

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: N4101 Zemědělské inženýrství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Speciální produkce rostlinné

Vedoucí katedry: prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Uplatnění dočasných a trvalých travních porostů
v produkci biomasy pro energetické využití.

Vedoucí diplomové práce: Ing. Milan Kobes, Ph.D.

Autor: Bc. Jan Junga

České Budějovice 2017

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě, elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

Datum :

Podpis :

Poděkování

Rád bych poděkoval za cenné rady, odborné vedení při zpracování diplomové práce a poskytnutí potřebných podkladů pro její vypracování vedoucímu práce - Ing. Milan Kobes, Ph.D.

Pak ještě Moudrý..

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá

Obsah

1. Úvod.....	6
2. Význam využití biomasy	8
2.1. Základní formy a zdroje biomasy v ČR	10
2.2. Budoucnost využívání biomasy	12
3. Přehled druhů travin, vhodných k energetickému využití	14
3.1.1 Ozdobnice čínská (<i>Miscanthus sinensis</i>).....	19
3.1.2. Chrastice rákosovitá (<i>Phalaris arundinacea</i>)	22
3.1.3. Rákos obecný	25
Psineček veliký (psineček bílý)	26
4. Možnosti využití travin v energetice	28
4.1. Spalování biomasy.....	31
4.2. Anaerobní digesce	35
3. Materiál a metody	38
3.1. Charakteristika stanoviště	38
3.2. Klimatické charakteristiky	41
3.3. Popis charakteristik a jejich stanovení.....	44
4. Výsledky a diskuze	46
Seznam literatury :	58
Internetové zdroje :	60

1. Úvod

Trávy jsou jednou z nejdůležitějších rostlinných čeledí. Mezi jejich zástupce se řadí více než 600 rodů a asi 10 000 druhů. Jsou rozšířeny po celém světě ve všech zeměpisných pásmech. Můžeme se s nimi setkat od tropických oblastí až k polárnímu kruhu, téměř ve všech nadmořských výškách. Velice často utvářejí rozsáhlé porosty a za svůj charakteristický vzhled jim vděčí řada společenstev, hlavně lučních, pastvinná a stepní. Na našem území se vyskytuje zhruba 80 rodů trav s přibližně 240 druhy. Porosty trav, pokud počítáme i obilniny v Čechách pokrývají téměř jednu třetinu plochy.

Louky jsou dominantním rostlinným společenstvem mírného pásu. Jejich základem je souvislý, velmi hustý porost trsnatých a výběžkatých trav vytvářejících nízký koberec, který se v době květu značně zvyšuje délkou květních stébel. Spolu s tímto travním základem se na loukách vyskytuje i bohatá směs různých, převážně vytrvalých bylin. Louky lze dělit na absolutní (s přirozeným porostem) a umělé (s porostem kulturních trav a jetelovin). Louky jsou velmi důležitým zdrojem krmiva pro živočišnou výrobu a ochraňují půdu před erozí, a to zejména ve vyšších polohách.

Kromě významu hospodářského, zastávají trávy, zejména pak travní porosty ještě celou řadu dalších funkcí, např. funkci dekorativní a estetickou. Mají velký význam v sadovnické tvorbě, doplňují a zvýrazňují krásu dřevin i květin v parcích. Dále pak přispívají k ozdravení a zpříjemnění životního prostředí ve velkoměstech, mají také velký hygienický význam, pohlcují prach čímž slouží jako přirozený filtr ovzduší a také ovlivňují vzdušnou vlhkost. Travníky, se svou přirozenou odolností jsou také hojně využívány pro technické a sportovní účely. Podle nároků na pěstování dělíme travníky na intenzivní a extenzivní. Zatímco intenzivní se zpravidla zavlažují a přihnojují, zejména dusíkatými hnojivy a provádí se zde seč, v některých případech i desetkrát ročně, extenzivní se naproti tomu nehnojí a nezavlažují a kosí se většinou jen jednou až dvakrát ročně. (Trávy a obilí).

Lignocelulózová biomasa, do níž řadíme např. dřevo, slámu nebo seno je téměř nevyčerpatelným, trvale se obnovujícím energetickým zdrojem s vysokou chemickou rozmanitostí. Lignocelulózou nazýváme komplex kombinací dvou polymerních sacharidů hemicelulózy a celulózy a ligninu, polymeru založeném na fenyylpropanu. Tento komplex pak společně tvoří skelet stěny rostlinných buněk. Lignocelulóza je velice podstatnou součástí pletiv téměř všech vyšších rostlin, nejvíce je zastoupena v cévách a kořenech. Lignocelulózová biomasa, reálně využitelná pro energetické účely, jako například, sláma, tráva, rákos nebo rychle rostoucí dřeviny obsahují až 80 % celulózy a hemicelulózy, které lze

poměrně snadno přeměnit na energii, nebo převést na jednodušší a ještě snáze využitelnější látky, jako jsou cukry.

2. Význam využití biomasy

Jako biomasu označujeme organickou hmotu rostlinného nebo živočišného původu. Pokud mluvíme o energetickém využití, tak tento pojem zahrnuje zejména palivové a odpadní dřevo, slámu a další zemědělský a lesní odpad, záměrně pěstované dřeviny, byliny či plodiny, ale také odpady biologického původu, jako například trus a kejdu hospodářských zvířat, kaly z ČOV a produkty jejich zpracování (bioplyn). Paliva vyrobená z biomasy, ať již přímo nebo nepřímo nazýváme biopaliva. energii produkovanou z biomasy dále nazýváme bioenergií (Havlíčková a kol., 2007).

Nadzemní i podzemní rostlinnou hmotu nazýváme fytoomasou, její množství se vyjadřuje v hmotnostních jednotkách v sušině. energii, obsaženou v chemických vazbách surové nebo zpracované biomasy je možno přeměnit na elektrickou, nebo tepelnou energii. V posledních letech se na celém světě stále zvyšuje zájem o využití rostlinné biomasy jako obnovitelného energetického zdroje, a to především z důvodu omezování produkce skleníkových plynů a snižování produkce biologických odpadů. Pomocí pěstování energetických rostlin, lze snížit obsah CO₂ v ovzduší zmírnit tak vliv skleníkového efektu na globální klima (Kužel a kol., 2010).

Mezi celosvětové záležitosti moderní doby, patří bezesporu hledání alternativních zdrojů obnovitelné energie. Obnovitelné zdroje, jsou přírodní zdroje, které jsou pro využití okamžitě nebo pravidelně k dispozici a neustále se obnovují. Význam obnovitelných zdrojů v české republice se zvyšuje, neboť mohou přispívat k zabezpečení celkové energetické potřeby společnosti. Mezi obnovitelné zdroje, patří v našich podmínkách tepelná energie sluneční záření, kinetická energie větru a vodních toků, a zejména energie získaná z rostlinné biomasy. Obnovitelná energie by měla pokrýt část energie doposud získávané převážně z neobnovitelných zdrojů – spalování fosilních paliv a jaderné energie. Fosilní zdroje způsobují zvýšenou emisi oxidu uhličitého, s přímým dopadem na životní prostředí a jejich zdroje jsou omezené, to platí i pro jaderná paliva u nichž je ale nejpalčivějším problémem skladování a likvidace radioaktivního odpadu. Podíl využívané obnovitelné energie by měl v České republice v roce 2020 činit 13 % (Andert a kol., 2007).

Biopaliva jsou obecně definovatelná jako paliva, vyrobená na bázi obnovitelných zdrojů energie ze surovin rostlinného nebo živočišného původu. Jestliže je biopalivo používáno jako přídavek do benzínu či nafty, lze pro něj použít i pojem biokomponenta nebo biosložka (Kužel a kol., 2010).

Energie získávaná ze spalování biomasy je historicky nejstarším energetickým zdrojem, který lidstvo využívá – oheň sloužil našim předkům k přípravě stravy i k vyhřívání jeskynních obydlí (Jakubes, 2006).

Biomase se za posledních několik let dostává jako zdroje energie čím dál tím většího významu, a to nejen u nás, ale i v celoevropském kontextu. Z úrovně alternativního paliva se dostává na úroveň atraktivního zdroje energie pro všechny typy uživatelů. Rozvoj energetiky, nejen v ČR ale i v ostatních vyspělých zemích, se začíná potýkat s problémy vysoké spotřeby primární energie, kterou se nedaří snižovat. Rozhodující podíl na celkové spotřebě v současnosti tvoří fosilní paliva. Zdroje fosilních paliv, zejména pak ropy a zemního plynu – v případě ČR pak uhlí, se ale rychle vyčerpávají, případně je jejich těžba ekonomicky a energeticky náročná. Důsledkem toho je neustále rostoucí dovozní závislost na importu těchto strategických komodit z často politicky a ekonomicky nestabilních regionů. Evropa, resp. členské země EU mají omezené možnosti pro hledání nových nalezišť. Obnovitelné zdroje energie, a biomasa především, jsou tak pro země EU do budoucna základními „domácími“ energetickými zdroji.

Jedním z důvodů, proč se v poslední době stále více hovoří o obnovitelných zdrojích energie, je snaha vyspělých zemí snižovat rizika změny klimatu následkem antropogenní činnosti. Energetické procesy jsou odpovědné za podstatnou část emitovaných skleníkových plynů, a to zejména emisí oxidu uhličitého. Obnovitelné zdroje jsou svojí podstatou tzv. „nefosilní zdroje“, to znamená, že při jejich užití nedochází k uvolňování dlouhodobě vázaného skleníkového plynu CO₂ a současně k rychlému, nevratnému narušení přírody a životních podmínek. V případě užití biomasy je v principu do atmosféry uvolňováno pouze takové množství oxidu uhličitého, které bylo z atmosféry „odčerpáno“ pro vytvoření biomasy při fotosyntéze rostlin. Přirozeným rozkladem v přírodě by se z této biomasy, v delším časovém horizontu uvolnilo totéž množství jako při jejím energetickém využití. (Havlíčková a kol., 2010)

Příroda neustále obnovuje surovinu „biomasu“, kterou je možno použít pro výrobní řetězec chemických látek, paliv a materiálů pro kosmetiku, chemický a farmaceutický průmysl. Velká část průmyslu bio výrobků, které jsou používány v současné době, má základ v přímém fyzikálním nebo chemickém zpracování biomasy, například celulóza, škrob, oleje, protein, lignin a terpeny. Díky biotechnologickým postupům a metodám, jsou jako výstupní surovina vyráběny chemické látky jako ethanol, butanol, aceton, kyselina mléčná a kyselina itakonová a také aminokyseliny. Podle odhadů vyprodukuje rostlinstvo na zemi 6 miliard tun biomasy, která je využitelná člověkem ročně. V současné době se využívá 1,7 – 2¹¹ tun.

V nepotravinářských aplikacích se zpracovává pouze 3 až 3,5 % z tohoto množství. Průmyslové využití zdrojů ze zemědělství a lesnictví je teprve v začátcích (Kužel, 2010).

2.1. Základní formy a zdroje biomasy v ČR

Biomasu vhodnou pro výrobu energie je možno podle způsobu jejího vzniku rozdělit na následující skupiny :

- Zbytková biomasa a recyklovaná biomasa z výrobků po ukončení jejich životností
- Záměrně produkováná biomasa

2.1.1. Zbytková a recyklovaná biomasa

Zbytkovou fytomasu v našich podmínkách používáme převážně jako snadnou, dostupnou a levnou forma paliva. Je tedy zpravidla prvním a zatím také hlavním zdrojem biopaliv v existujících nebo budovaných kotelnách a výtopnách na spalování biomasy.

Rostlinné odpady :

Sklizňové zbytky po zemědělské výrobě – zejména pak obilná sláma, mají široké uplatnění. Energetické využití je u nás v poslední době na vzestupu a začíná pomalu uplatňovat v nových odvětvích, i když v porovnání se skandinávskými zeměmi se zpožděním – zde jsou vedle několika zemědělských podniků, které si slámou kryjí spotřebu tepla, jsou už vytápěny i celé vesnice. Častou námitkou proti spalování je, že veškerá sláma, která v daném roce na polích narostla, musí přijít zpátky do půdy jako hnojivo. Ve skutečnosti je ale ve slámě jen velmi málo živin – např. dusíku méně než 1%. v současnosti má zaorávání za účelem obohacení půdy humusem jedině na těžších půdách, jinak jen při současném hnojení kejdou nebo jiným dusíkatým hnojivem. Bakterie, rozkládající slámu si potřebný dusík berou z půdní zásoby. Po jejich zániku mizí část dusíku v atmosféře. Proto přiměřené využití slámy jako paliva, výhledově zhruba do 50%, nemůže ohrozit úrodnost půdy.

Řepková sláma, jejíž výhřevnost se pohybuje od 15 do 17,5 GJ/t se přibližuje lepším druhům hnědého uhlí. Je pro ni v dnešní době jen velmi málo praktických využití, krom toho v energetice. Pro živočišnou výrobu ani pro zaorávání se příliš nehodí. Mezi další rostlinné

odpady patří kukuřičná sláma, seno, zbytky po likvidaci křovin a náletových dřevin, odpady ze sadů a vinic, odpady ze zeleně a travnatých ploch.

Lesní těžební zbytky :

Slibným zdrojem se jeví také odpadní a dřevní biomasa z výchovných a mýtních těžeb v lesních porostech. Přesto, že je její potenciál velmi vysoký, není v takové míře využíván, protože lesnické společnosti, které provádějí těžbu, většinou nejsou schopny tuto biomasu vyklízet z lesa ekonomicky rentabilním způsobem. Námitku, že jednorázovým odebráním nehroubí dojde postupně k výraznému ochuzování lesních půd, postupně vyvrátili vědecké studie, které potvrdili, že část koloběhu probíhá v každoročním opadu listů, jehlic a drobných větvíček.

Organické odpady z průmyslových výroby :

Nejčastějším zdrojem těchto odpadů, jsou velmi často pilařské a dřevozpracující provozy, které jako odpadní produkty poskytují piliny, odřezky, hobliny a kůru.

Tato forma biomasy – zejména z velkých zdrojů – začíná být pomalu zcela využita zejména pro výrobu paliv, např. lisovaných dřevěných palet a briket. Menší lokální pily však stále mohou být rentabilním zdrojem pro místní potřeby.

Odpady ze živočišné výroby:

Ze zemědělských odpadů se v největší míře využívá kejda (tekuté a pevné výkaly hospodářských zvířat s vodou), případně i slamnatý hnůj, zbytky krmiv a odpady z přidružených zpracovatelských kapacit (Havlíčková a kol, 2008).

2.1.2. Záměrně produkovaná biomasa

Porosty tzv. energetických rostlin řadíme v našich podmínkách mezi relativně nové zdroje biomasy. Tímto termínem jsou souhrnně označovány botanické druhy dřevin, vytrvalých a jednoletých bylin, jejich kultivary a sorty a též jejich přírodní i záměrní kříženci. Jejich růst a zejména jejich objemová produkce (t/ha/rok) při intenzivním pěstování výrazně převyšuje průměrné hodnoty ostatních plodin ve sledované oblasti.

Energetické rostliny nedřevnaté :

Mezi jejich hlavní přednosti patří, že se dosahují vysokých výnosů po, v porovnání s ostatními energetickými plodinami velice krátké době a dají se sklízet běžnými zemědělskými sklizňovými stroji. Mnohé z nich jsou víceleté, jako šťovík, miscanthus nebo topinambur a tudíž mají nižší každoroční výrobní náklady. Zvláštní postavení má konopí seté, protože jeho hlavní účel je využití v textilním, papírenském a případně potravinářském průmyslu a jenom dřevní podíl (pazdeří) je vhodný k energetickému využití. Tyto plodiny se liší od plodin potravinářských zejména tím, že se nepěstují pro výnos živin ale pro výnos celkové biomasy (Havlíčková a kol., 2007).

Energetické dřeviny :

Tzv. rychle rostoucí dřeviny, jsou dřeviny, které jsou schopné dosáhnout vysokého výnosu nadzemní biomasy a to ve velmi krátkém obmětí (3 – 6 let) s životností až 25 – 30 let. Jejich růst a zejména produkce nadzemní hmoty (t/ha/rok) v prvních letech, anebo po opakovaném seříznutí výrazně převyšuje průměrné hodnoty ostatních dřevin. Pro rychle rostoucí dřeviny považujeme za nadprůměrné výnosy od 8 – 10 t sušiny na ha za rok a za vynikající nad 15 t sušiny na ha za rok, v průměru za celou dobu existence plantáže. Další typickou vlastností rychle rostoucích dřevin je zejména rychlý terminální růst v prvních letech po výsadbě, což v našich podmínkách znamená často přes 70 cm/rok a také snadné zakládání porostů, zejména vegetativním způsobem. (WEGER, J., 2002)

2.2. Budoucnost využívání biomasy

Hlavním zdrojem energie byla ještě před několika staletími, než ji z větší části nahradily fosilní paliva, biomasa. V současné době pokrývá jen 14 % celosvětové potřeby energie. Odhaduje se, že fotosyntézou se každým rokem na zemi vytváří 6 až 8 miliard tun biomasy, jejíž energetický obsah je pět krát vyšší než současná světová spotřeba energie. Proto lze očekávat, že v 21. století k současným nejvyužívanějším energetickým zdrojům ve světě ještě významněji přispěje i biomasa.

V celosvětovém měřítku je rozdělení spotřeby energie zhruba následující : biomasa 14 %, atomová energie 5 %, vodní energie 6 %, plyn 17 %, uhlí 26 %, nafta 32 %.

Evropskou spotřebu energie kryje z 21 % hnědé uhlí, 44 % ropa, 19 % zemní plyn, zbytek tvoří jaderná energie a obnovitelné zdroje energie. V EU v blízké budoucnosti předpokládají, že z potravinové produkce bude vyčleněno kolem 80 mil. ha půdy. Kdyby se na ní teoreticky pěstovaly vytrvalé rostliny s produkcí 20 t sušiny na 1 ha s energetickým obsahem 18,5 GJ na tunu, potom by byl produkován každoročně ekvivalent 30 EJ. Přitom roční spotřeba fosilních paliv v EU je obdobná a činí 36 EJ. V ČR energetická potřeba

představuje cca 1750 PJ/rok a je ze 62,9 % kryta ekologicky nevhodným hnědým uhlím, z 26 % zemním plynem a naftou z dovozu, z 10,5 % jadernou a vodní energií a pouze z 0,6 % energií z biomasy.

Navzdory velice vydatným zdrojům biomasy, které by se daly daleko lépe využívat, není situace využívání biomasy v ČR oproti jiným zemím evropské unie nejlepší. V první fázi využívání rostlinných energetických zdrojů by u nás bylo nejjednodušší využívat stávající a v současné době málo využívané zdroje jako jsou odpady z lesů nebo slámu některých zemědělských komodit. V druhé fázi by bylo potřebné nastartovat program s využíváním nadbytečné zemědělské půdy a také nově zakládat plantáže energetických rostlin (Moudrý, 2016).

3. Přehled druhů travin, vhodných k energetickému využití

Trávy tvoří bezpochyby nejdůležitější složku lidské potravy (obilniny, cukrová třtina), jakož i nejpodstatnější částí výživy býložravců. Jako hlavní část zelené vegetace pohlcují oxid uhličitý a produkují kyslík, dále přispívají k tvorbě humusu, poskytují stavební materiál (bambus, rákos) a také zpevňují půdu a zabraňují půdní erozi. Dlouholetým výběrem a záměrnou činností člověka (šlechtěním) vznikaly kulturní, stále užitkovější a produktivnější druhy a odrůdy, zejména obilnin. Tento proces začal již v době poledové, kdy se objevily bohatě plodící a často velkoplodé druhy trav. Přispělo k tomu nejen prostředí, které byl v té době teplé a vlhké, ale i vhodná půda, a v neposlední řadě i člověk, který již uměl těchto příznivých podmínek využít pro pěstování plodin. Například již ve vykopávkách z doby neolitické byly na území dnešního Iráku nalezeny obilky pšenice dvouzrnky a ječmene, které již mají znaky kulturních rostlin. Pokud u obilky nacházíme znaky kulturních rostlin, dá se předpokládat, že tyto druhy se pěstovaly již po mnoho generací a že se k pěstování vybíraly jen rostliny s nejlepšími požadovanými vlastnostmi. Toto je možné považovat za začátek dlouhé cesty, která končí u kulturních rostlin, jak je známe dnes - šlechtění. Záměrné pěstování rostlin mělo a dodnes má základní význam pro rozvoj civilizace a život civilizovaného člověka. Zemědělství znamenalo jeden z největších převratů ve vývoji lidstva, dovolilo tehdejší lidem vytvářet trvalé osady a města, což vedlo k utvoření prvních civilizací.

Trávy - botanicky nazývané lipnicovité (*Poaceae*) patří mezi rostliny jednoděložné. To znamená, že klíčí jedinou dělohou, hlavní kořen brzy po embrionálním vývoji zakrní a nahradí jej tenké svazčité kořeny. Ve vzrůstu jsou trávy značně rozmanité. Najdeme mezi nimi jak nízké, zakrslé rostlinky, tak i druhy vysoké několik metrů. Zvláštní skupinou jsou bambusy – stromovité trávy se zdřevnatělými stonky. Nápadným znakem trav je jednotná stavba vegetativních i reprodukčních částí. Vytrvalé typy trav v přírodě převažují. Jednoleté a dvouleté druhy jsou v menšině. Listy trav se skládají z čepele a pochvy. Na rozhraní čepele a pochvy vyrůstá blanitý nebo třásnitý jazýček a u některých druhů úkrojkovitá ouška. U převážné většiny trav jazýček přiléhá těsně ke stéblu a tak zabraňuje zatékání vody za pochvu. Tím chrání mladá pletiva článků před zahníváním. Pochva, která rovněž těsně přiléhá ke stéblu, chrání stéblo před mechanickým poškozením. U některých druhů staré odumřelé pochvy chrání mladé výhonky před vyschnutím. Stavba čepele listů, stejně jako jazýčku je důležitým znakem pro určování trav při vymetání. Metání je růstové stadium trav těsně před rozkvetem, kdy klad nebo lata proniká pochvou nejhornějšího listu. Čepel trav je čárkovitá, u většiny druhů stejně široká, ke špičce pomalu sbíhavá, nebo náhle zakončená. U

suchomilných trav bývá štětinovitě složená. Čepel může být hladká, nebo různě ochlupená. V mládí je většinou žlábkovitě složená nebo svinutá (Grau a kol., 2002)

Stonek trav je stéblo. Stébla trav jsou převážně dutá, oblá, řidčeji smáčklá. Jednotlivé články stébel jsou vždy odděleny plnými kolénky. Směrem k bázi stébla se vzdálenost mezi kolénky zmenšuje a pod povrchem půdy jsou kolénka těsně u sebe. Díky kolénkům skrytým v půdě, z tzv. odnožovacích uzlin trávy odnožují. Stonková kolénka jsou důležitá při vzpřimování polehlých stébel, pletivo v kolénkách totiž roste intenzivněji na spodní straně polehlého stébla a a tak zvedá celé stéblo i s květenstvím. Květenství trav je lata nebo klas. Ta bývá značně rozvětvená a mívá veliký počet klásků, u některých druhů mívá také lata jednotlivé ostny zkrácené, takže je různě stažená a vytváří tzv. lichoklas (psárka, bojínek, pšenice). Plodem trav je obilka, většinou zůstává obalena pluchami, ale u některých druhů z nich vypadává. Obilky mají různé tvary, od kulatého až po úzce vřetenovitý nebo hranatý.

Kořenový systém trav je mimořádně jemný a mohutný, jednotlivé trávy vytvářejí mnoho vlastních jemných kořínků, prostupujících půdou. Většina trav však koření relativně mělce. Díky své vysoké adaptační schopnosti, mohutné životaschopnosti a velmi účinné reprodukci se řadí trávy na první místo v květeně na celé zeměkouli. Vysoká konkurenční schopnost vůči jiným rostlinám jim umožňuje ovládnout velká stanoviště, souvisle je pokryt a plně potlačit jiné rostliny, nebo nad nimi případně udržovat stálou převahu. Podle vlivu klimatických poměrů tak vznikají trvalá, ustálená společenstva trav mnoha různých složení. V tropech tyto společenstva nazýváme savanami, v oblastech kontinentálního podnebí jsou to pak stepi a v oblastech s vlhčím podnebím louky (Šašková, 1993).

Velmi důležitý je z hlediska možností zpracování i vzájemný poměr vnitřních pletiv – parenchymu, sklerenchymu a cévních svazků. Z parenchymatického pletiva bývá nejčastější chlorenchym (chlorofylový zelený parenchym), který může být bez zvláštního pravidelného uspořádání nebo palisádový. Toto uspořádání chlorenchymu je stálým znakem, např. u vousatky obecné, jež se vyznačuje soustředěným věncovitým uspořádáním tohoto pletiva v okolí svých cévních svazků. Podstatně řidčeji lze najít v čepeli trav bezbarvý parenchym, který bývá soustředěn nad středními cévními svazky v menších skupinkách, nebo u trav prosovitého typu ve velké souvislé skupině. Bezbarvý parenchym často také obklopuje cévní svazky pochvy. Jeho zastoupení co do množství i velikosti buněk však není konstantní, v dolní části čepele ho bývá daleko více než ve špičce. Sklerenchym vytváří velmi rozdílné seskupení v čepelích jednotlivých druhů trav. U kvalitních pícních trav se vyskytuje jen v malých skupinkách, hlavně pod cévními svazky a nad nimi, v kýlu a na okrajích čepele. Velmi často tvoří sklerenchym traversovité vyztuženiny, v nichž jsou zasazeny cévní svazky (hlavně primární). Mnohé xerofilní (suchomilné) trávy mají též pod pokožkou souvislou vrstvu

sklerenchymu. Uspořádání i světlost sklerenchymatických buněk podléhá značným změnám podle charakteru stanoviště, avšak i tak se dá použít jako jeden z rozpoznávacích znaků pro jednotlivé druhy trav (Regal, 1953).

Technologie pěstování travin pro energetické využití se nijak výrazně neliší od technologie pěstování travních porostů za účelem produkce píce. Jediným zásadním rozdílem je doba sklizně, která se, v závislosti k plánovanému způsobu využití mění. Cílem je stanovit dobu sklizně, tak aby bylo dosaženo optimálního výnosu sušiny nadzemní biomasy a optimálního obsahu vody ve sklizené surovině. Pro sklizeň na výrobu bioplynu se jeví ideální obsah vody kolem 70%, zatímco u porostů určených pro přímé spalování, či pro lisování pelet nebo briket je ideální obsah vody 20 – 25 %, čehož se dá dosáhnout buďto dodatečným dosušením sklizené biomasy, nebo posunutím termínu sklizně na jaro, čímž dojde k dodatečnému přirozenému přemrznutí a doschnutí, ale také ke ztrátě celkové biomasy, způsobené zejména opadem listů. Další významné rozdíly mezi energetickým využitím a využitím k tvorbě píce spočívají zejména v důrazu na tvorbu fytohmoty a čistotu prostu. U pastevních porostů a porostů určených k výrobě píce je environmentální funkce plněna ve vysoké míře, zatímco u porostů určených k výrobě biomasy pro energetické využití dochází k jejímu výraznému oslabení. Toto je zejména důsledkem snahy o čisté, monokulturní porosty při pěstování trav, určených k energetickému využití, díky čemuž dochází k výraznému snížení druhové biodiverzity, oproti porostům pěstovaným na píci. Protierozní efekt zůstává u obou druhů hospodářských využití zachován. Porosty, určené k tvorbě biomasy pro energetiku nejsou, na rozdíl od porostů určených pro výrobu píce vhodné k ekologickému způsobu hospodaření na orné půdě, a to díky nutnosti dodatečného přihnojování a v některých případech i zásahů proti plevelným druhům rostlin. Posledním výrazným rozdílem je snížení důrazu na krmivářskou hodnotu tzn. obsah živin, stravitelnost a obsah antinutričních, či dokonce jedovatých látek. Toto kritérium hodnocení porostu, ztrácí při energetickém využití smysl (Stražil, 2011).

Další prakticky velmi důležitou otázkou je rychlost vývoje u jednotlivých druhů víceletých trav. Tato vlastnost úzce souvisí s nároky každé trávy na jarovizační stádium zvláště pro jetelotravní a vojtěškotravní směsky polních osevních postupů je nutné volit trávy s rychlým vývojem. Pro pícninové osevní postupy již připadají v úvahu i trávy s pozvolnějším vývojem, neboť jsou naopak vytrvalejší. Rychlost vývoje je tedy v nepřímém poměru k vytrvalosti trav.

Podle rychlosti vývoje můžeme trávy rozdělit do tří skupin :

- 1) Trávy s rychlým vývojem

U těchto trav se dosahuje nejvyšších výnosů zpravidla již v prvním užitkovém roce. Jejich vytrvalost je však velmi nízká a mnohé z nich již v druhém užitkovém roce hynou. Do této skupiny patří např. jílek italský a ozimý.

2) Trávy se středně rychlým vývojem

Nejvyšších výnosů u nich dosahujeme zpravidla v 1 – 2. užitkovém roce. Trávy této skupiny se již vyznačují vyšší vytrvalostí, většinou nad 5 let. Patří sem : ovsík žlutavý, bojínek luční, kostřava luční, srha laločnatá aj. tato skupiny tedy zahrnuje trávy vhodné do jetelotravních a vojtěškotravních směsek.

3) Trávy s pomalým vývojem

Dosahují plné výnosnosti pravidelně ve třetím, někdy i čtvrtém roce. Proti tomu jejich vytrvalost, bývá většinou delší než 8 roků. Do této skupiny zahrnujeme převážně trávy výběžkaté a hustě trsnaté. Např. psineček bílý a obecný, kostřava červená, lipnice luční, lesknice rákosovitá, metlice trsnatá a řada jiných.)

Rychlost vývoje i stupeň vytrvalosti se však řídí nejen biologickými vlastnosti jednotlivých druhů trav, ale především stanovištními podmínkami a agrotechnikou. Správnou agrotechnikou můžeme například podstatně zvýšit vytrvalost volně trsnatých trav.

Trvalé travní porosty představují v ČR plochu 991 523 ha, což představuje 23,3 % zemědělské půdy (k 31.12.2012). Travní fytomasu lze využít jako krmivo (silážování), dále pak pro výrobu pevných biopaliv (peletování, briketování) nebo k produkci kompostu. Travní fytomasa jejíž využití je čím dál tím významnějším, představuje v budoucnu velký potenciální zdroj energie. Travní fytomasa může pocházet buď z přirozeně rostoucích, nebo uměle zakládaných porostů travních porostů. Záměrně pěstovanými porosty energetických travin však nelze ve větším měřítku nahrazovat přírodní travní ekosystémy, mohlo by totiž dojít k výraznému snížení biodiverzity. Při využití luk s vysokou biodiverzitou, je vhodné pro její zachování, využití těchto luk v původní podobě. Energetické traviny představují především potenciální možnost pro využití neobdělávané zemědělské půdy. Se svým hustým kořenovým systémem a bohatým vegetačním pokryvem jsou zejména vhodnou alternativou

na stanoviště ohrožená erozí. Na tato stanoviště se hodí především vytrvalé energetické traviny, jejichž porosty jsou zakládány na více než 5 let. Proto lze využít, jak k produkci energie, tak pro jejich půdoochrannou funkci. Jedním z problematických faktorů při využívání travin pro energetické účely je vlhkost, která hlavně pak v deštivých obdobích může ovlivňovat zpracování sklizené travní biomasy. Při podzimní sklizni dochází většinou k poklesu vlhkosti na přijatelnou hodnotu, kdy lze sklizenou biomasu zpracovat skoro bez dosoušení na základě aktuálních meteorologických podmínek. U trav pěstovaných na semeno v našich českých podmínkách lze doporučit sklizeň osiva pro tržní účely a vymláčenou slámu z těchto trav využít pro energetické účely což ovlivní ekonomiku pěstování této komodity (Zajonc, 2016).

Využívání travin v energetice má řadu výhod. Především tu, že lze vybrat trávy vytrvalé, nevyžadující každoročně, často nákladné zakládání porostů. Výhodou je rovněž možnost volby sklizně tak, aby byla travní stébla co nejvíce suchá a nemusela se dodatečně dosušet. V tomto případě nevádí, když jsou stébla hrubá s vysokým obsahem, pro dobytek těžko stravitelných látek, která nemají dobrou krmnou hodnotu, což se běžně vyžaduje při sklizni travních porostů na seno. Nevadí ani případný obsah antinutričních, či pro živočichy škodlivých látek. Naopak, čím jsou stébla pevnější, starší, tím jsou pro přímé spalování vhodnější. Mladé porosty jemných trav požadované pro krmení hospodářských zvířat jsou pro přímé spalování nevhodné, neboť mají zpravidla vysoký obsah vody a dále živin, zvláště dusíku, což je nežádoucí z hlediska vzniku emisí při spalování. Obecně lze proto k těmto účelům využívat traviny plně vyzrálé, vyschlé, kdy jsou živiny z nadzemních částí rostlin již většinou zataženy do kořenového systému. S tím souvisí i způsob pěstování těchto „energetických“ trav. V zásadě lze použít pěstitelskou technologii určenou pro pěstování trav na semeno. Tato technologie je u nás dobře propracovaná, liší se pouze částečně, podle některých druhů. V tomto případě lze pěstováním energetických trav získat dvojí užitek: travní semeno a suchou nadzemní hmotu – slámu - k přímému spalování, obdobnou slámě obilní (Petříková, 2016).

Případným pěstováním trav pro energetiku rozšiřuje možnosti potenciálu využití trav pro průmyslové účely. Tento obor souvisí s fytoenergetikou, tzn. využitím rostlin pro energetické účely a je v oblasti potravinářského výzkumu zcela novým odvětvím. Většina dosavadních výzkumných poznatků nabízí dvě cesty využití vzniklé biomasy: suchou biomasu spalovat a vlhkou zpracovat anaerobní digescí na bioplyn a substrát, použitelný jako hnojivo. V současné zemědělské praxi je zájem především o bioplynové stanice. Zároveň se v dnešní době hledá řešení problému, jak zlikvidovat, popř. využít travní hmotu z technických ploch a technických trávníků. Zejména se jedná o travní biomasu ze

soukromých pozemků, městských a obecních aglomerací. Zatím se jako nejvhodnější využití této fytomasy jeví výroba bioplynu anaerobní digestí (Frydrych, 2016).

Zejména vhodné je pěstování trav k energetickému využití na zemědělský hůře obhospodařovatelných pozemcích, především na svažitéch pozemcích a pozemcích ve vyšší nadmořské výšce. Většina travin použitelných v energetice je vytrvalých a při dobrém založení porostu jsou schopny poskytovat stabilní výnosu po dobu několika let, také velmi dobře reagují na hnojení – zejména dusíkem. Další nespornou výhodou pěstování travin pro energetické využití je jejich široká ekologická amplituda a jejich schopnost prosperovat v široké škále různých půdně - klimatických podmínek (Stražil, 2011).

V naší republice se do budoucna počítá s využitím části půdy dočasně vyřazené z intenzivní zemědělské výroby pro nepotravinářské účely. Jako optimální řešení současné situace se jeví kombinace potravinářského a nepotravinářského využití zemědělské půdy. Do oblasti nepotravinářského využití půdy se řadí i pěstování rostlin pro výrobu energie. Půdu, která nemá využití v oblasti potravin, je nutno udržovat v kulturním stavu z důvodu možného návratu do zemědělství a tím zachování rezervy pro výrobu potravin. Půdy, která leží ladem je potencionálním zdrojem plevelů, ale i chorob a škůdců. Důležitý je i kulturní stav krajiny. Mezi perspektivní plodiny pro nepotravinářské využití v marginálních oblastech patří jistě i některé druhy travin, vhodných k využití v energetice (Frydrych, 2012).

3.1.1 Ozdobnice čínská (*Miscanthus sinensis*)

Původ, rozšíření a využití :

Je to rostlina pocházející z oblastí východní Asie. Dnes se využívá zejména při výrobě buničiny (má vysoký obsah celulózy – až kolem 40 %), jako stavební materiál (dřevovláknité desky, rohože apod.), pro výrobu snadno likvidovatelných obalů a pro spalování. Z odrůd jsou známy: giganteus, goliath, sirene apod. Jejich výhodou je, že jsou sterilní, tyto formy se množí totiž množí jen rhizomy (kořenovými oddenky), díky tomu je malá šance že by se v našich podmínkách vzájemným křížením jednotlivých odrůd vytvořila nová forma, která by lépe snášela naše podmínky a začala se expanzivně rozšiřovat, jako se to stalo u Křídlatky (Moudrý, 1999).

Do Evropy byla ozdobnice poprvé dovezena z její domoviny (kde se v určitém rozsahu používala jako krmná plodina, nebo na výsadby při protierozní ochraně) v roce 1935 do Dánska. Přivezený klon se vyznačoval mimořádnou vzrůstností a byl proto označován

jako *Miscanthus sinensis* „Giganteus“. Z tohoto původního klonu pochází převážná většina současných druhů používaných v Evropě. Všechny druhy ozdobnice pěstované v Evropě se dříve využívaly jako ozdobné rostliny. V minulém století byly zahájeny pokusy s jejím plošným pěstováním pro technické účely. Např. v SRN byla poprvé v roce 1983 založena jednohektarová plocha v blízkosti Magdeburgu. V roce 1983 bylo také zahájeno pěstování ozdobnice v Dánsku, které bylo spojeno s intenzivní výzkumnou činností.

V současné době je v Evropě vysázeno asi 500 ha ozdobnice, z toho asi 80 % této výměry se nalézá v Německu a Nizozemí. V současné době polní pokusy s touto rostlinou probíhají skoro ve všech zemích EU. Do naší republiky byla ozdobnice pro výzkumné účely poprvé přivezena v roce 1990 Ing. V. Petříkovou, DrSc.. S výzkumem a ověřováním ozdobnice v širším měřítku bylo ve VÚRV Praha-Ruzyně započato od roku 1994. V Evropě byla v roce 1996 založena pracovní skupina 21 organizací ze 13 států Evropy, které zahrnují organizace zemědělské, vědecké a průmyslové zabývající se problematikou pěstování a využití ozdobnice. Tato skupina zpracovala publikaci, která podává informace jak o uvedených organizacích tak o samotné ozdobnici.

Botanická charakteristika :

Ozdobnice se botanicky řadí do třídy jednoděložné (Monoxyledonae), čeleď lipnicovité (Poaceae), tribus vousatkovité (Andropogoneae). Ozdobnice je vytrvalá rostlina typu C4. Stébla jsou pevná dřevnatějící a vysoká přes 3 metry. Latu má širokou, okolíkatě patrovitou, větévky odvislé. Klásky na bázi s jemnými chlupy přibližně stejně dlouhými jako osinaté nebo bezosinné chlupy. Květy jsou v uvedených chlupatých, nachově hnědých kláscích, vytvářejících rozvětvené laty. *Miscanthus giganteus* kvete vzácně v povětrnostně příznivých letech pozdě na podzim. Čepele listů jsou až 1 m dlouhé, 1 cm široké. Listy jsou lysé, středně zelené vytrvávající přes zimu, kdy často bronzově zlátnou. Oddenek je krátký, často dřevnatý. Kořenový systém ozdobnice v prvním roce narůstá až do září, kdy dosahuje více než 1,2 km/m³. V druhém roce byly zjištěny hodnoty od 2,4 do 4,5 km/m³. I když kořeny ozdobnice rostou hlouběji než do 1 metru, maximální hustota kořenů byla zjištěna v orniční vrstvě. Na rozdíl od kořenů se oddenky (rhizomy) ozdobnice vyskytují pouze v povrchové vrstvě půdy. Hansen a kol. uvádějí, že se vyskytují pouze v povrchové vrstvě maximálně do hloubky 20 cm (Stražil, 2009).

Požadavky na prostředí :

Ozdobnici se nejlépe daří na lehčích, strukturních půdách, spíše v teplejších oblastech s vyšším množstvím srážek. Doporučují se humózní, písčité půdy s vysokou

hladinou podzemní vody (více než 600 mm) a pokud možno s malým zaplevelením vytrvalými plevely (pýr, šťovíky atd.). Půdy s nižší hladinou podzemní vody vyžadují závlahu. Půdní kyselost je optimální v rozmezí pH 5,5 až 6,5, nad 7,0 byly již pozorovány deprese výnosů. Plodina značně šetří vodou, neboť její koeficient transpirace je kolem 250 litrů na kg sušiny, což ji řadí mezi čiroky (200 l/kg) a kukuřici (300 l/kg). Přesto při dosahování výnosu 40 t sušiny fyto-masy z ha je teoreticky potřeba 1 000 mm srážek.

Agrotechnika ozdobnice :

Sazenice je nejlepší sázet po dobrých předplodinách. Ozdobnici je možno pěstovat po okopaninách (cukrovka, brambory), luskovinách a obilninách. V SNR se doporučuje sázet po triticales, řepce, čiroku nebo kukuřici. Jako vytrvalá rostlina by měla být ozdobnice založena minimálně na 10 – 15 let.

Vhodná agrotechnická opatření jsou : podmítka s rozmělněním posklizňových zbytků, hluboká orba, příprava seťového lůžka, rozmělnění půdy do 0,10 m (pro mechanické vysazování), mechanické hubení plevelů před sázením, chemické hubení plevelů.

Vysazují se sazenice z odkopků, nebo vypěstované in vitro, nejlépe takové, které přečkaly již jednu zimu. Ozdobnice je v prvním roce výsadby náchylná k vymrzání, proto se někdy doporučuje založený nový porost přikrýt na zimu např. slámou ve vrstvě 10 – 15 cm, což odpovídá množství slámy cca. 3t/ha. Podstatně levnější a snáze proveditelný je výsev např. hořčice bílé do meziřádků koncem července nebo začátkem srpna v roce výsadby, který je údajně stejně účinný jako přikrytí slámou.

Sází se v době, kdy je teplota půdy vyšší než 10 °C, tj. od poloviny května do poloviny července a to v množství 10 000 – 20 000 ks /ha. Při výsadbě se doporučuje kořenové baly sazenic navlhčit a vysazený porost, pokud je možnost zavlažovat. Je možno sázet modifikovanými sazeči na cibuli nebo stroji na výsadbu lesních stromků. Pro výsadbu rhizomů je také možné použití mechanizace. Tyto rhizomy se nejlépe vybírají sazečem brambor na jaře, kdy je půda pod vlivem mrazů méně kompaktní a rhizomy se nemusí skladovat. Poté se musí ručně vybrané rhizomy ručně krájet a třídit. Na dobře zásobených půdách se obejde ozdobnice prvním rokem bez hnojení. Na půdách s menší zásobou živin se doporučuje hnojit prvním rokem do poloviny června jednorázově do 50 kg/ha N kvůli vymrzání. V dalších letech se velikost dávky má přizpůsobit zásobám živin v půdě a dosahovaným výnosům. Druhým rokem je třeba při hnojení vycházet ze zásobení půd živinami. V průměru se doporučuje hnojit druhým rokem a další léta 70 kg/ha N, 40 kg/ha P a 50 – 100 kg/ha K. Fosfor a draslík nejlépe na jaře a dusík od jara do poloviny července.

Doporučuje se podle zásobení půd hnojit i mikroelementy Cu, Zn, B, Mn. V Rakousku bylo s úspěchem použito i hnojení kejdou skotu v dávce 30 m³/ha.

Ošetřování porostu během vegetace :

První rok po vysazení, než se prost zapojí, je možno používat mechanickou regulaci plevelů (např. prutové brány) nebo aplikovat herbicidy. Druhým, většinou však třetím rokem není třeba používat prostředky na ochranu rostlin, protože odpadávající listová hmota vytváří vrstvu mulče, která potlačuje růst plevelů. Kromě toho dochází k neustálému rozšiřování oddenků, ze kterých ozdobnice každoročně vyrůstá. Druhým rokem se používá plečkování pouze při pozdním termínu sázení v předešlém roce nebo při silném výskytu plevelů. Sazenice, které se neujaly, je možné druhým rokem nahradit vlastními sazenicemi z odkopků. Pokud je k dispozici závlaha, doporučují se 2 až 3 dávky kolem 15 mm. Porosty ozdobnice nejsou v současné době výrazněji napadány chorobami neb škůdci, proto není třeba chemické ochrany. V Evropě bylo v některých oblastech zjištěno napadení stonků houbou *Rhizoctonia* sp. a dále hniloba kořenů, způsobená houbou *Pythium* sp. Při velké půdní vlhkosti a déle trvajícím zamokření se vyskytuje napadení houbami ze skupiny bazidiomycet. Použité herbicidů je možné na podzim před výsadbou, případně v druhém roce před vyrašením ozdobnice.

Sklizeň :

Sklizeň je možno provádět pojízdnými samochodnými řezačkami, se kterými se sklízí kukuřice, od listopadu do března. Ze sklizené slámy je možno lisovat pelety, balíky nebo ji pro stavební účely sklízet celou. Ozdobnice se v roce výsadby nesklízí, ve druhém roce dává výnos sušiny do 10 t/ha, ve třetím roce a dalších letech 20 – 25 t/ha sušiny fytomasy, při intenzivním pěstování i více než 30 t/ha. Většinou převažuje sklizeň po zimě (únor, březen), neboť odpadnou starosti s případným dosoušením. Při sklizni pom zimě je však třeba počítat se ztrátami sušiny i více než 30 %.

Pro likvidaci porostu je možno použít několik metod. Jednou alternativou je chemická likvidace nově rašících výhonků, která se používá na jaře. Po této metodě se však mohou vyskytnout potíže při zakládání nové plodiny. Další možností je např. vyoraní rhizomů (např. rotačním kultivátorem) na povrch půdy na podzim, rhizomy jsou následně zlikvidovány vymrznutím přes zimu (Moudrý, 1999).

3.1.2. Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea*)

Botanická charakteristika :

Chrastice rákosovitá se řadí mezi naše nejvyšší původní trávy, výška stébel často přesahuje 2 m. Botanicky je řazena do čeledi lipnicovitých. Vytváří dlouhé podzemní oddenky. Sterilní oddenky jsou výhradně stébelné, hustě olistěné širokými listy, oproti rákosu jsou tyto listy výrazně měkčí. Od rákosu se dále liší výrazným, dlouhým, později roztřepeným jazýčkem. Mohutná přímá plodná stébla jsou zakončena 8 – 20 cm dlouhou jednostrannou latou, které je před rozkvětem velmi podobné květenství srhy říznačky. Velmi lesklé obilky bývají 3 – 4 mm dlouhé a na 1 kg osiva jich připadá asi 1 300 000. Jedná se o autochtonní druh, který je přirozeně rozšířen na území našeho státu, všude tam kde je dostatek půdní vláhy. Chrastice rákosovitá je rozšířena téměř po celé Evropě, Asii (kromě jižní části) a Severní Americe.

Biologie a ekologie Chrastice :

V prvním roce po založení porostu se nadzemní hmota chrastice vyvíjí poměrně pomaleji než je tomu u volně trsnatých trav, avšak v této době intenzivně zakořeňuje. Plný produkční potenciál dosahuje již v druhém a ve třetím roce a vysokou výnosovou schopnost si uchovává dlouhá léta. V oddencích má dostatek rezervních látek, takže může zjara i po sečích brzy obrůstat. Kvést začíná až v druhé polovině června a v následujících sečích setrvává ve sterilním stavu. Pokud má příznivé podmínky, je schopna silně potlačit většinu konkurenčních druhů na daném stanovišti, takže v porostu převládne.

Má poměrně vysoké požadavky na živiny a především na vláhu, a proto je u nás zastoupena pouze v přibližně 9 % přirozených travních porostů. Nejvíce je rozšířena v okolí vodních toků, kde má zajištěno stálé, vydatné zásobení vodou a také přívod živin. Ve společenstvech nízkých ostřic se neuplatňuje z důvodu nedostatku živin. Po zakořenění ji však nepoškodí ani delší přísušek. Dokáže bez problémů snášet i déletrvající záplavy a mírné zastínění, takže druhem často se vyskytujícím v olšínách a v potočních olšových jasenínách. Co se týče klimatických podmínek, tak je rostlinou relativně nenáročnou a v nižších polohách se vyskytuje častěji jen proto, že jsou zde bohatší půdy. Její požadavky nejlépe splňují půdy těžší než lehké nebo než rašeliny. Vyhovuje jí pH 4,0 – 7,5 (Regal, 1970).

Agrotechnika :

Pro zakládání porostu chrastice je důležitý nezaplevelený pozemek. Mezi vhodné předplodiny je možné zařadit luskobilní směsky a obilniny, které následují buď po píceňině, nebo po ozimé řepce. Ve švédsku uvádějí průměrné dávky živin při pěstování chrastice sklízené na jaře 80 kg/ha N, 30 kg/ha K a 10 kg/ha P. Dále bylo ve Švédsku s úspěchem

také použito přihnojování čistírenským kalem. Ve Finsku bylo v polních pokusech dosaženo nejlepších výsledků při dávce 40 – 70 kg/ha první rok a později 70 – 100 kg/ha.

Při volbě vhodné agrotechniky velice záleží na tom, za jakým účelem chceme chrastici pěstovat. Je možno ji pěstovat buď, na semeno, píci nebo k průmyslovému využití. Při pěstování chrastice na píci (hmotu) provádíme setí do užších řádků, na vzdálenost 12,5 – 50 cm podle využití. Výsevek v čisté kultuře činí 20 – 25 kg/ha semene. Aby byla zajištěna dobrá kvalita píce, je třeba porosty chrastice sklízet ještě před metáním, kdy je seno nejstravitelnější a má nejvyšší obsah bílkovin. Zejména stravitelnost píce, sklizené po vymetání se s časem rapidně snižuje. Obecně je uváděno, že chrastice rákosovitá má nižší průměrný obsah živin a horší stravitelnost než ostatní pícní trávy. Pokud nedojde ke sklizni včas, je možno uměle zvýšit stravitelnost píce pomocí silážování. Obvyklé jsou dvě až tři seče za rok.

Porosty chrastice pro energetické využití se zakládají obdobně jako na píci. Dobře založené porosty vydrží po dobu několika let. Doporučený termín sklizně je hned po zimě, brzy na jaře, kdy má porost nejnižší obsah vody (12 – 20 %) a tudíž i nejvyšší obsah sušiny. Jako druhý důvod výhody sklizně po zimě se uvádí, že množství živin, obsažených v rostlinách je na jaře poloviční v porovnání s rostlinami sklizenými např. v srpnu, což je velmi vhodné při následném průmyslovém zpracování. Důvodem takto sníženého obsahu živin na jaře je především translokace živin do kořenové části a jejich vyluhování během zimy. Na podzim mají některé stébla u některých populací tendenci tvořit zelené větve z paždí na listových pochvách. Za účelem získání co nejvyšší produkce je porosty možné každoročně přihnojovat, a to nejlépe na začátku jara, ještě před začátkem vegetační sezóny. U porostů chrastice nejsou obvykle velké problémy s chorobami nebo škůdci. Za určitých podmínek se však mohou vyskytovat určité druhy listových chorob (Stagonospora, Helminthosporium). V případě potřeby je možná aplikace herbicidů, které se používají do jarních obilnin a to nejlépe ve fázi 2 – 5 listů chrastice.

Sklizeň :

Chrastici určenou k průmyslovému využití na buničinu začínáme sklízet nejdříve druhým rokem od založení porostu. Nejvhodnější termín sklizně je na jaře, kdy se poseká na řádek a potom se pomocí lisů lisuje do balíků. Dá se sklízet různými typy sběracích lisů. V zahraničí se používá nejčastěji sběr lisy na obří balíky. Vzhledem k pevnosti strniště a rychlému doschnutí není ve většině případů nutné sklizenou fytomasu obracet ani shrnovat. Další možnou metodou chrastice v suchém stavu je sklizení sklízecí řezačkou, v budoucnosti i sklízecím žacím lisem. Sklízecí mechanismy je někdy pro sklizeň chrastice možné upravit tak, že se sníží otáčky bubny a zvětší se průchodnost sklízecího ústrojí. Tato opatření jsou

vhodná zejména díky výraznému snížení odrolu suchých listů a tím i snížení sklizňových ztrát. Při energetickém využití je další možností též lisování briket nebo pelet. Co se výnosů týče, potom například ve Švédsku se uvádějí průměrně za 5 let pěstování, při dávce 100 kg/ha N, na konci vegetační sezóny 9 t/ha a 7,5 t/ha na jaře. Je uváděno, že v zimním období dochází ke ztrátám sušiny kolem 25 %. Průměrné výnosy sušiny v okolních státech se pohybují okolo 4,5 – 9 t/ha. V našich podmínkách, v polních pokusech VÚRV Praha Ruzyně bylo dosaženo v závislosti na agrotechnických opatřeních a půdně klimatických podmínkách u tříletých porostů výnosů sušiny nadzemní fytomasy v poměrně širokém rozmezí rozmezí 5,3 – 12,6 t/ha (Moudrý, 1999).

3.1.3. Rákos obecný

Botanická charakteristika :

Rákos obecný je statný, vytrvalý, výběžkatý, šedozelený, hlouběji kořenící luční a polní travní plevelný druh z čeledi lipnicovitých, lidově též nazývaný palach nebo palašina. Řadí se mezi naše nejstatnější trávy, vytváří velmi dlouhé podzemní i nadzemní, duté, článkované v mládí žlutavě bílé oddenky, jež pronikají až 2 m do půdy. Rostliny vytvářejí plodná, přímá, někdy až poléhavá, tuhá, pevná a silná, hladká stébla, až přes 400 cm vysoká a také jalové stébelné výhony. Dvouřadé stébelné listy mají dlouhé, až 3 cm široké ploché čepele, znenáhla zašpičatělé, na rubu přitiskle chlupaté a drsné. Hladké listové pochvy se mohou otáčet i s čepelemi kolem stébla. Listy poléhavých stébel mají krátké pochvy a svinuté listové čepele. Jazyček je nahrazen věnečkem hustých chloupků, jež přecházejí na okraji v delší odstávající chlupy. Plodná stébla jsou zakončena bohatou, hustou a dlouhou hnědofialovou latou, pouze za květu rozestálou a po odkvětu slabě jednostranně převislou. Tenké větévky klásků mají na spodině chomáček stříbřitě bílých chloupků. Nafialovělé, kopinaté až sedmikvěté klásky mají dolní kvítek jednopohlavný, samčí a ostatní oboupohlavné. Vřetenem klásku je porostlé jemnými chloupky, jež se po odkvětu značně prodlužují a způsobují zdaleka zřetelnou huňatost laty. Nestejné kopinaté plevy jsou až 7 mm dlouhé, horní pleva je trojžilná. Kopinaté pluchy jsou bezosinné a lysé. Uřaté plušky jsou kratší než pluchy. Rostliny kvetou v červnu až v září, nahé obilky jsou vejčitě kopinaté, šedožlutavé, matné a chlupkaté. Na spodině mají věneček stříbřitě lesklých, až 8 mm dlouhých chloupků. Obilky jsou snadno roznášeny větrem a vodou a po uzrání dobře klíčí. Na obdělávaných a lučních půdách se rákos rozmnožuje převážně článkovanými oddenky. Je možné ho zaměnit s menším vytrvalým druhem, chasticí rákosovitou, jež má na rozdíl od

rákosu pochvy a čepele listů drsné a vinutý, blanitý na okraji dřípený jazýček. Také nemá vyvinutá ouška.

(Hron, Zejbrlík, 1979)

Ekologie :

Rákosiny vznikají zpravidla v místech, kde je přebytek vody, ale i dostatek živin, jako jsou zejména břehy vodních toků a vodních ploch. Rákos obecný se vyskytuje i na zamokřených ostřicových loukách s menším množstvím živin má již ale sníženou vitalitu, která se projevuje zejména podstatnou převahou sterilních výhonků a nižším vzrůstem. Po odvodnění louky z prostu neustupuje, protože jeho jednotlivé kořeny pronikají do hloubky 2 m. Proto jej můžeme nalézt i v mezofytních porostech, avšak opět se sníženou životností. V horských polohách se vyskytuje jen zcela výjimečně, protože půdy zde mají nedostatečný sorpční komplex a tudíž nedostatek přijatelných živin. Nejčastěji se vyskytuje na těžších půdách a na rašelinách, na nich ale pouze pokud nejsou příliš kyselé. V lesních porostech se vyskytuje pouze v olšínách, mimo ně jej nenajdeme.

Využití :

Přestože se rákos svou produkční schopností řadí na jedno z prvních míst mezi všemi našimi travinami, jde z pícninářského hlediska a o plevelný druh. Důvodem je především jeho špatná využitelnost jako pícniny (špatná stravitelnost pro hospodářská zvířata). A to zejména proto, že jeho pokožka je mimořádně silně inkrustována oxidem křemičitým a jeho stébla jsou tuhá a dřevnatá. Z tohoto důvodu mohou zvířata přijímat jeho mladé listy jen velmi brzy na jaře. Souvislé rákosové porosty lze využít v zimě, kdy opadávají listy, pro získávání technického nebo stavebního materiálu. Využívají se též jako surovina pro výrobu celulózy. Roční výnosy rákosových porostů se pohybují v průměru okolo 10 – 15 t/ha (Regal, Šindelářová, 1970).

Psineček veliký (psineček bílý)

Botanická charakteristika :

Psineček veliký je vytrvalá, středně vysoká kulturní tráva dobře snášející silné mrazy. Roste především na chudých půdách, kde se náročnější trávy nemohou uplatnit. Je vhodný zejména do pastevních směsí. Trs je polovzpřímený, středně vysoký cca 60 - 100 cm, hustší, tmavozelený. Květenstvím je lata s velkým množstvím velmi drobných semen, HTS se

pohybuje okolo 0,16 g. Rostlina tvoří krátké výběžky. Je vhodnou travinou pro pastevní porosty, protože dobře snáší sešlapávání, ale jeho nevýhodou je, že má mělký kořenový systém, díky čemuž obtížněji snáší sucho. Velmi dobře snáší zastínění a zamokření, proto se uplatňuje zejména v lučních a pastevních směsích jako doplňková tráva. Psineček veliký neboli rožnovský vznikl výběrem z krajových odrůd a ekotypů. Udržovací šlechtění provádí šlechtitelská stanice Slavice (Velich, 1994).

Jedním z charakteristických znaků při poznávání psinečku bílého ve sterilním stavu je list, který se pozvolna se sbíhá v dlouhou, ostrou špičku. Listová čepel je na líci výrazně, stejnoměrně rýhovaná, mírně drsná, kýl bývá na spodní straně málo vyniklý. Mladé listy jsou v pochvě vždy stočeny. Jazyček je 3 – 6 mm dlouhý, pravidelně rozdřípený a těsně objímá stéblo. Od psinečku obecného je nejnanejděší ho odlišit podle dlouhého jazyčku, psineček obecný má naproti tomu, zvláště u nižších listů jazyček velmi krátký. Ouška nejsou u tohoto psinečku vyvinuta (Regal, 1953).

U nás se běžně vykytuje ve dvou poddruzích :

Psineček výběžkatý plazivý – jde o nízkou travu s poléhavými stébly a nadzemními výběžky. Z pícninářského hlediska není významný.

Psineček výběžkatý obrovský – jde o středně vysokou, výběžkatou vytrvalou travinu. Je travinou ozimého charakteru, kvete od začátku, přibližně do poloviny července. Metá pouze při první seči (Římovský, 1989).

Ekologie:

Psineček veliký se u nás běžně vyskytuje na poměrně široké škále stanovišť. Co se týče půdních podmínek, tak se většinou vyskytuje na stanovištích s dostatkem vláhy, především na středně těžkých až těžkých půdách. Je poměrně hojný i na rašelinných půdách. Často se vyskytuje i na půdách lehkých a vysychavých, zde má však díky nepříznivým podmínkám zakrslý vzrůst a jeho listy v důsledku nedostatku vláhy od špiček zasychají. Z hospodářského hlediska je proto na těchto půdách, pro svou nízkou produkci nevhodný. Stejně tak není vhodný na zamokřených půdách, bez dostatku půdního vzduchu. V rámci přirozených travních společenstev ho nalezneme nejčastěji na chudých půdách, kde se ostatní, náročnější trávy nemohou tak dobře uplatnit. Poměrně velmi dobře snáší mírné zastínění, o čemž svědčí jeho častý výskyt na holinách a kolem cest v lesních celcích. Na teplotu je psineček travou velmi nenáročnou, velmi dobře snáší zimní mrazy, jarní mrazíky i

dlouho přetrvávající sněhovou pokrývkou, díky tomu se řadí mezi nemnoho kulturních trav, u nás přirozeně rostoucích až v nejvyšších horských polohách. Jako původní druh je rozšířen v Evropě, Asii, Africe a Severní Americe. Naproti tomu v Austrálii a na dálném východě je zřejmě travou nepůvodní (Regal, 1953).

Agrotechnika :

Jako velmi vhodný způsob zakládání porostu se jeví setba pod krycí plodinu. Psineček vyniká poměrně vysokou schopností potlačení plevelných druhů již v prvním roce po založení porostu. Velkou pozornost je třeba věnovat přípravě pozemku před setím a samotné technice setí, malé obilky psinečku totiž špatně a nerovnoměrně vzcházejí, pokud zapadnou příliš hluboko do výsevních řádků. Po dobrém zapojení porostu vytváří velmi hustý a pevný dm.

Využití :

Z hlediska pícninářské hodnoty, bývá psinečku vytýkáno, že je příliš drsný a má drátovitá stébla, toto se však týká pouze málo prošlechtěných forem, rostoucích na nepříznivých stanovištích. O středně dobré pícninářské hodnotě svědčí jak poměr listů ke stéblům, který v druhé seči činí až 80% z celkového výnosu, tak poměrně malé množství výstužných pletiv. Jeho chemický rozbor také ukazuje na průměrně vhodnou kvalitu píce, blížící se až k hodnotám bojínku lučního. Výnosy této trávy se velmi významně liší podle vhodnosti stanoviště, na kterém je pěstována. V pokusných monokulturách psinečku byly zjištěny výnosy v rozmezí 2 – 7 t/ha (Římovský, 1989).

4. Možnosti využití travin v energetice

Travní fytomasu lze z energetického hlediska využívat pro přímé spalování, kogeneraci (výrobu tepla a elektřiny), nebo výrobu bioplynu anaerobní digescí. K energetickému využití je vhodná zejména odpadní fytomasa z úhorů, luk a pastvin, nebo fytomasa ze záměrně pěstovaných travních směsí, či monokultur. Pro přímé spalování se jeví nejvhodnějším zakládání travních monokultur, výnosový potenciál takto pěstovaných vhodných travin, by měl být 8 – 9 x vyšší než u spontánních úhorů (Frydrieh a kol., 2001).

Travní porosty, určené ke spalování, se sklízí zpravidla jednou ročně. Nejvhodnější termíny sklizně jsou v době největšího nárůstu biomasy porostu, pozdě na podzim nebo brzy

na jaře. Nejvýraznější nárůst biomasy lze u naprosté většiny plodin možné pozorovat v době kvetení nebo těsně po odkvětu. Takto sklizená biomasa má však pro spalování velmi vysoký obsah vody (60% - 80%) v sušině, proto je nutné ji následně dosušet, a to jak pro výrobu briket či pelet k pozdějšímu spálení, tak i k přímému spalování. Sklizenou biomasu je možné za příznivého počasí dosušet přímo na poli, v případě nepřízně počasí pak musí být dosušena v sušárnách. V těchto případech je však nutné počítat, zvláště při dosušení horkým vzduchem s výrazně zvýšenými náklady.

U podzimního termínu sklizně dochází k mírnému poklesu vlhkosti (30 – 70%), a nedochází ještě k žádnému výraznému snížení výnosu. Ale například chrastice rákosovitá má při podzimním termínu sklizně stále obsah vody před 50%, což je příliš mnoho pro okamžité spalování i pro lisování briket. Jsem dvě možnosti, jak snížit vlhkost sklizené biomasy, a to buď porost na podzim uměle dedikovat nebo ho dosušit až po sklizni. Porost je možné sklízet i přes zimu, kdy dojde k dalšímu snížení obsahu vody, ale pouze pokud jsou pro to v daném roce vhodné klimatické podmínky.

Při jarním termínu sklizně je vlhkost vlivem zimních mrazů opět snížena, až na 20%. Sklízet je možné až do doby, kdy začne porost znovu obrážet. Většina druhů travin vhodných k energetickému využití přes zimu nepoléhá, díky čemuž je možná bezproblémová jarní sklizeň, u některých travin se ale díky doschnutí a vlivem mrazů přes zimu zvyšuje křehkost, proto u nich může dojít k větším sklizňovým ztrátám. V zimě běžně dochází ke ztrátám biomasy porostu okolo 20%, díky nízkému obsahu vody je však takto sklizený materiál vhodný rovnou pro přímé spalování nebo lisování pelet či briket, díky tomu že není nutné biomasu dosušet se proto jarní termín sklizně jeví ekonomicky nejpříznivěji (Stražil, 2011).

Úprava biomasy

Mechanickými procesy se biomasa upravuje do předfinální nebo finální podoby. Úpravy usnadňují především přepravu biomasy i její následné využití na získání energie. Je ovšem nutno podotknout, že přeprava biomasy na delší vzdálenosti není příliš ekonomicky efektivní. Mezi mechanické úpravy patří řezání pro zpracování dřeva na řezivo a palivo, drcení, které slouží především jako předstupeň výroby briket a pelet. Štěpkování a lisování briket resp. pelet, kdy jsou následně tyto produkty využívány především pro výrobu tepla a elektřiny. Poslední možností mechanické úpravy je lisování oleje, který je následně esterifikován na metylester.

Briketování

Briketováním se rozumí mechanická úprava materiálu, vysokotlakým lisem. Dochází k při něm ke zhutňování zpravidla hořlavého materiálu, při těchto procesech dochází

k redukci objemu materiálu až 12:1, přičemž nejlepší lisy na šnekovém principu můžou vyprodukovat i brikety se redukcí materiálu až v poměru 100:1. jako materiál k lisování jsou nejčastěji používány piliny, hobliny, opraná kůra nebo nadrcená sláma či seno. Limitujícím faktorem pro tento druh zpracování materiálu je vlhkost, která by neměla přesáhnout úroveň patnácti procent, a dále také zrnitost, která by zpravidla neměla přesáhnout 15 mm v jednom směru. Lisování probíhá buď za přítomnosti povoleného pojiva, jako jsou například škrob nebo melasa, nebo se za výrazně zvýšené teploty a tlaku pojí vlastní pryskyřicí, popřípadě ligninem. Výsledným produktem briketování jsou brikety o hustotě dosahující na hodnoty 1 až 1,4 kg/dm³ a vysoké výhřevnosti, dosahující až 19 MJ/kg, při současném relativně nízkém obsahu popelovin v sušině. Brikety bývají kompaktní, někdy je však přidáván doprostřed otvor, za účelem lepšího vyhořívání. Briketami lze topit ve zcela běžných kotlích na tuhá paliva.

V praxi je používáno několik druhů lisů pro výrobu pelet a jejich kombinací. Mechanické pístové lisy dosahují nejvyšších tlaků, fungují na princip lisu s mohutnými setrvačníky. Výsledkem lisovacího procesu je „nekonečně“ dlouhá briketa, která je potom dělicím zařízením, zkracována na žádané segmenty. Hydraulické pístové lisy jsou zpravidla výrazně levnější než mechanické, dosahují ale nižších výkonů, proto se hodí spíše na lisování slámy a sena a jsou vhodné zejména pro výrobu briket, určených k okamžité spotřebě na místě, při převozu by se totiž mohly méně soudržné brikety rozpadnout. Třetím běžným typem lisů jsou lisy šnekové, které se dělí na jednu a dvouvrátenové. Výhodou těchto lisů je zejména stálost produkovaných pelet, které jsou lisované vysokým tlakem. Jsou vhodné spíše pro lisování pilin, na zpracování stébelnin se příliš nehodí. Jejich zřejmě největší nevýhodou je rychlé opotřebení pracovního šneku, v případě přítomnosti písku nebo jiných hrubých nečistot v lisovaném materiálu (Pastorek a kol., 2004).

Peletování

Princip je podobný jako u briketování – dochází k mechanické úpravě materiálu zhutňováním, za použití vysokého tlaku. Peletovaný materiál je vhodné před zpracováním nějak homogenizovat, například rozdrobit. Principem lisování je protlačování suroviny matricí, opatřenou soustavou otvorů, pomocí tlačných kladek otáčejících se v těsné blízkosti nad otvory matrice. Vznikající teplo uvolňuje a změkčuje v surovině obsažený lignin, který zaručuje pevnost pelet. Lignin na povrchu tvoří ochranou krustu bránící vniknutí vlhkosti. Pelety jsou výlisky ve tvaru válečků, o průměru nejčastěji 6 – 25 mm. Výhřevnost a objemová hmotnost je srovnatelná s briketami. Protlačovací granulační lisy jsou odvozené od granulačních lisů na výrobu tvarovaných krmiv na bázi pícnin. Příkon granulačních lisů se pohybuje cca od 40 do 100 i více kW. Rozlišují se dva základní typy: Lis s talířovou vertikální

matricí, ten je tvořen systémem otáčivých kladek, které se odvalují po kruhové matici a protlačují surovinu dolů otvory v matici. Výkon těchto lisů dosahuje hodnot 0,5 až 1,5 t/h. A lis s prstencovou horizontální deskovou maticí, který funguje na principu perforovaného disku, v jehož vnitřní části jsou umístěny 2 nebo více kladek, které protlačují materiál skrze otvory. Výkon těchto lisů se pohybuje v rozmezí 3-5 t/h. Životnost lisu je odhadována na cca 1 000-1 500 hod (odpovídá přibližně 10 000 vyrobených tun). Pelety lze dělit na dřevní, které se dále dělí na bílé (vyráběné z čisté dřevní hmoty) a tmavé (vyrobené ze dřeva a kůry) a na pelety alternativní, dále rozdělené na agropelety (vyrábějí se ze zemědělsky pěstovaných komodit) a ostatní (vyrábějí se z jinak špatně zpracovatelného materiálu s přidávkou zemědělských komodit) (Lobušník, 2003).

4.1. Spalování biomasy

Spalování je chemický proces rychlé oxidace, při kterém dochází k přeměně energie uložené v chemických vazbách na tepelnou energii a světlo. Jako o spalování se mluví v přeneseném významu i o celé řadě dalších procesů například pojmy jaderné spalování a jaderné palivo se s oblibou používá k označení štěpných procesů v jaderných elektrárnách, dále se jako spálení označuje také poškození organismu nebo organické hmoty nízkou nebo vysokou teplotou, jako o spalování se také mluví o biochemickém procesu přeměny živin v pohybovou a tepelnou energii ve svalu. Z hlediska energetiky se jedná o vůbec nejjednodušší termickou přeměnu paliv (fosilních nebo z obnovitelných zdrojů), za přístupu kyslíku na tepelnou energii. Technologie spalování je dnes již téměř dokonale zpracovaná, a tudíž představuje pro investory pouze minimální riziko. Tepelnou energii, získanou spálením materiálu používáme většinou pro ohřev vody, výrobu elektrické energie, nebo jiné technologické procesy.

Přímé spalování biomasy ve většině případů nevyžaduje žádnou předběžnou speciální úpravu paliva, pokud však vyžaduje tak je to většinou dosoušení materiálu na požadovanou vlhkost. Vzhledem k charakteru biomasy a jejímu proměnnému složení je nutno věnovat značnou pozornost optimálním podmínkám při spalování a při čištění výstupních spalin, kde je nutno především kontrolovat emise oxidu uhelnatého a tuhých látek.

Hoření částice pevného paliva se liší od hoření plyných nebo kapalných paliv. Tyto odlišnosti jsou především dány tím, že u pevných paliv musí nejdříve proběhnout ohřev částice, poté odpaření vlhkosti a odplynění, a na závěr musí proběhnout heterogenní reakce

mezi kyslíkem a pevným povrchem uhlíku. Proces hoření částice pevného paliva se skládá z těchto dějů:

- ohřev částice
- odpaření vlhkosti
- uvolnění prchavé hořlaviny
- hoření prchavé hořlaviny
- hoření uhlíku

Příčemž hlavní úlohu při hoření pevného paliva (a tím i při hoření biomasy) má hoření uhlíku. Je to způsobeno tím, že uhlík je primární součástí pevného paliva a v prvkovém složení zaujímá majoritní podíl. Čím je vyšší tento podíl, tím je i vyšší výhřevnost paliva. Proto z tuhých paliv mají největší výhřevnost antracity, kde tento podíl může přesáhnout 90% hmoty. U dřeva se podíl uhlíku v palivu pohybuje kolem 50 %. Hoření uhlíku je velmi důležité pro celkový proces spalování. Hoření uhlíku totiž zaujímá až 90 % celkové doby, která je zapotřebí pro hoření částice. Pro dokonalé vyhoření uhlíku je velmi důležité vhodné nastavení přívodu vzduchu a vhodná konstrukce topeniště kotle. Hoření uhlíku je heterogenní chemická reakce mezi pevným povrchem uhlíku a kyslíkem. Rozhodujícím jsou však i fyzikální děje související s transportem kyslíku k povrchu uhlíku (turbulentní a molekulární difuze).

Spalování v dnešní době probíhá převážně v těchto dvou koncepcích :

- Spalování na roštu
- Spalování na fluidní vrstvě

(Ochrana, 2004)

Spalování na roštu :

Pokud je tento způsob spalování řádně navržen a zařízen, tak zajišťuje homogenní distribuci paliva a lože ze žhavých uhlíků, po celém povrchu roštu, což je velice důležité, zejména z hlediska zásobování procesu hoření vzduchem. Pokud je přísun vzduchu nerovnoměrný, tak může docházet ke zvýšené tvorbě strusky, vyššímu podílu úletového popela a zejména zvýšenou potřebu vzduchu, nutného ke spálení materiálu, což nutně vyúsťuje ve ztráty tepelné energie. Tato technologie se používá zejména při spalování biomasy s vyšším obsahem vody, vysokým obsahem popela a různou velikostí částic. Není však vhodné používat směsi ze dřeva a slámy, obilovin nebo trávy, z důvodu jejich odlišného chování při procesu spalování, kvůli rozdílné vlhkosti a bodu tání popelovin. Rošt má při

spalování několik zásadních funkcí - vytváří a zároveň udržuje vrstvu paliva požadované tloušťky a prodyšnosti při současné snaze o co nejmenší propad a úlet paliva. Dále zajišťuje přívod spalovacího vzduchu do jednotlivých míst plochy roštu, tak aby spalování probíhalo s co možná neoptimálnějším součinitelem přebytku vzduchu, umožňuje postupné vysoušení, zahřátí na zápalnou teplotu, hoření a dokonalé vyhoření, pokud možno všech zrn paliva. Také shromažďuje, popř. zajišťuje odvod tuhých zbytků po spalování a reguluje tepelný výkon kotle podle požadovaných parametrů. Hoření na roštu probíhá ve dvou fázích. První fáze je spalování ve vrstvě přímo na roštu, kde dochází k hoření tuhých paliv, hlavně uhlíku. Druhá fáze je pak hoření v prostoru nad vrstvou paliva, kde dochází k hoření plynů, ve spodní části hlavně těkavých uhlovodíků, vznikajících při spalování, v horní pak převážně oxidu uhelnatého. Tohoto poznatku je využito v takzvaných zplyňovacích kotlech, kde je právě díky tomuto způsobu dvoustupňového spalování biomasy dosahováno vyššího výkonu a hlavně daleko nižší zátěži pro životní prostředí, díky markantně nižšímu obsahu škodlivých látek, než při klasickém jednostupňovém spalování (Tlustoš a kol., 2011).

Prachové spalování :

V tomto druhu spalovacího systému jsou paliva jako piliny nebo jemné hobliny pneumaticky vstříkovány, společně se vzduchem, do pece a vzniká vírové proudění. Maximální velikost spalovaných částic musí být udržována mezi 10 – 20 mm a vlhkost by neměla překročit 20 %, tudíž tato technologie nalézá uplatnění zejména při zpracování jemného dřevního odpadu ze zpracování např. dřevotřískových desek. V praxi se však uplatňuje výhradně při spalování uhlí, které lze na rozdíl od biomasy velmi dobře drtit na požadovanou velikost (Mlaťák a kol., 2010).

Spalování na fluidním loži :

V současné době je spalování na fluidním loži zřejmě nejrozšířenějším způsobem spalování biomasy. Fluidní lože je suspenze horkého, inertního, granulovaného materiálu, převážně křemičitého písku a dolomitu, zaujímajícího 90 – 98% z celkové směsi paliva a materiálu lože. Spalovací vzduch vstupuje do spalovacího zařízení zespodu a uvádí do pohybu horký materiál s biomasou. Intenzivní přenos tepla a promísení poskytuje dobré podmínky pro kompletní spálení při nízkém přebytku vzduchu. Spalovací teplota se udržuje mezi 650 – 900 °C, aby nedocházelo ke spékání popela. Pomocí této technologie je možné spalovat různé směsi biomasy, umožněno je to zejména dostatečným promísením materiálu. Limitujícím faktorem této technologie je velikost spalovaných částic a přítomnost nečistot v palivu. Nevhodná pro tento typ spalování se jeví zejména biomasa s alkalickým pH, jako například sláma nebo byliny. Tento problém se však dá odstranit vhodnou úpravou spalovacího zařízení, potom je možné spalovat i seno nebo slámu. Technická úprava

spočívá především ve snížení teploty na roštu. Snížením teploty je minimalizováno riziko tavení a spékání popelovin. Další možnost, jak teoreticky omezit spékání popela je přidání aditiv do paliv, toto řešení se však zatím v praxi nepoužívá.

Fluidní spalování využívá efektů fluidizace známých např. z pseudopravních zařízení. Na prodyšné (pórovité) přepážce je umístěn sypký materiál (palivo). Skrz prodyšnou přepážku protéká médium (vzduch, spaliny, plyn) který má významně nižší hustotu než je hustota materiálu. Při zahájení průtoku fluidizačního média je nejdříve materiál v klidu a médium prochází nad materiál prostřednictvím vytvořených pórů mezi jednotlivými částicemi. Zvyšováním průtoku (rychlosti) vzrůstá odpor (tl. ztráta), ale materiál je stále nehybný až do dosažení určité meze (vyrovnání odporové síly s gravitací). Mez se nazývá práh fluidizace a odpovídající rychlost prahová rychlost fluidizace w_f . Poté se začnou částice vznášet v tekutině, promíchávat a směs materiálu a fluidizačního média má vlastnosti obdobné kapalinám (zřetelná vodorovná hladina, vypouštění, hydrostatický tlak atd.). Objem fluidní vrstvy při prahu fluidizace je větší než vrstvy nehybné – došlo k expandování. S dalším zvyšováním rychlosti (průtoku) roste výška vrstvy a zvyšuje se její pórovitost a zmenšuje se její objemová koncentrace až do tzv. prahové rychlosti úletu w_u . Při prahové rychlosti úletu začne fluidizační médium unášet částice z vrstvy a začíná transport materiálu (paliva). Fluidní vrstvy tedy leží v intervalu w_f a w_u , oblast odpovídá stacionárním a cirkulujícím fluidním kotlům. Oblast úletu části tzv. dopravě ve vznosu odpovídá práškovým kotlům a oblast nehybné vrstvy odpovídá roštovým kotlům. Fluidní spalování vykazuje nejvyšší efektivity přeměny energie a nejnižší produkce emisí ze spalování tuhých paliv. Jejich použití má široký rozsah - jakostní paliva, méně jakostní paliva, odpady. V častých případech je využití jedné technologie z hlediska paliv širokopásmové (Buryan, 2014).

Fluidní spalování výhodně využívá vysoké hodnoty přenosu tepla a hmoty. Zajišťuje se v tzv. atmosférických fluidních kotlích (stacionárním a cirkofluidní) a tlakových fluidních kotlích (průmyslové využití je v rozvoji). V průběhu fluidizace dochází k intenzivnímu provzdušnění a promíchávání spalované směsi. S výhodou se využívá suché metody odsíření přímo ve fluidní vrstvě kdy jsou za určitých teplotních a aerodynamických režimů vhodné podmínky pro silnou reakci odsíření CaO a SO₂). Původní fluidní kotle byly řešeny pouze pro intenzifikaci spalovacího procesu a docházelo k deformaci popelovin. Současné fluidní kotle jsou ve většině případech konstruovány pro neškvárující popeloviny (tzn. vysoké vychlazení fluidní vrstvy). U fluidního spalování je využíván samovolný efekt vytřídění zrn, v průběhu spalování se mění rozměr zrna až do doby jeho úletu. Spaliny vzniklé při fluidním

spalování obsahují významně menší procento zastoupení síry a oxidů dusíku ve srovnání s klasickým spalováním (Honskus, 2015).

4.2. Anaerobní digesce

Anaerobní fermentace je biologický proces rozkladu organické hmoty, probíhající za nepřístupu vzduchu. Tento proces probíhá v přírodě zcela přirozeně, v místech kde je dostatek rozložitelné organické hmoty a není umožněn volný přístup vzduchu, zejména pak v bažinách či na dnech vodních ploch a toků. Při tomto procesu směsná kultura mikroorganismů postupně v několika stupních rozkládá organickou hmotu. Produkt jedné skupiny mikroorganismů se stává substrátem pro další skupinu. Různé druhy mikroorganismů, podílející se na procesu spolu spolupracují a vytvářejí společné kulovité struktury – globuly. V těchto strukturách jsou mikroorganismy seřazeny do vrstev, podle toho jak jsou odolné vůči kyslíku a také podle toho, co je jejich potravním substrátem a co jejich produktem, úplně uprostřed se například nacházejí methanogenní bakterie, které vyrábějí methan z kyseliny octové, oxidu uhličitého a vodíku, což jsou produkty autogenních a acidogenních bakterií, které se nacházejí ve vyšších vrstvách globule. Díky tomuto uspořádání a spolupráci bakterií je možné aby methanogenní bakterie přežily i disturbance, které by pro ně jinak byly fatální.

Proces anaerobní fermentace můžeme rozdělit do těchto 4 hlavních fází:

- 1) Hydrolýza: působením extracelulárních enzymů dochází mimo buňky ke hydrolytickému štěpení makromolekulárních látek na jednodušší sloučeniny, především mastné kyseliny a alkoholy, při tomto procesu se uvolňuje rovněž vodík (H_2) a oxid uhličitý (CO_2).
- 2) Acidogeneze: působením extracelulárních enzymů dochází mimo buňky ke hydrolytickému štěpení makromolekulárních látek na jednodušší sloučeniny, především mastné kyseliny a alkoholy, při tomto procesu se uvolňuje rovněž vodík (H_2) a oxid uhličitý (CO_2).
- 3) Acetogeneze: dochází k dalšímu rozkladu kyselin a alkoholů za produkce kyseliny octové.
- 4) Methanogeneze: závěrečný krok anaerobního rozkladu, kdy z kyseliny octové, H_2 a CO_2 vzniká methan - CH_4 , tento krok provádějí methanogenní bakterie, což jsou striktně anaerobní organismy, podobné nejstarším organismům na Zemi. Tyto bakterie jsou citlivé především na náhlé změny teplot, pH, oxidačního potenciálu a další inhibiční vlivy.

Různé druhy mikroorganismů mají různě dlouhou generační dobu . Nejdelší generační dobu mají metanogenní archea. Ve srovnání s nimi je generační doba hydrolytických a acidogenních mikroorganismů velmi výrazně kratší, proto je také riziko odvodu těchto mikroorganismů s již zfermentovaným materiálem minimální. Aby nedocházelo k odvodu zejména metanogenních archea z fermentoru, bývá zpravidla hydraulická doba zdržení materiálu ve fermentoru navrhovaná v rozmezí 10 – 15 dnů.

Z hlediska reakčních teplot můžeme rozdělit anaerobní procesy podle optimální teploty, a to na psychofilní (5-30°C), mezofilní (30-40°C), termofilní (45-60°C) a extrémně termofilní (nad 60°C). Hlavními výhodami procesů prováděných za vyšších teplot jsou zejména daleko vyšší rychlost reakce a také vyšší účinnost hygienizace materiálu, jejich největší nevýhodou je pak potřeba vyhřívání reaktoru, za účelem dosažení požadované teploty reakce, což se velmi negativně promítá do celkové energetické bilance. Nejběžnější aplikací jsou proto zatím procesy mezofilní při teplotě cca 38°C (Kára a kol., 2007).

Fermentace je obvykle prováděna ve velkých vzduchotěsných, vyhříváných a míchaných nádržích – fermentorech. Procesy výroby bioplynu v těchto nádržích rozdělujeme na kontinuální nebo semikontinuální. Pracovní sušina suspenze se dle materiálu a použitého míchacího systému pohybuje mezi 4 – 12%. Ve fermentorech dochází k rozkladu cca 50 – 70% organické sušiny materiálu. Velikost nádrží je dána množstvím a kvalitou materiálu, množstvím aktivní biomasy v reaktoru, obsahem sušiny fermentovaného materiálu a požadovanou dobou zdržení. Tyto parametry významně ovlivňují produkci bioplynu i konečnou kvalitu výstupního materiálu.

Hlavním produktem anaerobní fermentace organické hmoty je bioplyn. Bioplyn je bezbarvý plyn skládající se převážně z methanu (cca 60%) a oxidu uhličitého (cca 40%), s vysokým obsahem vody. Bioplyn může ovšem obsahovat ještě malá množství N_2 , H_2S , NH_3 , H_2O , ethanu a mnoha dalších nižších uhlovodíků. Zvýšený obsah těchto plynů, zejména pak H_2S může být v mnoha případech problémem, sirovodík je totiž velmi prudce jedovatý plyn a v případě úniku bioplynu by mohlo snadno dojít ke katastrofě. Ke zvýšenému obsahu tohoto plynu dochází zejména při rozkladu živočišných zbytků, vysoký obsah sirovodíku byl zjištěn i v bioplynu, vyrobeného z prasečí kejdy. V takovýchto případech se používá odsíření připouštěním daného množství vzduchu do fermentoru, čímž se sice proces anaerobní fermentace na čas zpomalí, dojde však k oxidaci H_2S na síru, čímž se sníží toxicita výsledného plynu a zároveň se zvýší účinnost zbytkového digestátu jako sirného hnojiva. Následující tabulka představuje přehled o složení a vlastnostech vybraných druhů bioplynů. Hodnoty je potřeba brát jako informativní, skutečné vlastnosti BP vždy závisí na mnoha faktorech, zejména na fermentovaném materiálu.

Tabulka – srovnání základních vlastností různých bioplynů

Parametr	Skládkový plyn	Bioplyn (ČOV)	Bioplyn
			(prasečí kejda)
¹⁾ Výhřevnost (MJ/m ³)	16,9	21,1	24
H ₂ (%)	1	1	-
CO (%)	1	-	-
O ₂ (%)	3	-	-
N ₂ (%)	-	-	-
Cl, F (mg/m ³)	-	-	-
NH ₃ (mg/m ³)	-	-	40
CO ₂ (%)	46	38	31
CH ₄ (%)	49	61	69
H ₂ S (mg/m ³)	350	1 000	²⁾ 2 300
¹⁾ vztaženo na 15°C, 101 325 Pa.		²⁾ na vstupu do odsiřovacího zařízení.	

Vedlejším produktem anaerobní digesce je stabilizovaný anaerobní materiál (fermentační zbytek, digestát, fermentát), který je v současné době asi nejvíce využíván jako hnojivo.

V současnosti zřejmě nepoužívanější technologií pro výrobu BP, s bohatými referenčními odkazy je tzv. "mokrý fermentace", která zpracovává substráty s výsledným obsahem sušiny menším než 12%. Mokrý anaerobní fermentace probíhá v uzavřených velkoobjemových nádobách, nazývaných fermentory či reaktory. Tyto nádoby jsou běžně vyhřívány na navrženou provozní teplotu (35°C až 55°C) a míchány (Štraka, Dohányos, 2003).

Rychlost procesu anaerobní fermentace má několik významných limitujících faktorů, patří mezi ně zejména pak : potenciál produkce bioplynu vstupního materiálu, velikost částic vstupního materiálu, konstrukce fermentoru, použité inokulum, původ vstupních materiálů, pH, teplota, látkové zatížení fermentoru, hydraulická doba zdržení materiálu ve fermentoru, poměr C:N, sušina vstupního materiálu, koncentrace nižších mastných kyselin, způsob míchání fermentoru, obsah inhibitorů anaerobního procesu ve vstupním materiálu a obsah stopových prvků. Výsledná produkce bioplynu závisí zejména na biologické rozložitelnosti a

složení vstupního substrátu, zejména na obsahu tuků, proteinů, polysacharidů, monosacharidů a na poměru jednotlivých komponent. Vzhledem k tomu, že poměr těchto komponent je v různých druzích vstupních materiálů různý, je odlišná i jejich rozložitelnost a produkce bioplynu (Schulz, Eder, 2004)

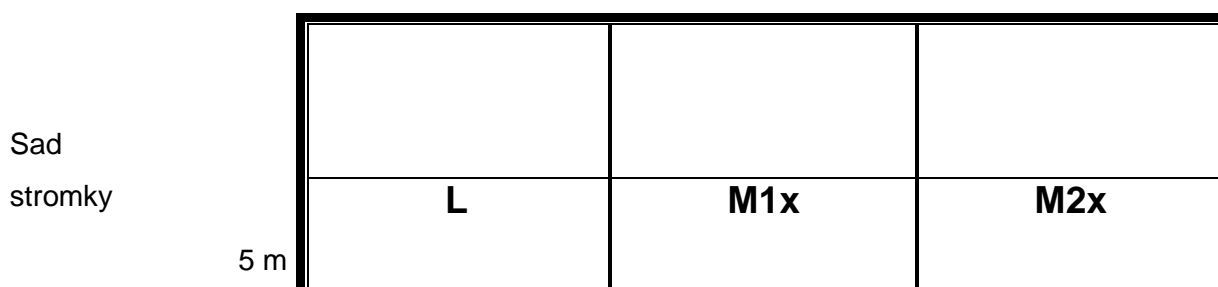
3. Materiál a metody

3.1. Charakteristika stanoviště

Jako podklad praktické části méj diplomové práce byly v roce 2015 vybrány pokusné dočasné a trvalé travní porosty na školním pozemku Zemědělské fakulty Jihočeské University v Českých Budějovicích. Školní pozemek se nachází v nadmořské výšce přibližně 380 metrů nad mořem, na rovinném terénu.

Plocha s trvalými travními porosty je pokus, založený 20.9.2010, rozdělený na několik částí (parcelek), podle způsobu využití a podle použitých agrotechnických opatření. Každá část, rozdělená podle způsobu využití se skládá ze tří parcel, z nichž každá má rozměr 6,66 m², dohromady tedy tyto parcely zaujímají plochu 20 m². Celý pokus je rozdělen na 7 částí : varianta ponechaná ladem, mulčovaná jednou ročně, mulčovaná dvakrát ročně, kosená dvakrát za vegetaci s hnojením, kosená 2x za vegetaci bez hnojení, kosená 3x za vegetaci bez hnojení a kosená jednou za vegetaci bez hnojení. U hnojené varianty byla dávka hnojiva 100 kg N (75kg na jaře + 25 kg po 1. seči) + 30 kg P + 50 kg K ročně, dále docházelo k vápnění a to dávkou 2,8 t CaCO₃ MgCO₃ .ha⁻¹. Na 1 parcelku tedy vychází spotřeba 8 kg mletého CaCO₃, 200 g draselné soli (ročně), 300 g superfosfátu a 509 g N (ledku) na jaře a 218 g N (ledku) po 1. seči. Z tohoto pokusu byly logicky pro účely energetického využití sledovány pouze varianty kosené, nikoliv varianta mulčovaná a ponechaná ladem, protože u nich nedochází k využití biomasy.

Obrázek č. – Plánek trvalých travních porostů na pozemku ZF JCU



K2x/NPK	K2x/0	K3x	K1x

K – kosení, 1x – 3x – frekvence sklizní

M – mulčování,

L – nesklíženo (ladem)

Plocha s dočasnými travními porosty se nachází nalevo od vstupu na školní pozemek. Zde je celková plocha porostů rozdělena do tří pruhů, podle způsobu využití sklizeného materiálu. Tyto pruhy jsou poté rozděleny do dalších tří pruhů, a to podle způsobu hnojení. Kolmo k těmto pruhům, dochází pak k dalšímu rozdělení, tentokrát na 8 parcelék v každém pruhu, podle druhu zaseté traviny. Výsledný způsob využití, podle něhož je plocha rozdělena na tři větší pruhy, ovlivňuje zejména sklizeň. Prostřední pruh je určen pro využití v bioplynové stanici, proto je sklízen dvakrát ročně, kdy je první termín sklizně na přelomu května až června, zatímco druhý na přelomu července a srpna, díky těmto termínům sklizně má sklizená biomasa nejvyšší obsah vody a snadno rozložitelných látek při anaerobní digesci, díky tomu je vhodná pro zpracování v bioplynové stanici. Dva krajní pruhy jsou určeny pro využití sklizené biomasy spalováním, proto se sklízí jen jednou ročně a termín sklizně je stanoven na březen až duben, ještě před rašením nových stébel na jaře. Díky tomuto termínu sklizně sice přes zimu ubude část biomasy získatelné z porostu, ale naproti se výrazně sníží obsah vody, díky čemuž je sklizenou biomasu možno spalovat i bez předchozího dosoušení. Vyseté druhy travin na této ploše jsou Chrastice rákosovitá (*Phalaris*

arundinacea) a Ječmenice vyvýšená (*Agropyron elongatum*). Podélné pruhy jsou dělené, každý na tři menší, podle způsobu využití, první je vždy hnojený digestátem, druhý je využíván intenzivně a třetí intenzivně.

Obrázek č. – Plánek dočasných travních porostů na školním pozemku

SPALOVÁNÍ (seč III. – IV.)			BIOPLYN (seče V. – VI. a VII. – VIII.)			SPALOVÁNÍ (seč III. – IV.)		
I8	H8	G8	F8	E8	D8	C8	B8	A8
PODZIM LESKNICE DIGESTÁT	PODZIM LESKNICE INTENZIVNÍ	PODZIM LESKNICE EXTENZIVNÍ	PODZIM LESKNICE DIGESTÁT	PODZIM LESKNICE INTENZIVNÍ	PODZIM LESKNICE EXTENZIVNÍ	JARO LESKNICE DIGESTÁT	JARO LESKNICE INTENZIVNÍ	JARO LESKNICE EXTENZIVNÍ
SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	BIOPLYN	BIOPLYN	BIOPLYN	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ
I7	H7	G7	F7	E7	D7	C7	B7	A7
PODZIM SZARVASI DIGESTÁT	PODZIM SZARVASI INTENZIVNÍ	PODZIM SZARVASI EXTENZIVNÍ	PODZIM SZARVASI DIGESTÁT	PODZIM SZARVASI INTENZIVNÍ	PODZIM SZARVASI EXTENZIVNÍ	JARO SZARVASI DIGESTÁT	JARO SZARVASI INTENZIVNÍ	JARO SZARVASI EXTENZIVNÍ
SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	BIOPLYN	BIOPLYN	BIOPLYN	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ
I6	H6	G6	F6	E6	D6	C6	B6	A6
PODZIM LESKNICE DIGESTÁT	PODZIM LESKNICE INTENZIVNÍ	PODZIM LESKNICE EXTENZIVNÍ	PODZIM LESKNICE DIGESTÁT	PODZIM LESKNICE INTENZIVNÍ	PODZIM LESKNICE EXTENZIVNÍ	JARO LESKNICE DIGESTÁT	JARO LESKNICE INTENZIVNÍ	JARO LESKNICE EXTENZIVNÍ
SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	BIOPLYN	BIOPLYN	BIOPLYN	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ
I5	H5	G5	F5	E5	D5	C5	B5	A5
PODZIM SZARVASI DIGESTÁT	PODZIM SZARVASI INTENZIVNÍ	PODZIM SZARVASI EXTENZIVNÍ	PODZIM SZARVASI DIGESTÁT	PODZIM SZARVASI INTENZIVNÍ	PODZIM SZARVASI EXTENZIVNÍ	JARO SZARVASI DIGESTÁT	JARO SZARVASI INTENZIVNÍ	JARO SZARVASI EXTENZIVNÍ
SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	BIOPLYN	BIOPLYN	BIOPLYN	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ
I4	H4	G4	F4	E4	D4	C4	B4	A4
PODZIM LESKNICE DIGESTÁT	PODZIM LESKNICE INTENZIVNÍ	PODZIM LESKNICE EXTENZIVNÍ	PODZIM LESKNICE DIGESTÁT	PODZIM LESKNICE INTENZIVNÍ	PODZIM LESKNICE EXTENZIVNÍ	JARO LESKNICE DIGESTÁT	JARO LESKNICE INTENZIVNÍ	JARO LESKNICE EXTENZIVNÍ
SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	BIOPLYN	BIOPLYN	BIOPLYN	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ	SPALOVÁNÍ

I3	H3	G3	F3	E3	D3	C3	B3
PODZIM SZARVASI DIGESTÁT SPALOVÁNÍ	PODZIM SZARVASI INTENZIVNÍ SPALOVÁNÍ	PODZIM SZARVASI EXTENZIVNÍ SPALOVÁNÍ	PODZIM SZARVASI DIGESTÁT BIOPLYN	PODZIM SZARVASI INTENZIVNÍ BIOPLYN	PODZIM SZARVASI EXTENZIVNÍ BIOPLYN	JARO SZARVASI DIGESTÁT	JARO SZARVASI INTENZIVNÍ
I2	H2	G2	F2	E2	D2	C2	B2
PODZIM LESKNICE DIGESTÁT SPALOVÁNÍ	PODZIM LESKNICE INTENZIVNÍ SPALOVÁNÍ	PODZIM LESKNICE EXTENZIVNÍ SPALOVÁNÍ	PODZIM LESKNICE DIGESTÁT BIOPLYN	PODZIM LESKNICE INTENZIVNÍ BIOPLYN	PODZIM LESKNICE EXTENZIVNÍ BIOPLYN	JARO LESKNICE DIGESTÁT	JARO LESKNICE INTENZIVNÍ
I1	H1	G1	F1	E1	D1	C1	B1
PODZIM SZARVASI DIGESTÁT SPALOVÁNÍ	PODZIM SZARVASI INTENZIVNÍ SPALOVÁNÍ	PODZIM SZARVASI EXTENZIVNÍ SPALOVÁNÍ	PODZIM SZARVASI DIGESTÁT BIOPLYN	PODZIM SZARVASI INTENZIVNÍ BIOPLYN	PODZIM SZARVASI EXTENZIVNÍ BIOPLYN	JARO SZARVASI DIGESTÁT	JARO SZARVASI INTENZIVNÍ
I	H	G	F	E	D	C	B

U těchto porostů byly sledovány ekologické podmínky travních porostů, termíny a intenzita využívání, botanická skladba, druhová diverzita a produkce biomasy.

3.2. Klimatické charakteristiky

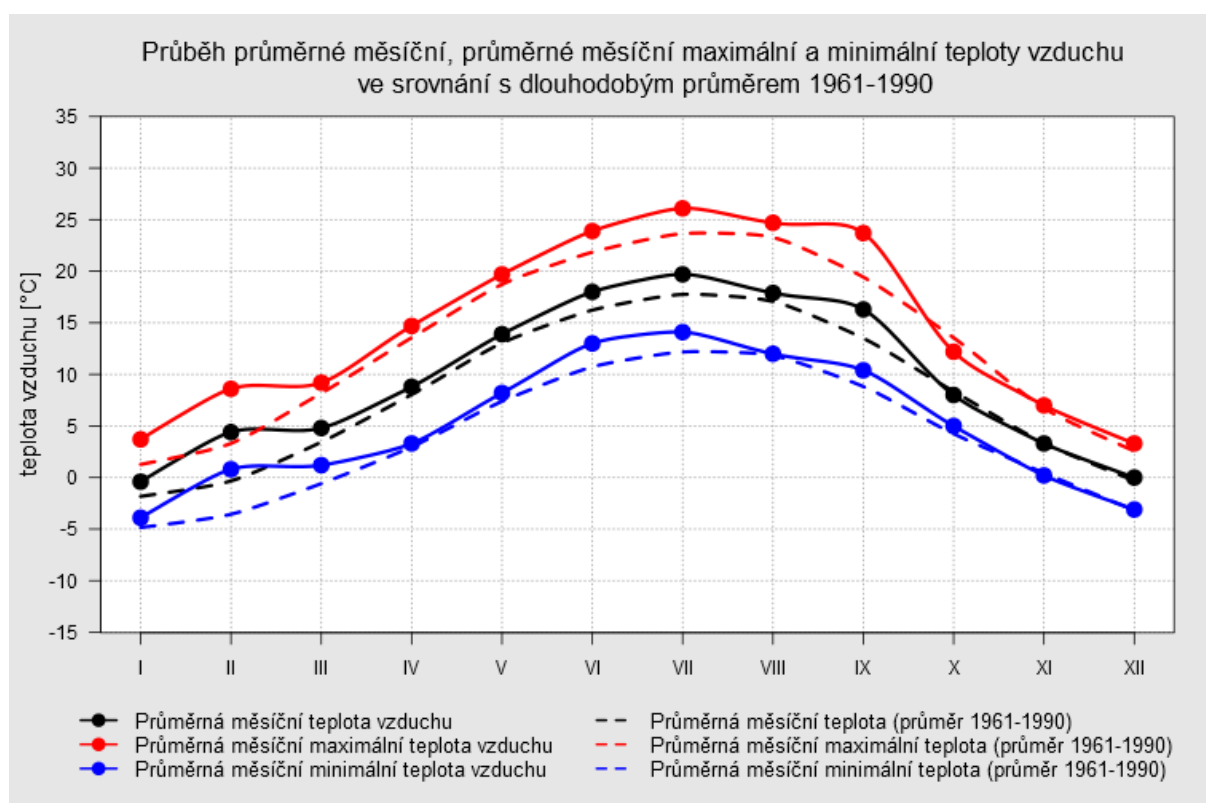
Českobudějovické podnebí je mírně teplé, vlhké a s mírnou zimou. Projevuje se efekt blízkých pohoří Šumava, Novohradské hory a slabě i vliv Alp, což způsobuje fénové efekty při jižních a jihovýchodních větrech (srážkový stín a zvýšení teploty), na druhé straně k opačnému efektu dochází při severních a severozápadních větrech. Nejčastěji zde vanou západní a severozápadní větry, významný je i podíl větrů východních a jihovýchodních.

Poloha na dně mělké široké pánve omezuje proudění vzduchu, což je patrné za zimních inverzí. Rybníky v okolí způsobují časté a husté mlhy zejména v severozápadní části města.

Hustá zástavba a široké betonové či vydlážděné plochy způsobují obecně nižší rychlost větru a vyšší teploty v centru města (oproti městským okrajům).

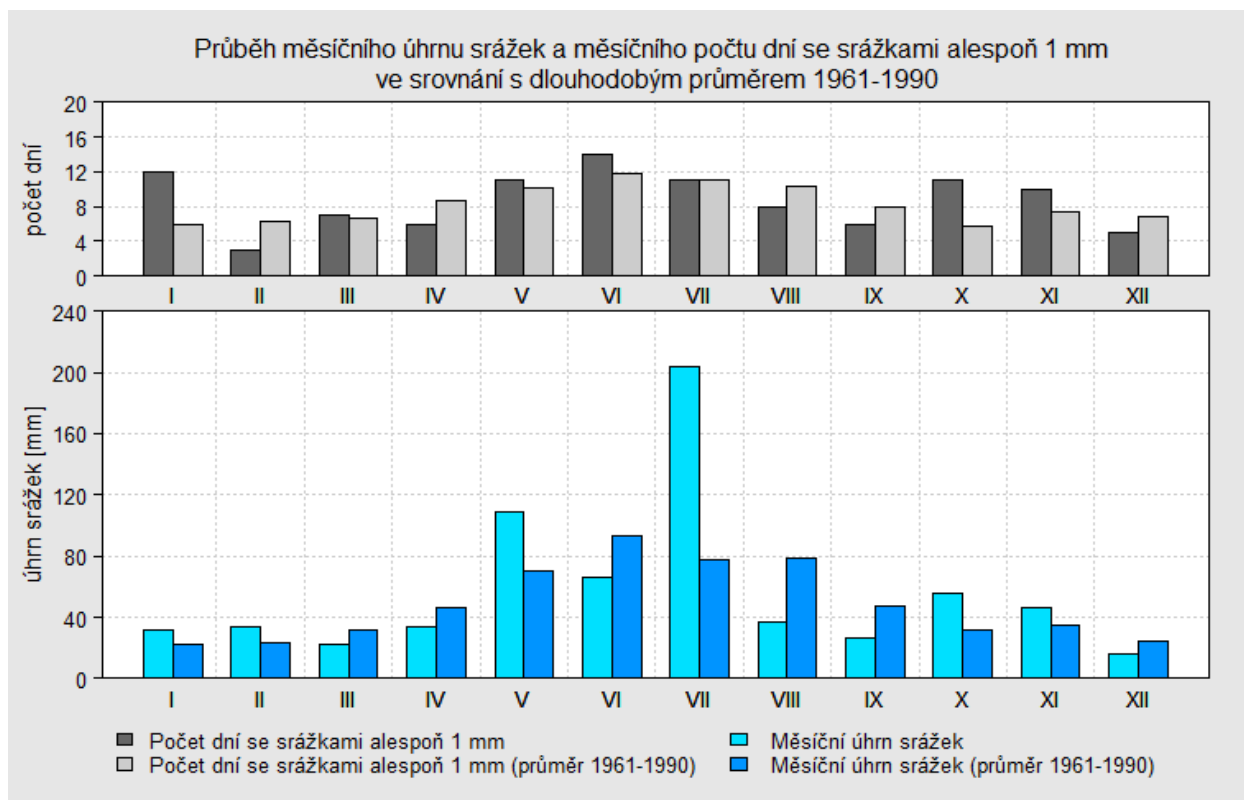
Dlouhodobý roční průměr teplot (pro období 1886–2004) činí 8,1 °C, nejnižší naměřená teplota vzduchu -42,2 °C (11. únor 1929 v Litvínovicích, asi 1 km od Budějovic), nejvyšší 37,8 °C (27. červenec 1983). Mrzne v průměru 111 dnů v roce, celodenní mrazy trvají v průměru 31 dní v roce. V průměru je 6 tropických dnů ročně. Dlouhodobý průměrný úhrn srážek na rok činí 623 mm, většina z nich spadne v létě. Rekordní denní úhrn srážek pochází z 25. srpna 1925 (127,7 mm), měsíční z povodňového srpna 2002 (403,5 mm).

Graf 2: Průběh měsíčního úhrnu srážek a počtu dní se srážkami alespoň 1 mm ve srovnání s dlouhodobým průměrem 1961 - 1990 ve stanici České Budějovice za rok 2015



Na grafu můžeme vidět, že v porovnání s dlouhodobým průměrem v letech 1961 – 1990, docházelo k daleko vyšším výkyvům teplot v průběhu roku, a to zejména v únoru a září. Celková teplota byla taktéž oproti zmiňovanému průměru vyšší. Dále je vidět výrazný výkyv oproti normálu v průběhu měsíce února, kdy byly teploty v průměru až o deset stupňů vyšší než jejich průměrná hodnota mezi roky 1961 – 1990.

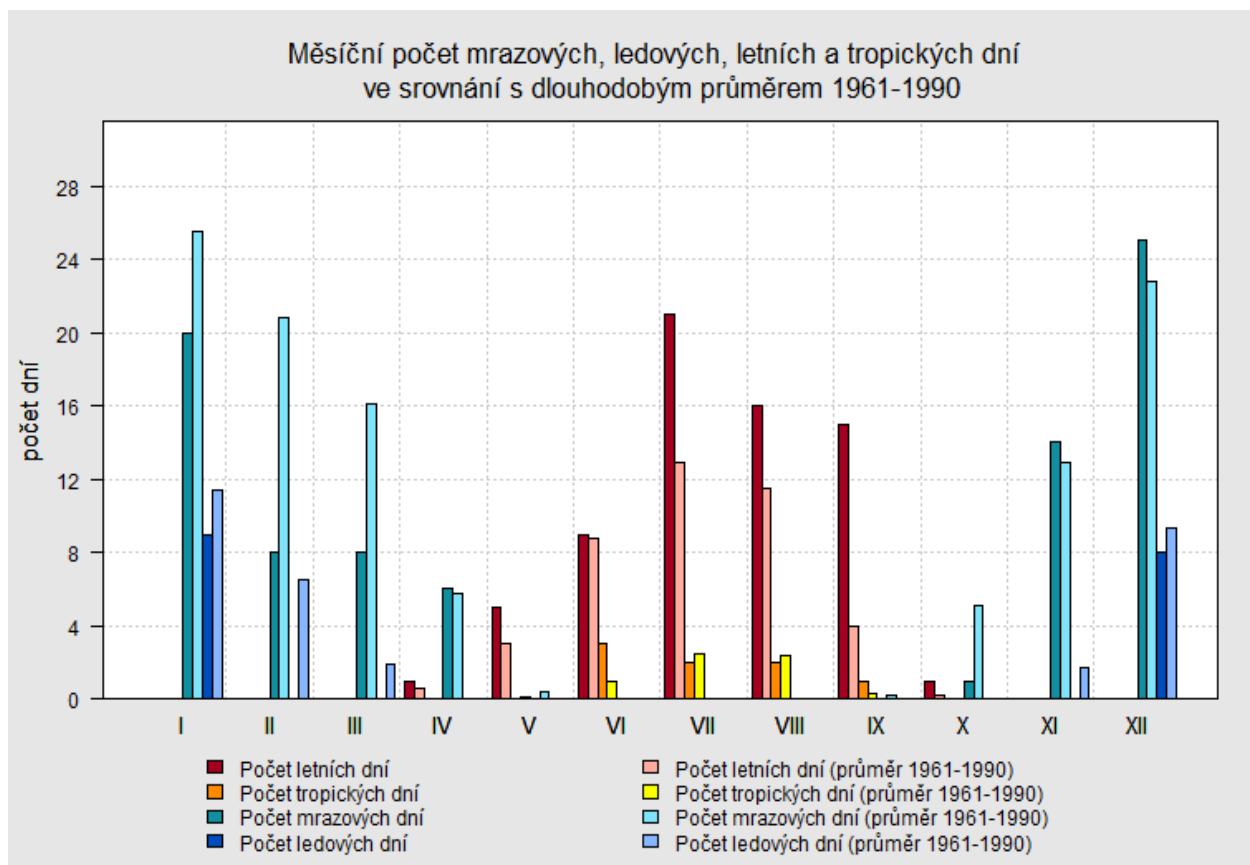
Graf : Průběh měsíčního úhrnu srážek a počtu dní se srážkami alespoň 1 mm ve srovnání s dlouhodobým průměrem 1961 - 1990 ve stanici České Budějovice za rok 2015



Jak můžeme vidět na grafu, srážky v roce 2015 byly rozděleny velice nerovnoměrně, zatímco v červenci spadlo přes 200 mm srážek, což je více jak dvojnásobek dlouhodobého průměru, tak hned v následujícím srpnu spadlo srážek necelých 40 mm, což je méně jak polovina průměru mezi roky 1961 – 1990.

Na datech z obou grafů, můžeme vidět, že v roce 2015 docházelo k vysokým výkyvům, jak srážek tak teplot. Výrazně chladnějším a zejména vlhčím měsícem byl červenec, zatímco v srpnu byly úhrny srážek silně podprůměrné, při atypicky vysokých teplotách. Zima byla, co se množství srážek týče průměrná, co se týče teplot, tak došlo k jejich výraznému, nadprůměrnému nárůstu v únoru.

Graf : Měsíční počet mrazových, ledových, letních a tropických dní ve srovnání s dlouhodobým průměrem 1961 - 1990 ve stanici České Budějovice za rok 2015



Jak vidíme na grafu, v roce 2015 docházelo k extrémním výkyvům teplot zejména v letních a podzimních měsících, kdy teploty výrazně překračovaly průměrné hodnoty. Zimní měsíce dosahovaly vcelku průměrných hodnot, až na únor, kdy došlo oproti normálu k výraznému oteplení a počet mrazových dnů se snížil z 21 na 8 a počet ledových dnů se snížil ze 7 na 0.

Zdroj: <http://portal.chmi.cz/historicka-data/pocasi/mesicni-data#>

3.3. Popis charakteristik a jejich stanovení

K hodnocení, zkoumaných porostů byly použity :

Hillův index druhové diverzity: $N2 = (\sum xi)^2 / \sum (xi^2)$

Hillův index zohledňuje i plošný podíl prázdných míst v porostu a lépe tak reaguje i na hustotu a zapojení porostu.

Vodní režim stanoviště (SIHH) : $SIHH = \sum (H_i \cdot D_i) / \sum D_i$

Vodní režim stanoviště vychází z botanických snímků. Zohledňuje nároky jednotlivých druhů na vodní poměry stanoviště, díky čemuž lze z druhové skladby, nacházející se na určitém stanovišti určit jeho hydrologické poměry.

Výživný režim stanoviště (SIHN) : $SIHN = \sum (N_i \cdot D_i) / \sum D_i$

Opět vychází z botanických snímků, tentokrát však zohledňuje nároky rostlin na výživný režim stanoviště. Následně opět z druhové skladby určuje, o jaké stanoviště se jedná.

Snímkování bylo prováděno vždy před sečí, u porostů sklízených jednou jedenkrát ročně, u vícekrát sklízených porostů dvakrát ročně, vždy před první a druhou sečí. Snímkování bylo prováděno vždy na celé ploše parcelky, ve 3 opakováních u každé z variant. Vypočtené hodnoty jednotlivých charakteristik jsou uvedeny v podobě grafů a tabulek v kapitole výsledky a diskuze.

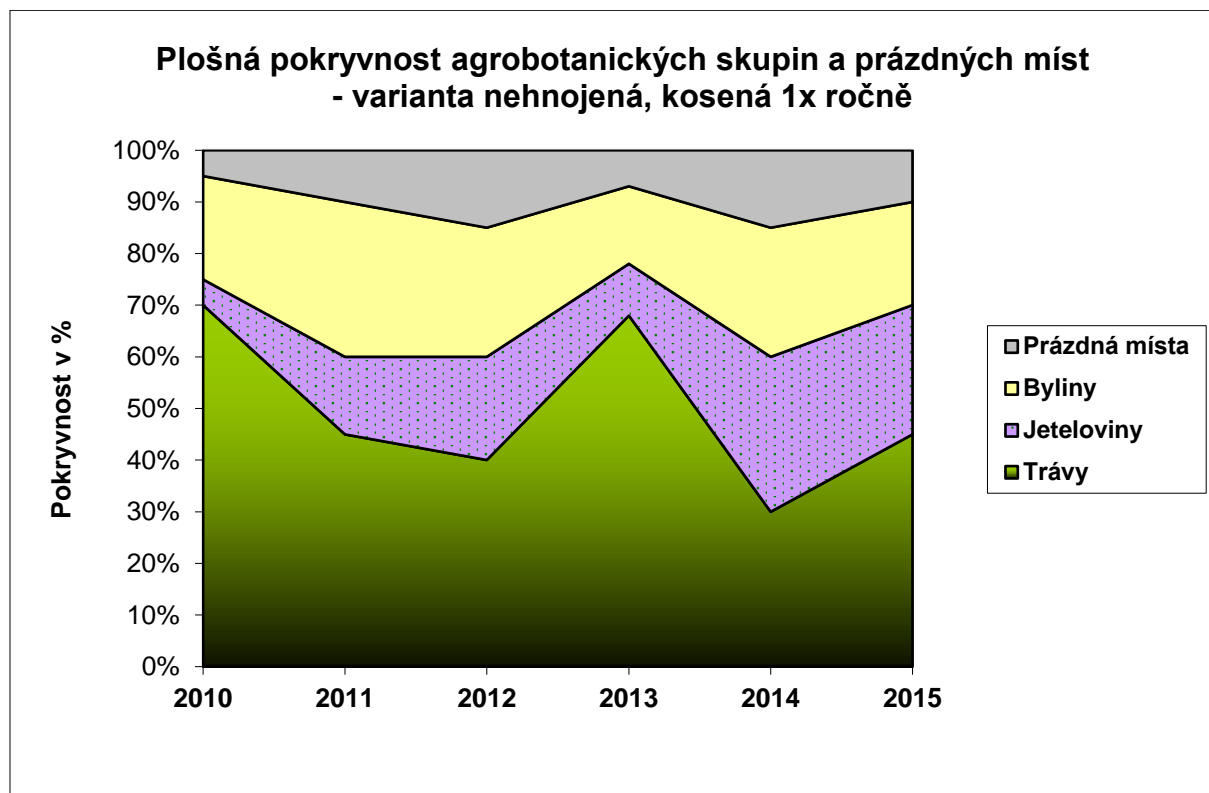
Produkce fytomasy jednotlivých porostů byla stanovena vždy po sklizni, kdy došlo ke zvážení sklizeného materiálu a přepočtu množství na 1 ha. Po usušení byl stanoven obsah vody, a vypočtený výnos sušiny a sena na 1 ha. Takto bylo postupováno u každé jednotlivé varianty zvlášť.

Data z fytocenologických analýz a výnosové údaje byly statisticky vyhodnoceny v programu STATISTICA, kde byly vypočteny základní popisné statistiky a dále analýza variancí (ANOVA) s následným vyhodnocením homogenních skupin na hladině P0,05 Fischerovým LSD testem a grafickým vyhodnocením průměrných hodnot.

4. Výsledky a diskuze

Zde jsou graficky znázorněny plošné pokryvnosti agrobotanických skupin a prázdných míst.

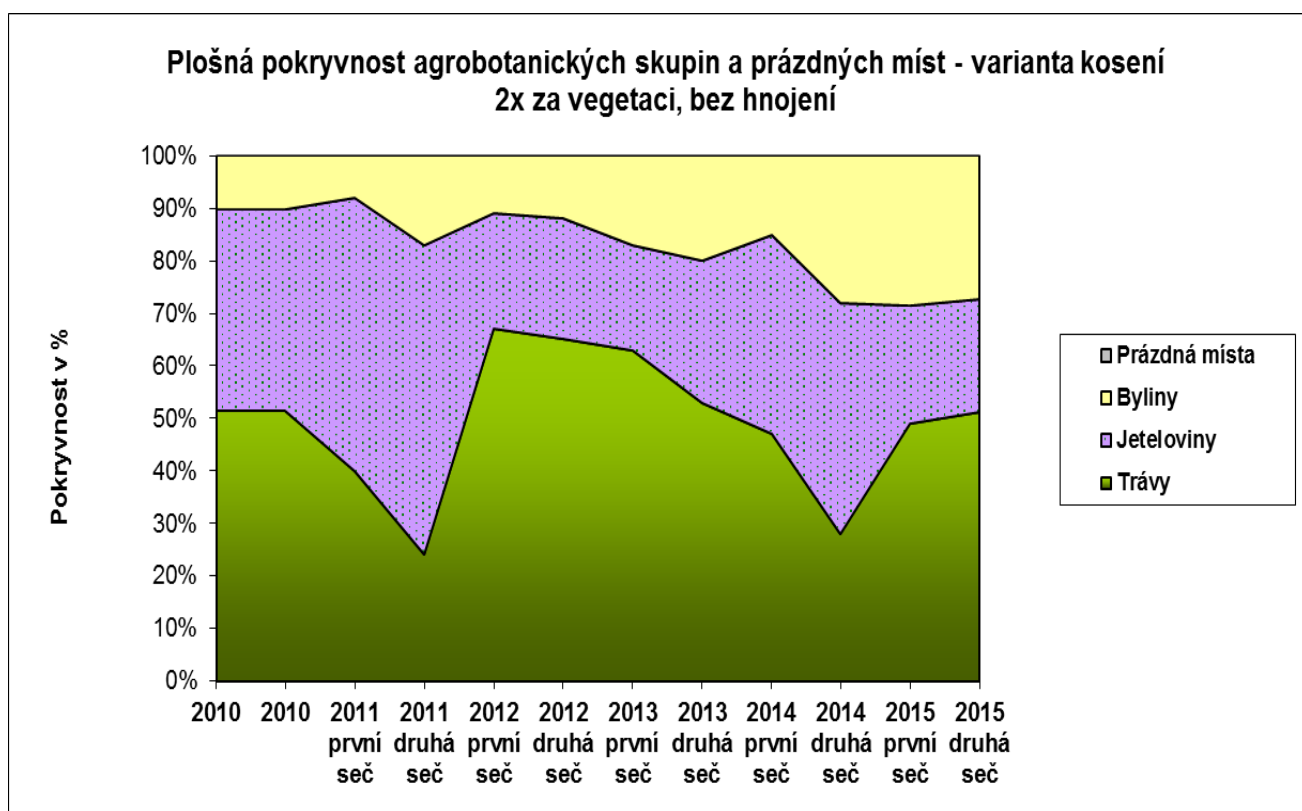
Graf : Plošná pokryvnost agrobotanických skupin a prázdných míst - varianta nehnojená, kosená 1 x ročně



Agrobotanická skupina trav, dosahuje v tomto porostu hodnoty až nad 80 %, její druhová skladba se však v průběhu let dramaticky mění. Po založení je dominantní travinou jílek vytrvalý, dosahující projektivní dominance 36%, ten se však v průběhu 4 let z porostu téměř úplně vytrácí, druhou zpočátku nejdominantnější travinou je psineček bílý, s hodnotou projektivní dominance v prvním roce po založení 10%, v roce 2013 však dosahoval hodnoty 78%, do roku 2015 se jeho podíl zmenšil na 35%. V posledních třech letech sledování porostu se pravidelně zvyšuje podíl kostřavy červené, a to až na 30% v roce 2015. Dalšími, minoritně zastoupenými druhy travin jsou kostřava luční a lipnice luční. Projektivní dominance jetelovin v porostu se z původních 40% po založení porostu postupně vytrácí a v letech 2013 a 2014 dosahuje téměř nulové hodnoty, v roce 2015 je však viditelný opětovný nárůst podílu jetelovin v porostu. Zatímco v prvních letech po založení porostu je převládající

jetelovinou zejména jetel plazivý, v letech 2014 a 2015 je zřetelný nárůst hrachoru lučního, vikve ptačí a objevuje se zde i štírovník růžkatý. Agrobotanická skupina bylin prodělal ve vývoji porostu nejmenší změny, jak co se týče celkového zastoupení této skupiny, tak jejího druhového složení. Zastoupení bylin se stabilně drželo mezi hodnotami 10 – 17%, dominantními druhy byly zejména smetánka lékařská s hodnotami pokrývnosti od 6 do 11% a jitrocel kopinatý s hodnotami od 2 do 6%, dalšími druhy bylin pravidelně se vyskytujícími v tomto porostu byly pryskyřník plazivý, pampeliška podzimní a vrbovka malokvětá. Prázdná místa dosahovala pouze v posledních dvou letech snímkování hodnotu 1 a 2%.

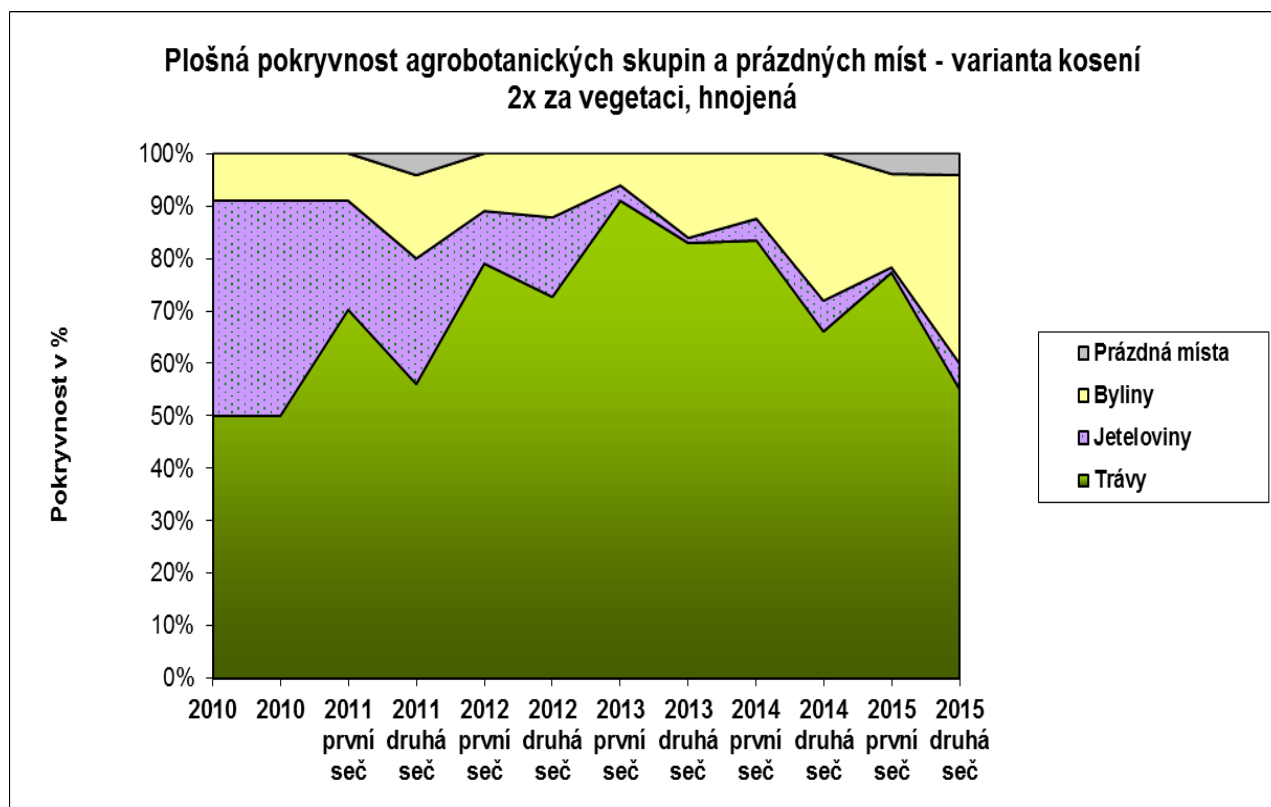
Graf : Plošná pokrývnost agrobotanických skupin a prázdných míst - varianta kosení 2x za vegetaci, bez hnojení



V této variantě je na první pohled vidět výrazně vyšší procento jetelovin a bylin než u varianty kosené 1x ročně. Agrobotanická skupina travin, zde dosahuje průměrných hodnot okolo 45%. postupně se zvyšuje zastoupení bylin v porostu. Dominantním travinným druhem po založení porostu byl opět jílce vytrvalý, s projektivní dominancí až 36%, ale opět se v průběhu let z porostu postupně vytrácel až v roce 2015 dosahoval hodnoty 2%. Další dominantní travinou tohoto porostu byl psineček bílý, který dosahoval hodnoty projektivní dominance po založení porostu 9% a tuto hodnotu si v průběhu času víceméně udržel.

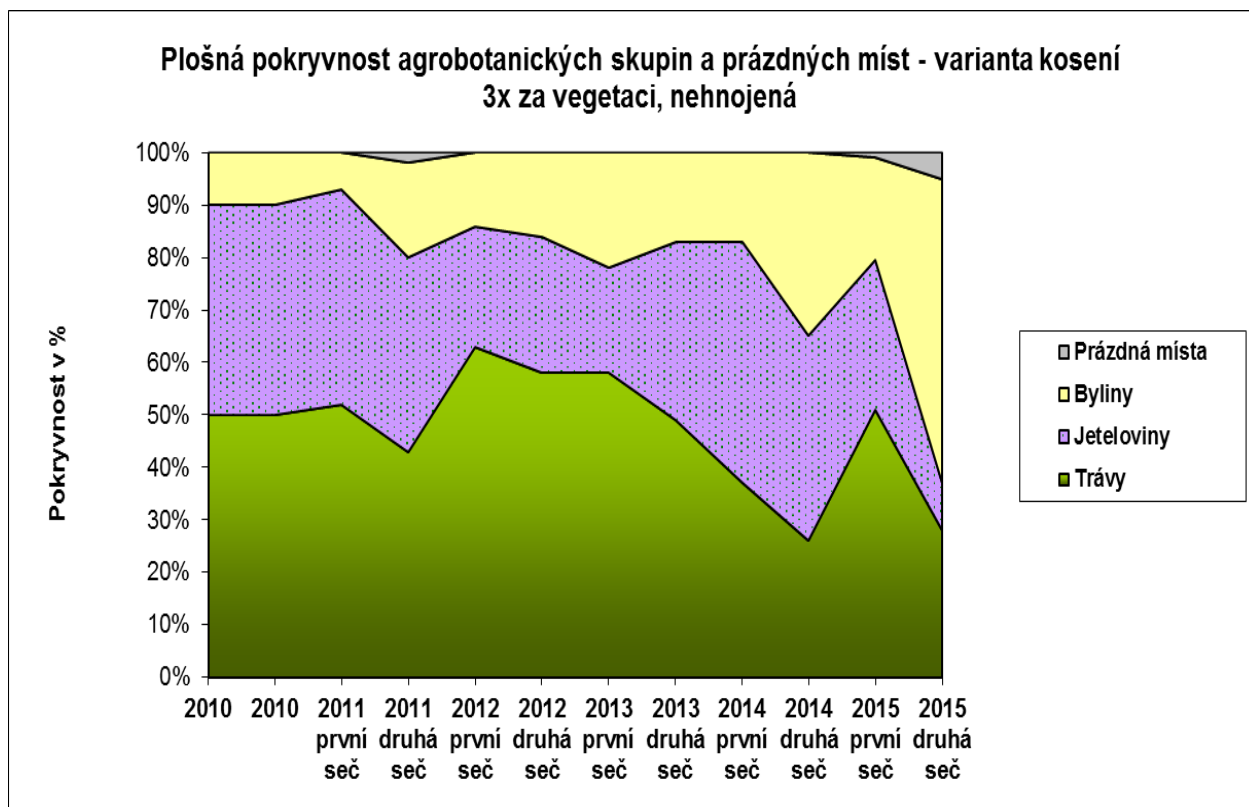
Dominantními travinami se namísto jílku vytrvalého postupně staly zejména ovsík vyvýšený a kostřava červená s hodnotami pokryvnosti v roce 2015 dosahujícími 16% a 9%. Další významnou travinou byla lipnice luční, jejíž zastoupení po založení porostu bylo pouze 2%, v roce 2012 však dosahovala její pokryvnost až 29%, do roku 2015 se však tato hodnota vrátila zpět na 2%. Jeteloviny dosahovaly v tomto porostu pravidelně vysokého podílu, v roce 2011 se jejich celková pokryvnost vyšplhala dokonce až na 59%, dlouhodobě se však držela na hodnotě okolo 30%. Nejdominantnějšími jetelovinami byli zejména jetel plazivý a jetel luční, v posledních letech snímkování však jejich podíl mírně klesá a zvyšuje se podíl štírovníku růžkatého, který v roce 2015 dosahuje až na 8% pokryvnost. Pokryvnost bylin na tomto stanovišti má mírně vzrůstající tendenci, nejdominantnějšími bylinami jsou opět smetánka lékařská, dosahující hodnot pokryvnosti až 22% a jitrocel kopinatý, který se v porostu začal objevovat až v roce 2012, ale do roku 2015 dosáhl desetiprocentní pokryvnosti. Při snímkování této varianty nebyly zaznamenána žádná prázdná místa.

Graf : Plošná pokryvnost agrobotanických skupin a prázdných míst - varianta kosení 2x za vegetaci, hnojená



V této variantě je vidět vysoký podíl travin, jejich podíl v porostu se pohyboval průměrně okolo 65% a za celou dobu snímkování ani jednou neklesl pod 50%. Jako v případě ostatních variant, byl i zde ze začátku dominantní travinu jilek vytrvalý, ale v průběhu let se postupně z porostu vytrácel a jeho místo zaujímaly jiné trávy. Na rozdíl od ostatních variant, se zde ale podařilo zachovat zastoupení nad 10% psinečku bílému, jež byl po založení porostu zastoupen 9%. Na rozdíl od předchozích variant se zde také, díky hnojení nerozmohla kostřava červená a její procentické zastoupení zůstalo pod deseti procenty. Lipnice luční dosahovala zejména v druhém a třetím roce zastoupení až 20%, postupně se však také z porostu vytrácela. Od roku 2013 se dominantní travinou stával ovsík vyvýšený, který nebyl v původní směsi vůbec přítomný, poslední tři roky snímkování dosahoval pravidelně hodnot pokryvnosti přes 35%, zhruba ve stejnou dobu jak ovsík, se začínal v porostu objevovat rovněž trojštět žlutavý s hodnotami pokryvnosti mezi šesti až šestnácti procenty. Zastoupení jetelovin v tomto porostu má jasně se snižující tendenci, z původní hodnoty pokryvnosti 41% se do roka 2015 staly 3%. Zpočátku byl dominantní jetelovinou jetel plazivý, postupně se však z porostu vytrácel až zmizel docela, od roku 2013 se v porostu objevovaly s pokryvností okolo 3% vikev ptačí a hrachor luční. Mezi bylinami byla jasně dominantní smetánka lékařská, s průměrnou pokryvností téměř 20%, další minoritně zastoupené druhy bylin byla například vrbovka malokvětá, jitrocel kopinatý nebo pryskyřník plazivý. Prázdná místa se v hodnotě 4% objevila v roce 2011 a taktéž v roce 2015.

Graf : Plošná pokryvnost agrobotanických skupin a prázdných míst - varianta kosení 3x za vegetaci, nehnojená



V této variantě má agrobotanická skupina travin zřejmě nejmenší převahu. Tráviny jsou redukovány pravidelným kosením a prostor dostávají jeteloviny a zejména byliny. Pokrývnost travin se držela v průběhu snímkování kolem začátečních 50% a v průběhu času měla spíše klesající tendenci. Nejvýznamnějšími travinami byli zejména jílek vytrvalý a psineček bílý, jejichž hodnota pokrývnosti sice také postupně klesala, udržely se však v porostu na hodnotách přes 5% pokrývnosti, dalšími významnými travinami byla kostřava luční, od roku 2013 ovsík vyvýšený a lipnice luční, která se jako u všech variant objevila v roce 2012 a dosahovala hodnot pokrývnosti blízkých se 20%, do dalšího roku se ovšem její pokrývnost snížila a v roce 2015 dosahovala již jen 2%. z jetelovin byly nejvýznamnějšími zástupci jetel plazivý a jetel luční. Mezi bylinami jednoznačně dominovala smetánka lékařská, zastoupen byl i jitrocel kopinatý a vrbovka malokvětá.

Graf : plošná pokryvnost agrobotanických skupin a prázdných míst v % : lesknice extenzivní

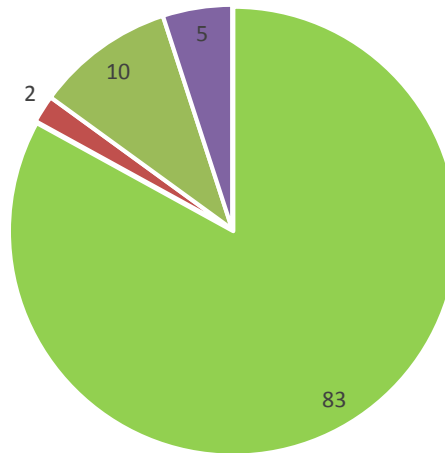


Graf : Plošná pokryvnost agrobotanických skupin a prázdných míst v % : lesknice - intenzivní



Graf : plošná pokryvnost agrobotanických skupin a prázdných míst v % : ječmenice – extenzivní

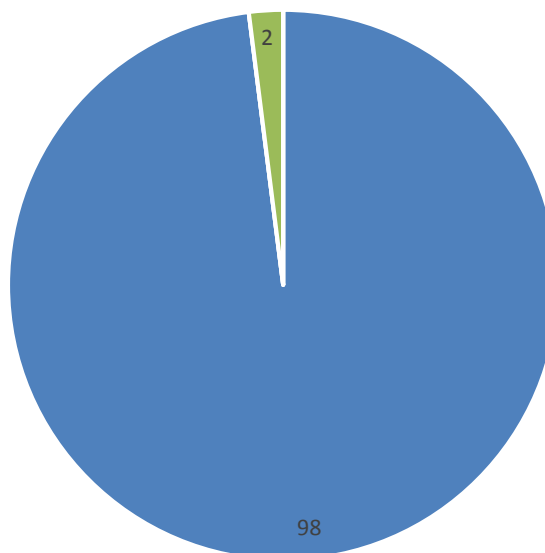
Graf : plošná pokrývnost agrobotanických skupin a prázdných míst v % : ječmenice - extenzivní



■ Trávy ■ Jeteloviny ■ Byliny ■ Prázdná místa

Graf : plošná pokrývnost agrobotanických skupin a prázdných míst v % : ječmenice – intenzivní

Plošná pokrývnost agrobotanických skupin a prázdných míst v % : ječmenice – intenzivní

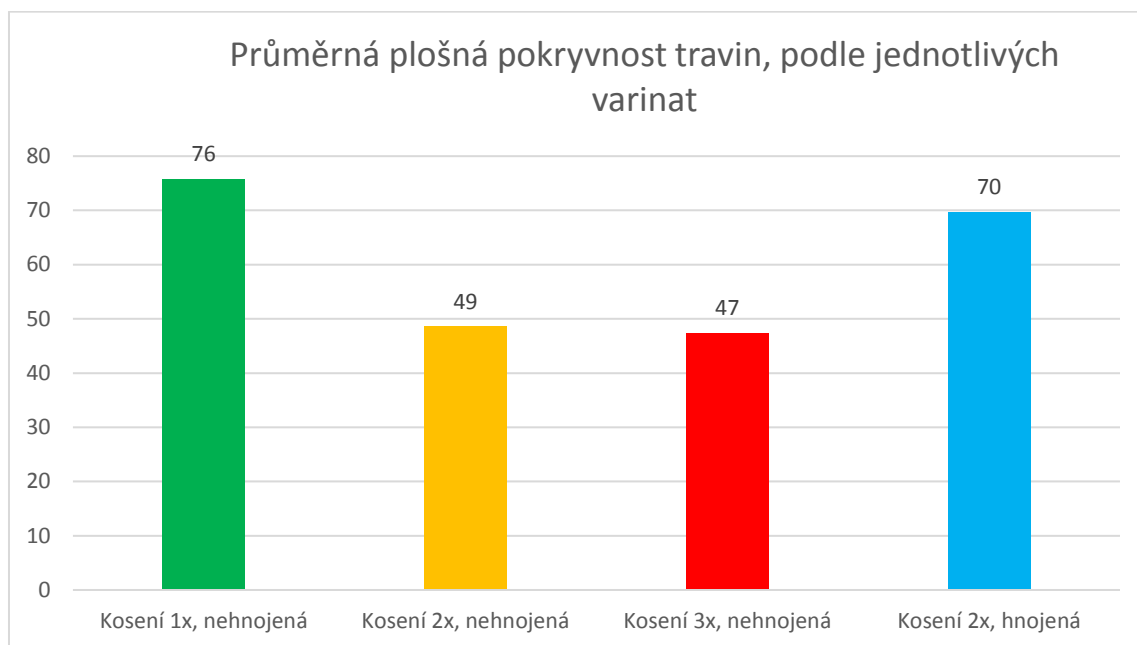


■ Trávy ■ Jeteloviny ■ Byliny ■ Prázdná místa

Tabulka : celková plošná pokryvnost agrobotanické skupiny trávy na TTP

Celková pokryvnost travin							
Varianta	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Průměr
Kosení 1x, nehnojená	51	78	78	86	83	78	76
Kosení 2x, nehnojená	50	32	66	58	38	47	49
Kosení 3x, nehnojená	50	48	61	54	32	39	47
Kosení 2x, hnojená	50	64	76	87	74	67	70

Graf : Průměrná plošná pokryvnost travin, podle jednotlivých variant na TTP

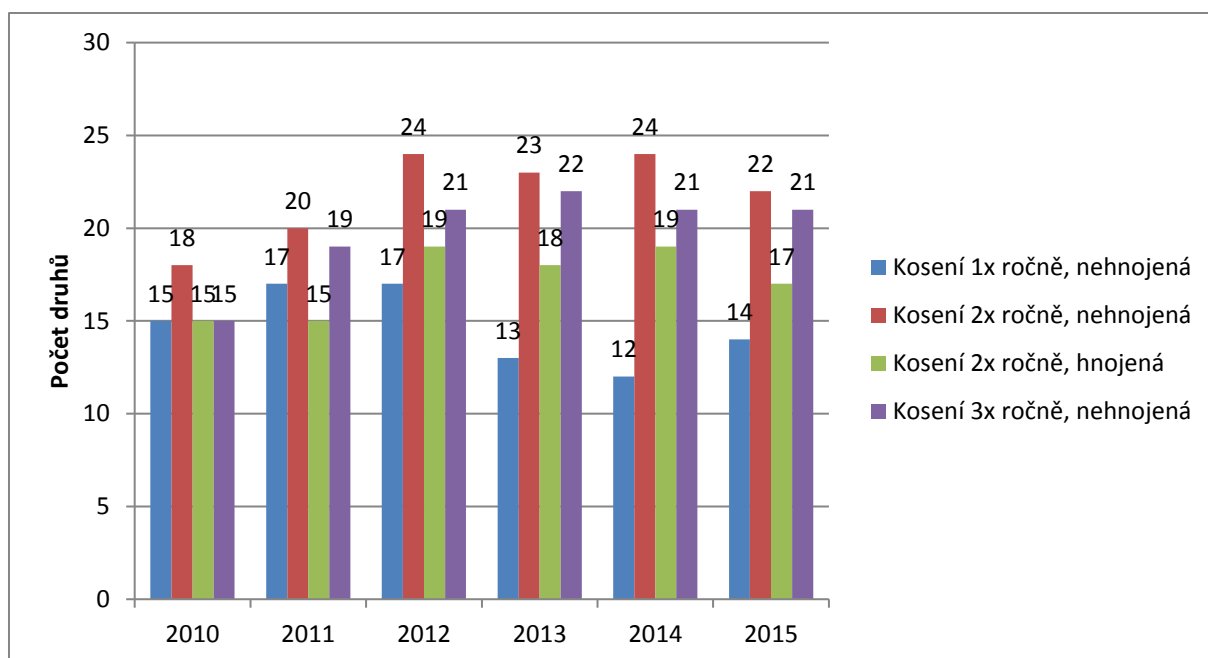


Nejvyšší plošnou pokryvnost měla agrobotanická skupina trávy na variantě kosené 1x ročně, nehnojené, kde dosahovala průměrných hodnot 76%. Na variantě kosené 2x ročně, hnojené dosahovala podobné pokryvnosti a to 70%. Nejnižší byla pokryvnost travin pak na variantách kosené 2x ročně, nehnojené – 49% a 3x ročně nehnojené – 47%.

Tabulka : Celkový počet zastoupených druhů, druhová pestrost na jednotlivých variantách TTP

Varianta	Celkový počet zastoupených druhů, druhová pestrost					
	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Kosení 1x ročně, nehnojená	15	17	17	13	12	14
Kosení 2x ročně, nehnojená	18	20	24	23	24	22
Kosení 2x ročně, hnojená	15	15	19	18	19	17
Kosení 3x ročně, nehnojená	15	19	21	22	21	21

Graf : Celkový počet zastoupených druhů, druhová pestrost na jednotlivých variantách TTP

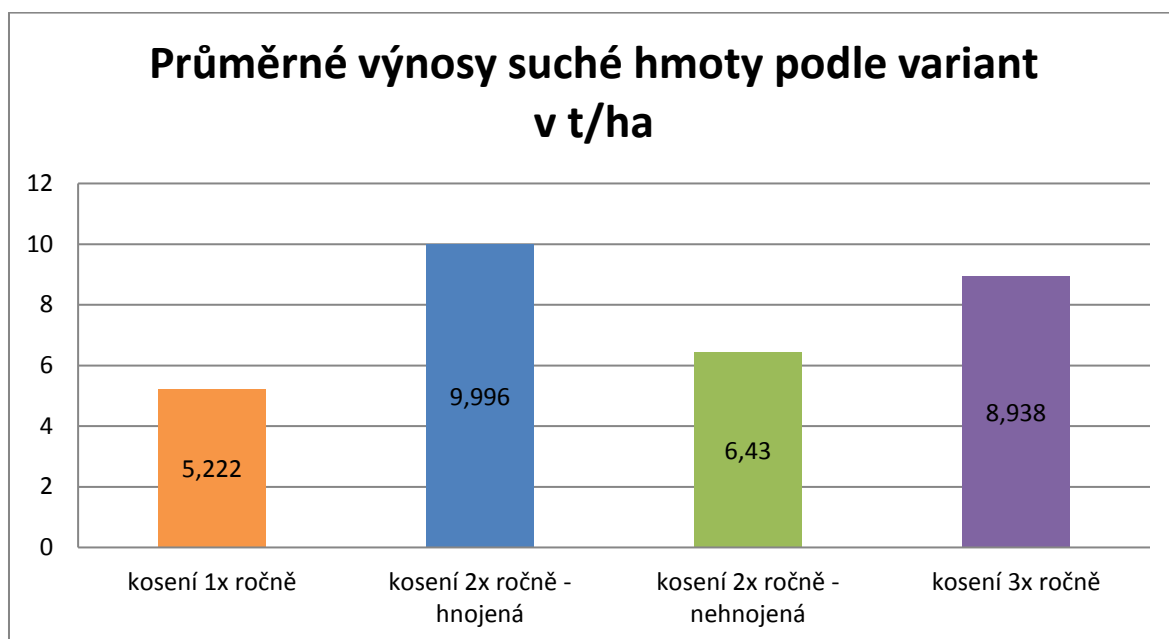


Variantou se zdaleka nejvyšším počtem druhů byla varianta kosení 2x ročně, nehnojená. U této varianty bylo i nejrovnoměrnější zastoupení v rámci agrobotanických skupin, ke tvořili trávy cca 50%, bylina cca 30% a jetelovina cca 20%. Z ekologického hlediska se jednalo o zřejmě nejvhodnější způsob obhospodařování porostu. Z hlediska produkce a využití pro energetické účely se naproti tomu jeví varianta kosená 2x za vegetaci, hnojená, zde jsou nejdominantnější agrobotanickou skupinou trávy. Variantou s nejnižším počtem druhů je varianta kosená 1x ročně, nehnojená. Tato varianta má i nejvyšší podíl prázdných míst.

Tabulka – výnosy suché hmoty podle variant v t/ha na TTP

Výnosy suché hmoty podle variant v t/ha					
Varianta	2011	2012	2013	2014	2015
kosení 1x ročně	4,92	7,25	5,18	4,53	4,23
kosení 2x ročně - hnojená	11	11,77	12,62	8,8	5,79
kosení 2x ročně - nehnojená	7,5	9,06	5,89	5,82	3,88
kosení 3x ročně	9,96	12,16	7,89	9,83	4,85

Graf : výnosy suché hmoty podle variant v t/ha na TTP

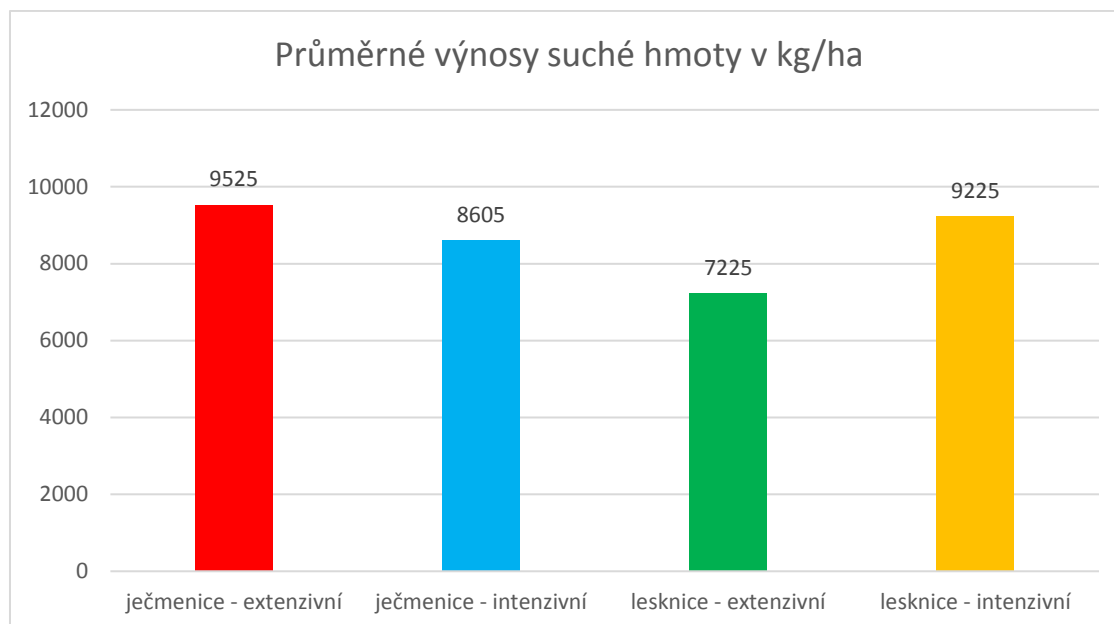


Průměrné roční výnosy suché hmoty se pohybovaly zhruba od 5 do 9 tun na hektar. Zdaleka nejvyšších výnosů bylo dosaženo na variantě kosené 2x ročně, hnojené. Vysoké výnosy byly naměřeny i ve variantě kosené 3x ročně, nehnojené, zde však docházelo k nejvyššímu snížení výnosů v průběhu let. Nejnižší výnosy byly naměřeny na variantě kosení 1x ročně, nehnojené, toto je však zejména v důsledku pouze jednoho termínu sklizně.

Tabulka : Výnosy suché hmoty podle vyšetřých druhů a způsobu obhospodařování na dočasných travních porostech

Výnosy suché hmoty v kg/ha			
Druh + způsob využití	2014	2015	průměr
ječmenice - extenzivní	9300	9750	9525
ječmenice - intenzivní	9000	8210	8605
lesknice - extenzivní	5800	8650	7225
lesknice - intenzivní	9240	9210	9225

Graf : průměrné výnosy suché hmoty v kg/ha podle vyšetřovaných druhů a způsobu obhospodařování na dočasných travních porostech



Průměrné roční výnosy suché hmoty u dočasných travních porostů se pohybovaly v rozmezí 7,225 – 9,525t. Nejnižších výnosů dosahoval nehnojený porost lesknice rákosovité. Nejvyšších naopak porost extenzivně pěstované ječmenice prodloužené. Porost intenzivně pěstované lesknice dosahoval také vysokých výnosů, blízcích se porostu extenzivní ječmenice.

Tabulka : hodnoty Hillova indexu druhové diverzity u TTP

Hillův index druhové diverzity pro TTP za rok 2015	
Varianta	
kosená 1x, nehnojená	4,042088
kosená 2x, nehnojená	10,89918
kosená 2x, hnojená	3,669155
kosená 3x, nehnojená	6,739971

Tabulka : vodní režim stanoviště podle let snímkování a jednotlivých variant

Vodní režim stanoviště							
Varianta	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Průměr
Kosení 1x bez hnojení	3,110	3,506	3,488	3,809	3,795	3,484	3,532
Kosení 2x hnojená	3,115	3,203	3,060	3,069	2,557	2,496	2,917

Kosení 2x nehnojená	3,745	3,708	3,379	3,056	3,027	2,547	3,244
Kosení 3x nehnojená	3,132	3,333	3,234	2,963	2,760	2,793	3,036

Střední indikační hodnoty pro vlhkostní režim stanoviště se pohybují teoreticky v hodnotách 1 – 6, nejčastěji však v hodnotách 2 – 4,5. U sledovaných porostů se pohybovaly v rozmezí 2,917 – 3,532. U intenzivněji obdělávaných pozemků vyšly hodnoty SIH-H nižší než u pozemků obdělávaných extenzivněji.

Tabulka – výživný režim stanoviště podle let snímkování a variant

Výživný režim stanoviště							
Varianta	2010	2011	2012	2013	2014	2015	Průměr
Kosení 1x bez hnojení	3,443	3,333	3,301	3,012	3,148	2,963	3,200
Kosení 2x hnojená	3,408	3,958	2,723	3,410	3,820	3,727	3,508
Kosení 2x nehnojená	3,000	2,859	3,108	3,055	2,961	3,186	3,028
Kosení 3x nehnojená	3,439	3,294	3,478	3,222	3,174	2,920	3,255

Střední indikační hodnoty pro výživný režim stanoviště se pohybují teoreticky v hodnotách 1 – 5, nejčastěji však v hodnotách 2,8 – 3. U sledovaných porostů se hodnoty pohybovaly v rozmezí 3,028 – 3,508. Nejnižší hodnota vyšla u varianty kosené 2x, nehnojené, naopak nejvyšší vyšla u varianty kosené 2x, hnojené.

Seznam literatury :

ANDERT, D., FRYDRYCH, J., JUCHELKOVÁ, D., GERNDTOVÁ, I. (2007): Energetické využití trav a travních směsí. In Příručka pro pěstování, spalování a využití trav při výrobě bioplynu. Vydavatel Výzkumný ústav zemědělské techniky, v.v.i., Praha . ISBN: 978-80-86884-35-6. 110 s.

FRYDRYCH, J., CAGAŠ, B., MAHAČ, J. (2001) : Energetické využití některých travních druhů. Zemědělské informace, r. 2001, č 23.

FRYDRYCH, J., ANDERT, D., GERNDTOVÁ, I., VOLKOVÁ, P., JUCHELKOVÁ, D., RACLAVSKÁ, H., ZAJONC, O. (2012) : Využití trav pro energetické účely. Úroda, vědecká příloha, 2012, roč. 60., č. 12, s. 275-278. ISSN 0139-6013.

GRAU, J., KREMER, B., MOSELER, B., RAMBOLD, G., TRIEBEL, D. (1998) : Trávy, lipnicovité, šáchorovité, sítinovité a rostliny podobné travám Evropy. Euromedia Group, Praha. ISBN 80-242-0783-4, 287s.

HAVLÍČKOVÁ, K. a kol. (2010): Analýza potenciálu biomasy v České republice. Průhonice: ISBN 9778- 80- 85116- 724, 31s.

HAVLÍČKOVÁ, K., A KOL. (2007): Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin. Vědecký ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví Průhonice a JU ZF v ČB, 92s.

HAVLÍČKOVÁ, K., WEGER, J., BOHÁČ, J., ŠTĚRBA, Z., HUTLA, P., KNÁPEK, J., VAŠÍČEK, J., STRAŠIL, Z., KAJAN, M., LHOTSKÝ, M. (2008): Rostlinná biomasa jako zdroj energie. VÚKOZ, Průhonice, 82s.

HRON, F., ZEJBRLÍK, O. (1979) : Rostliny luk, pastvin, vod a bažin. Státní pedagogické nakladatelství, Praha. 419s.

JAKUBES, J., BELLINGOVÁ, H., ŠVÁB, M. (2006) : Moderní využití biomasy. Vydala Česká energetická agentura, Praha, 67s.

KÁRA, J., PASTOREK, Z., PŘIBYL, E. (2007) : Výroby a využití bioplynu v zemědělství. VÚZT, Praha. ISBN 978-80-86884-28-8, 67s.

KUŽEL, K., PETERKA, J., KOLÁŘ, L. (2010): Komplexní využití biomasy. České Budějovice, Jihočeská Univerzita, Zemědělská fakulta, 122 s.

LOBUŠNÍK, L. (2003) : Pelety: palivo budoucnosti. 1. vyd. Sdružení Harmonie, České Budějovice . ISBN 80-239-1956-3, 112s.

MALAŤÁK, J., JEVIČ, P., VACULÍK, P. (2010) : Účinné využití tuhých biopaliv v malých spalovacích zařízeních s ohledem na snižování emisí znečišťujících látek. VŠCHT , Praha. ISBN 978-8-87415-02-3, 240s.

MOUDRÝ, J. (1999) : Pěstování alternativních plodin. Jihočeská Univerzita, Zemědělská Fakulta, České Budějovice. ISBN 80-7040-383-7, 165s.

OCHRANA, L. (2004) : Kotle a výměníky tepla. Akademické nakladatelství CERM, Brno. ISBN 80-214-2847-3, 85s.

- PASTOREK, Z.; KÁRA, J.; JEVIČ, P. (2004) : Biomasa: obnovitelný zdroj energie. FCC PUBLIC, Praha. ISBN 80-86534-06-5, 286 s.
- REGAL, V. (1953) : Pícní a plevelné trávy. Brázda, Praha, 290s.
- REGAL, V., ŠINDELÁŘOVÁ, J. (1970) : Atlas nejdůležitějších trav. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. ISBN 07-016-70-04/28, 268s.
- ŘÍMOVSKÝ, K., HRABĚ, F., VÍTEK, L. (1989) : Pícninářství, polní pícniny. Vysoká škola zemědělská v Brně, Brno. ISBN : 80-7157-038-9, 165s.
- SCHULZ, H., EDER, B. (2004) : Bioplyn v praxi. HEL, Praha. ISBN 80-86167-21-6, 167s.
- STRAKA, F., DOHÁNYOS, M. (2003) : Bioplyn. GAS, Říčany. ISBN 80-7328-029-9, 517s.
- STRAŠIL, Z. (2009) : Základy pěstování a možnosti využití ozdobnice. Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i., Praha 6 - Ruzyně. ISBN 978-80-7427-006-2, 48s.
- STRAŠIL, Z., KOHOUTEK, A., DIVIŠ, J., KAJAN, M., MOUDRÝ, J., MOUDRÝ, J. (2011): Trávy jako energetická surovina. Výzkumný ústav rostlinné výroby, Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích. ISBN: 978-80-7427-078-9, 33s.
- ŠAŠKOVÁ, D. (1993) : Trávy a obilí. Artia, Praha, ISBN 80-85805-03-0, 64s.
- TLUSTOŠ, P., OCHECOVÁ, P., SZÁKOVÁ, J., PERNÁ, I., HANZLIČEK, T., HABART, J., STRAKA, P. (2012) : Monitoring kvality popelů ze spalování biomasy. Česká zemědělská univerzita v Praze, Praha. ISBN 978-80-213-2327-8, 22s.
- VELICH, J., PETŘÍK, M., REGAL, V., ŠTRÁFELDA, J., TUREK, F. (1994) : Pícninářství . Vysoká škola zemědělská v Praze, Praha. ISBN : 80-213-0156-2, 204s.
- WEGER J., HAVLÍČKOVÁ K. (2002): Pěstování rychle rostoucích dřevin. Agromagazín. 2002, roč. 3, č. 2, s. 41–43. ISSN 1212-6667.

Internetové zdroje :

BURYAN,P. : Negativní vliv spoluspalování biomasy na odsíření spalin z fluidních kotlů. [online] . [cit. 2016-12-12] Dostupné z http://www.chemicke-listy.cz/docs/full/2014_12_1162-1167.pdf

FRYDRYCH, J., ANDERT, D., GERNDTOVÁ, I., VOLKOVÁ, P., JUCHELKOVÁ, D., RACLAVSKÁ, A., ZAJONC, O. : Výzkum a využití travní biomasy jako obnovitelného zdroje energie. [online] . [cit. 2016-22-11] Dostupné z <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2015/073.pdf>

HONSKUS, P. : Referenční dokument o nejlepších dostupných technikách u stacionárních zdrojů nespádajících pod BREF - spalování paliv. [online] . [cit. 2017-5-1] Dostupné z [http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/techniky_u_stacionarnich_zdroju_vystup_projektu/\\$FILE/000-spalovani_paliv-20160222.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/techniky_u_stacionarnich_zdroju_vystup_projektu/$FILE/000-spalovani_paliv-20160222.pdf)

MOUDRÝ, J. : Energetické využití biomasy. [online] . [cit. 2016-15-09] Dostupné z http://www2.zf.jcu.cz/~moudry/skripta/4/energie_biomasy.html

PETŘÍKOVÁ, V. : Rostliny pro energetické účely. [online] . [cit. 2016-20-11] Dostupné z http://www.mpo-efekt.cz/dokument/99_8089.pdf

ZAJONC, O., FRYDRYCH, J. : Mechanické vlastnosti pelet z energetických travin [online] . [cit. 2016-10-11] Dostupné z <http://www.agritech.cz/clanky/2012-2-9.pdf>