutriční degradace a acidifikace. Jedná se především o stanoviště exponovaná, nepříznivá, nepříznivě ovlivněná vodou nebo lokality v horských polohách. A zároveň jsou omezena legislativními požadavky podle Vyhl. 84/96 Sb. Riziko sběru LTZ je nepřijatelné a tudíž je nutné na plochách po těžbě ponechávat veškerou hmotu LTZ.

Základními legislativními parametry omezující využívání LTZ jsou stávající systém kategorizace lesů dle zákona č. 289/1995 Sb., o lesích, a příslušná vyhláška č. 84/1996.

Do kalkulace nepřijatelného rizika jsou zahrnuty lokality, v nichž nejsou realizovány mýtní těžby podle vyhl. 84/96, a to:

- lesy ochranné, kde se jedná o subkategorie:
  - 21a – lesy na mimořádně nepříznivých stanovištích,
  - 21b - vysokohorské lesy pod hranicí stromové vegetace chránící níže položené lesy a lesy na exponovaných hřebenech a
  - 21c - lesy v klečovém lesním vegetačním stupni);
- lesy zvláštního určení, kde se jedná o subkategorie:
  - 32a – lesy v 1.zónách CHKO, lesy v přírodních rezervacích a přírodních památkách,
  - 32e - lesy se zvýšenou funkcí půdoochrannou, vodochrannou, klimatickou nebo krajnotvornou a
  - 32f - lesy pro zachování biologické různorodosti;
- lesy se zvláštním statutem (1. zóna národních parků, 1. zóna CHKO, maloplošná ZCHÚ- NPR a PR ).

Tab. 8: Soubory lesních typů SLT s nepřijatelným rizikem

0C	1A	2A	3A	4A	5A	6A	7B	8A	9K
0G	1C	2C	3C	4C	5C	6D	7F	8F	9R
0N	1D	2D	3D	4D	5D	6F	7G	8G	9Z
0O	1G	2G	3F	4F	5F	6G	7K	8K	
0P	1J	2L	3G	4G	5G	6L	7M	8M	
0Q	1L	2N	3J	4N	5J	6N	7N	8N	
0R	1N	2O	3L	4O	5L	6O	7O	8O	
0T	1O	2P	3N	4P	5N	6P	7P	8P	
0X	1P	2Q	3O	4Q	5O	6Q	7Q	8Q	
0Y	1Q	2T	3P	4R	5P	6R	7R	8R	
0Z	1T	2V	3Q	4V	5Q	6T	7S	8S	
	1U	2W	3R	4W	5R	6V	7T	8T	
	1V	2X	3T	4X	5T	6Y	7V	8V	
	1W	2Y	3U	4Y	5U	6Z	7Y	8Y	
	1X	2Z	3V	4Z	5V		7Z	8Z	
	1Z		3W		5W				
			3X		5Y				
			3Y		5Z				
			3Z						

Zdroj: ÚHÚL, 2009

Nepřijatelné riziko nutriční degradace se vztahuje na extrémní stanoviště lesů ochranných a exponovaných CHS s odlišným způsobem hospodaření včetně CHS ovlivněných vodou. Jedná se o SLT vodou ovlivněné včetně vyšších LVS (omezená humifikace organické hmoty), exponované a extrémní SLT (ochrana půdy).

Tab. 9: Kódy a názvy cílových hospodářských souborů (CHS) v kategorii nepřijatelného rizika (dle SLT)

Kód	název CHS
01	Mimořádně nepříznivá stanoviště
02	Vysokohorské lesy pod hranicí stromové vegetace
03	Lesy v klečovém lesním vegetačním stupni
13	Hospodářství přirozených borových stanovišť
21	Hospodářství exponovaných stanovišť nižších poloh
27	Hospodářství oglejených chudých stanovišť nižších a středních poloh
29	Hospodářství olšových stanovišť na podmáčených půdách
31	Hospodářství vysychavých a sušších acerózních a bazických stanovišť středních poloh
35	Hospodářství živných bazických stanovišť středních poloh
39	Hospodářství chudých podmáčených stanovišť nižších až vyšších poloh
41	Hospodářství exponovaných stanovišť středních poloh
47	Hospodářství oglejených stanovišť středních poloh
51	Hospodářství exponovaných stanovišť vyšších poloh
57	Hospodářství oglejených stanovišť vyšších poloh
59	Hospodářství podmáčených stanovišť vyšších a středních poloh
71	Hospodářství exponovaných stanovišť horských poloh
73	Hospodářství kyselých stanovišť horských poloh
75	Hospodářství živných stanovišť horských poloh
77	Hospodářství oglejených stanovišť horských poloh
79	Hospodářství podmáčených stanovišť horských poloh

Zdroj: Vyhláška 83/1996 Sb.

### 6.4.3 Modelový postup výpočtu stávajícího dostupného potenciálu LTZ

Při výpočtu potenciálu lesních těžebních zbytků podle metodiky je možno využít následující modelový postup:

#### 1. Zajištění podkladů lesní hospodářské evidence LHP pro požadovaný majetek nebo území

Hlavním podkladem je lesní hospodářský plán nebo lesní hospodářská osnova. Tato data jsou dostupná pro vlastníka a orgány státní správy lesů pro ostatní subjekty jsou dostupná se souhlasem vlastníka dle pravidel MZe o poskytování a vydávání dat.

#### 2. Výběr lokalit odběru dle metodiky omezení potenciálu stanovišť

Pro sběr LTU lze využít lokality s přijatelným rizikem a podmíněně přijatelným rizikem viz kapitoly 6.4.2.11 až 6.4.2.13.

#### 3. Kvantifikace množství lesních těžebních zbytků

Lesní těžební zbytky byly kvantifikovány jako množství nehroubí s kůrou dostupné ročně. Kalkulace vychází z modelu výhledů těžeb pro decenium 2009- 2018. Z výhledů lze usuzovat na rovnocenné rozdělení těžeb během decenia, proto bylo množství LZT rozděleno pravidelně jako 1/10 každý rok. Výtěžnost těžebních zbytků stanovena na 80% takto zjištěného objemu. Je to maximální hodnota, dosažitelná při mechanizované soustředěné lesní dendromasy v lesnické praxi při zachování rentability. Jednotkami jsou kubické metry (m<sup>3</sup>).

Výpočet dostupného  $1\text{m}^3$  LTZ =  $1\text{m}^3$  hroubí (těžby) \* 0,14

Tab. 10: Podíly částí stromu na hmotě hroubí a celé hmoty stromu

Dendromasa	Rozdělení	Poměr částí ve vztahu k hroubí s kůrou	Poměr částí ve vztahu k celkové dendromase
Nadzemní	kmen (hroubí) b.k.	0,89	0,66
	kůru (na hroubí)	0,11	0,08
	větve (nehroubí) s.k.	0,14	0,11
	pařez	0,02	0,02
	asimilační aparát	0,06	0,05
Nadzemní celkem		1,22	0,91
Podzemní	kořeny	0,12	0,09
Celková		1,34	1,00
zdroj:		FRA 2005	přepočten z FRA 2005
		pozn.:	
		<i>hroubí + kůra = 1,0</i>	
		<i>pařez + kořeny = 0,14</i>	

Zdroj: FRA - Forest Resource Assessment, FAO 2005

#### 4. Výpočet zásob LTZ z výhledů těžeb

Zdrojovými údaji pro zjištění množství těžebních zbytků jsou údaje o porostních zásobách hroubí, které jsou podle jednotlivých lesních hospodářských plánů (LHP) a lesních hospodářských osnov (LHO) průběžně ukládány ve standardizované formě. LHP a LHO jsou vypracovávány podle vyhlášky MZe č.84/1996 pro všechny lesní hospodářské celky (LHC) v České republice.

Na údaje o zásobách hroubí s kůrou v aktuální databázi LHPO jsou použity modelace výhledů těžeb obnovních. Výpočet se řídí legislativním postupem ve vyhl. 84/1996 Sb., § 8, odst. 8 až 10. Současný potenciál z modelových těžeb může sloužit jako výhled na dalších 10 až 30 let.

#### 5. Přepočtení na hmotu sušiny

Pro praktické použití je možné přepočíst objemové kubické metry na tuny, dle Tab. 11.

Tab. 11: Příklady přepočtů hmotnosti a výhřevnosti dříví při různém obsahu vody

Objemová hmotnost a výhřevnost dříví podle obsahu vody					
dříví	vlhkost (%)	hmotnost ( $\text{kg}/\text{m}^3$ )	výhřevnost ( $\text{MJ}/\text{kg}$ ; $\text{GJ}/\text{t}$ )	$\text{kWh}/\text{kg}$	$\text{toe}/\text{t}$ dřeva
čerstvé	60	1010	6	1,66	0,192
skladované	30	746	12	3,49	0,288
vyschlé	15	614	15	4,13	0,36

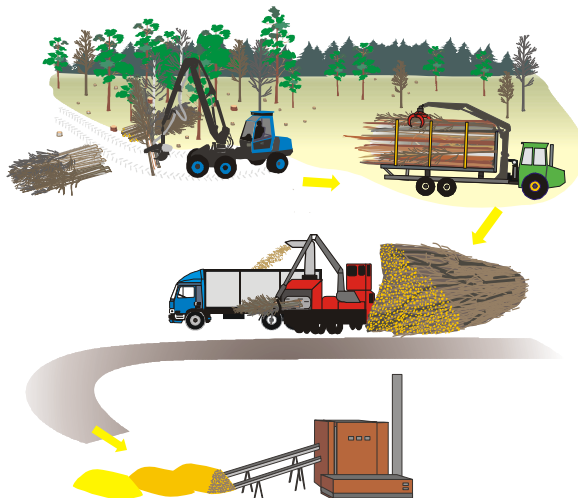
Zdroj: ÚHÚL, 2009



## 6.4.4 Definice logistických řetězců energetické biomasy z lesních porostů

### a. Harvester – balíkovač – odvozní souprava – drtič

Energeticky nejvýhodnější se jeví nasazení řetězce „harvester – balíkovač – doprava – drtič“, který díky své vysoké výkonnosti vykazuje nejvyšší koeficient čisté energie. Je třeba znovu připomenout, že v tomto případě je nutné práci harvestoru přizpůsobit následnému využití LTZ. Energetická náročnost této varianty vychází v rozmezí 1558 až 1941 MJ na 1 tunu sušiny štěpky.



### b. Harvester – forwarder – štěpkovač – odvozní souprava

Řetězec, který rovněž využívá mechanizovanou přípravu LTZ při těžbě a vysoký výkon. Oproti balíkovači je možné fáze zpracování rozčlenit, nechat LTZ proschnout a štěpkovat a odvézt již částečně proschlý materiál. Energetická náročnost této varianty vychází v rozmezí 1714 až 2258 MJ na 1 tunu sušiny štěpky.



### c. Motomanuální těžba(ŘMP) – shrnovač – forwarder/balíkovač – štěpkovač – odvozní souprava.

Méně výhodnou variantou je řetězec „ŘMP – shrnovač – forwarder – štěpkovač - doprava“ z důvodu nižšího výkonu ŘMP a shrnovače oproti harvestoru ve druhé variantě. Energetická náročnost této varianty vychází v rozmezí 1968 až 2513 MJ na 1 tunu sušiny štěpky.

## 7 Shrnutí

Metodika popisuje postup stanovení potenciálu biomasy ze zemědělské a lesní půdy vhodné k energetickému využití v teplárnách a výtopnách s respektováním vazby na potravinovou bezpečnost v libovolném zájmovém území v rámci České republiky.

Je určena ke strategickému plánování lesních a zemědělských zdrojů s ohledem na zajištění trvale udržitelného využívání půdy pro produkci biomasy k energetickému užití. Hlavním uvažovanými zdroji biomasy jsou sklizňové zbytky ze zemědělství (sláma), lesní těžební zbytky (štěpka z nehroubí) a záměrně pěstovaná biomasa (štěpka rychle rostoucích dřevin; slamnatá biomasa nedřevnatých energetických plodin). Metodický postup je založen na využití dostupných podkladů o produktivitě lesních stanovišť a zemědělských půd (zejm. SLT, BPEJ), jejich aktuální formě využívání a na nejnovějších výsledcích výzkumu produktivity energetických plodin a lesních ekosystémů. Kromě zmapování aktuálního potenciálu biomasy v zájmovém území umožňuje metodika také modelování a testování variant budoucího vývoje využívání půdního fondu podle různých požadavků a strategických plánů státu, regionů, obcí a organizací.

Základní algoritmus stanovení potenciálu biomasy vychází z agronomického resp. stanovištního přístupu, kdy alokace konkrétních plodin na pozemky (a i obráceně) je prováděna podle jejich stanovištních nároků resp. vhodnosti pozemků pro určitou plodinu. Metodika předpokládá a umožňuje hodnocení variant, kdy pro energetické plodiny je využita nejméně kvalitní (bonitní) zemědělská půda. Tento postup umožňuje předcházet případně predikovat případný konflikt využití zemědělské půdy pro energetické účely a pro produkci potravin nebo jiných surovin.

Metodika obsahuje dále algoritmy alokace lesních a zemědělských zdrojů, které umožňují plánování a prognózování s ohledem na principy trvale udržitelného hospodaření např. zachování agro-diverzity, koloběhu prvků, minimalizaci eroze a požadavků ochrany přírody.

## 8 Použitá a související literatura

- DANFORS B., LEDIN S., ROSENQUIST H. (1998): Short-rotation willow coppice growers' manual. – 40 p. JTI, Uppsala.
- DEFRA (2008): Ensuring the UK's Food Security in a Changing World, A Defra Discussion Paper, IFR, UK
- FLAMMINI, A. (2008): Biofuels and the underlying causes of high food prices, Global Bioenergy Partnership
- FRYDRYCH, J. A KOL. (2002): Energetické využití některých travních druhů. Praha: ÚZPI, 35 s.
- HAVLÍČKOVÁ, K A KOL. (2008): Rostlinná biomasa jako zdroj energie. VÚKOZ Průhonice 2008.
- HAVLÍČKOVÁ, K A KOL. (2010): Analýza potenciálu biomasy v České republice. VÚKOZ Průhonice, p. 498,
- HRUŠKA J., OULEHLE F. (2009) “Diferenciace lesů ČR z pohledu možného dotčení půdního chemismu v závislosti na intenzitě odběru lesních těžebních zbytků pro energetické účely“, čj. 30688/ENV/2009, 2006/610/2009, ČGS 2009
- JONES, M.B., WALSH, M. (Eds) (2001): Miscanthus for Energy and Fibre. James and James, 192 pp.
- KOHUTKA A. (2009): Posouzení oblasti možného odběru zbytkové dendromasy v ČR z pohledu biodiverzity", ÚHÚL, 2009
- KOLEKTIV (2006): Energetické plodiny. Ed.: Profi Press. 127 s.
- MACKŮ, J., (2009), Studie o potenciálu stanovištních podmínek a odběru ostatní užítkovatelné dendromasy z lesního ekosystému, ÚHÚL Brandýs n.L.
- NĚMEC, J. (2001): Bonitace a oceňování zemědělské půdy České republiky.
- NĚMEČEK, J. A KOL. (2001): Taxonomický klasifikační systém půd ČR. ČZÚ Praha, 78 str.
- PETŘÍKOVÁ, V. (2007): Energetický šťovík krmný (*Rumex patientia* L. × *Rumex tianshanicus* A. Los.). In Potenciál biomasy v Pardubickém kraji. Věd. monografie. VÚKOZ Průhonice: 38–40.
- REJFEK F. A KOL. (1990): Bonitace čs. Zemědělských půd a směry jejich využití 5. Díl, Praha, MZe ČR1990.
- SCHMIDHUBER, J. (2007): Impact of an increased biomass use on agricultural markets, prices and food security: A longer-term perspective. Global Bioenergy Partnership
- STRAŠIL, Z. (2002): Porovnání lesknice rákosovité (*Phalaris arundinacea* L.) a kostřavy rákosovité (*Festuca arundinacea* Schreb.) jako možných zdrojů fytomasy pro energetické a průmyslové využití. In Sborník referátů z odborné konference „Energetické a průmyslové rostliny VIII“. Chomutov 1. 8. 2002, s. 42–49.
- STRAŠIL, Z. (2009): Základy pěstování a možnosti využití ozdobnice (*Miscanthus*). Uplatněná metodika pro zemědělskou praxi. Ed.: VÚZT Praha, 48 s.
- ÚHÚL (2001–2004): Výsledky Národní inventarizace lesů, supplement, p. 559–560.
- ÚHÚL, elaboráty Oblastních typologických elaborátů (OTE, 2007)
- UŠŤAK, S. (2012): Pěstování šťovíku krmného pro výrobu bioplynu. Metodika pro praxi, VURV, v.v.i., 32s.
- VÁVROVÁ K., WEGER J., BUBENÍK J., ŠEDIVÁ K., KNÁPEK J., VAŠÍČEK J., VALENTOVÁ M., JIRÁSKOVÁ L. (2013): Modeling of biomass potential for energy and food security from agricultural land and forests for long term horizons (2030) – In: Proceedings of the 21th European Biomass Conference & Exhibition, ETA Florence, On-line: <http://www.etaflorence.it/proceedings>

- VÁVROVÁ, K., KNÁPEK, J. (2012): Economic Assessment of Miscanthus Cultivation for Energy Purposes in the Czech Republic. Jour. of the Japan Institute of Energy, Vol. 91, 6.
- VÁVROVÁ, K., KNÁPEK, J. (2012): Metodika tvorby cenových map biomasy na zemědělské půdě s využitím GIS. Acta Pruhoniana, vol. 100, s. 41-49,
- VÁVROVÁ, K., WEGER, J. (2011): Metodika analýzy potenciálu biomasy na zemědělské půdě s využitím GIS – Acta Pruhoniana 99: 85–90.
- VYHLÁŠKA Č.83 Mze 1996 o zpracování oblastních plánů rozvoje lesů a vymezení hospodářských souborů
- WEGER, J. (2008): Výnos vybraných klonů vrb a topolů po 9 letech výmladkového pěstování – Acta Pruhoniana 89: 5–10.
- WEGER, J., BUBENÍK, J. (2011): Hodnocení produkce biomasy topolů a vrb na Lochočické výsypce po 15 letech výmladkového pěstování. Acta Pruhoniana, no. 99, p. 73–83.
- WEGER, J., BUBENÍK, J. (2012): Produkce biomasy nových klonů vrb a topolů po šesti letech pěstování na zemědělské půdě v tříletém obmýtí. Acta Pruhoniana, vol. 100, s. 51-62, ISSN 0374-5651.
- ZÁKON Č. 289 / 1995 Sb. o lesích a o změně a doplnění některých zákonů (lesní zákon).

## 9 Seznam publikací, které předcházely metodice

- HAVLÍČKOVÁ, K A KOL. (2010): Analýza potenciálu biomasy v České republice. VÚKOZ Průhonice, p. 498,
- VÁVROVÁ K., WEGER J., BUBENÍK J., ŠEDIVÁ K., KNÁPEK J., VAŠÍČEK J., VALENTOVÁ M., JIRÁSKOVÁ L. (2013): Modeling of biomass potential for energy and food security from agricultural land and forests for long term horizons (2030) – In: Proceedings of the 21th European Biomass Conference & Exhibition, ETA Florence, On-line: <http://www.etaflorence.it/proceedings>
- VÁVROVÁ, K., KNÁPEK, J. (2012): Economic Assessment of Miscanthus Cultivation for Energy Purposes in the Czech Republic. Jour. of the Japan Institute of Energy, Vol. 91, 6.
- VÁVROVÁ, K., KNÁPEK, J. (2012): Metodika tvorby cenových map biomasy na zemědělské půdě s využitím GIS. Acta Pruhoniana, vol. 100, s. 41-49,
- VÁVROVÁ, K., WEGER, J. (2011): Metodika analýzy potenciálu biomasy na zemědělské půdě s využitím GIS – Acta Pruhoniana 99: 85–90.

**Příloha 1: Schéma metodického postupu stanovení potenciálu biomasy v zájmových územích s respektováním vazby na potravinovou bezpečnost**

