

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

KATEDRA ELEKTROENERGETIKY A EKOLOGIE

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Technologie pro energetické využívání biomasy

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická
Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Tomáš BATĚK**
Osobní číslo: **E11B0273P**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Technická ekologie**
Název tématu: **Technologie pro energetické využívání biomasy**
Zadávací katedra: **Katedra elektroenergetiky a ekologie**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište současný stav v energetickém využívání biomasy.
2. Uveďte zdroje biomasy a způsoby jejího energetického využívání.
3. Proveďte srovnání technologií na energetické využívání biomasy pro spalování dřevní štěpky, pilin, dřevních odřezků a slámy.
4. Navrhněte vhodnou technologii pro spalování dřevní štěpky pro malou výtopnu.

Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 20 - 30 stran

Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická


Seznam odborné literatury:

Student si vhodnou literaturu vyhledá v dostupných pramenech podle doporučení vedoucího práce.


Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Eduard Ščerba, Ph.D.**
Katedra elektroenergetiky a ekologie

Datum zadání bakalářské práce: **14. října 2013**

Termín odevzdání bakalářské práce: **9. června 2014**


Doc. Ing. Jiří Hamperbauer, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Karel Noháč, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

Abstrakt

Předkládaná bakalářská práce je zaměřena na technologie vhodné pro energetické využívání biomasy. Jsou zde popsány jednotlivé druhy a principy úprav biomasy. Dále jsou v této práci popsány jednotlivé technologie spolu s jejich vzájemným porovnáním. Výstupem je návrh konkrétní technologie malé výtopny vhodné pro spalování dřevní štěpky.

Klíčová slova

Obnovitelné zdroje energie, biomasa, dřevní štěpka, technologie, kotel, výtopna, spalování, teplo.

Abstract

This Bachelor's thesis focuses on appropriate technologies for energy uses of biomass. It describes different types and principles of biomass treatment. Furthermore, this work describes different combustion technologies and compares them. Outcome of this work is a design of a small heating plant suitable for wood chips combustion.

Key words

Renewable resources of energy, biomass, wood chips, technology, boiler, heating plant, combustion, heat.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této bakalářské práce, je legální.

.....

podpis

V Plzni dne 8.6.2014

Tomáš Batěk

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval svému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Eduardu Ščerbovi Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky, metodické vedení práce a za čas, který mi věnoval. Na závěr bych chtěl poděkovat celé své rodině za pomoc a velkou podporu při celém průběhu studia.

Obsah

OBSAH	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK	9
ÚVOD.....	10
1 ZDROJE BIOMASY A ZPŮSOBY JEJÍHO VYUŽÍVÁNÍ.....	11
1.1 ROZDĚLENÍ BIOMASY	11
1.2 ZDROJE.....	12
1.3 ZPŮSOBY VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY	14
2 SOUČASNÝ STAV A POTENCIÁL V ENERGETICKÉM VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY	21
3 SROVNÁNÍ TECHNOLOGIÍ NA ENERGETICKÉ VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY	23
3.1 ROZDĚLENÍ KOTLŮ	23
3.2 TECHNOLOGIE PRO SPALOVÁNÍ SLÁMY.....	26
3.3 TECHNOLOGIE PRO SPALOVÁNÍ DŘEVNÍ ŠTĚPKY A DŘEVNÍCH ODŘEZKŮ	27
3.4 TECHNOLOGIE PRO SPALOVÁNÍ PILIN.....	29
4. NÁVRH TECHNOLOGIE PRO SPALOVÁNÍ DŘEVNÍ ŠTĚPKY PRO MALOU VÝTOPNU.....	30
4.1 LOKALITA PRO UMÍSTĚNÍ VÝTOPNY	30
4.2 VÝPOČET SPOTŘEBY TEPLA OBCE ZA ROK.....	30
4.3 VÝBĚR KOTLE.....	31
4.4 VÝBĚR VÝKONU KOTLE	33
4.5 PALIVO	34
4.6 EKONOMICKÁ BILANCE	35
ZÁVĚR	36
SEZNAM LITERATURY A INFORMAČNÍCH ZDROJŮ	38
PŘÍLOHY.....	1

Seznam symbolů a zkratek

TKO	Tuhý komunální odpad
BRO	Biologicky rozložitelný odpad
Q [GJ]	Teplo
S [m ²]	Plocha
t[h].....	Čas
m [t].....	Hmotnost
η [-]	Účinnost
H [MJ/kg].....	Výhřevnost
P [MW]	Výkon
D [kWh/m ²].....	Měrná roční potřeba tepla

Úvod

V posledních letech zaznamenávám stále více a více zpráv o tom, jak je ovzduší, vodstvo a další složky životního prostředí na naší planetě velmi znečištěné a jaké nedozírné následky z toho mohou plynout a plynou. Například spalováním nekvalitních fosilních paliv, jako je hnědé uhlí, se do ovzduší dostává nejen oxid uhličitý, který vzniká při každém spalování, ale i více nebezpečný oxid siřičitý, způsobující kyselé deště, jež jsou příčinou poškozování rostlinstva a celkového okyselování půdy a vody. A proč vlastně člověk spaluje i méně kvalitní fosilní paliva, i když ví, jaké jsou následky? Odpověď je velmi jednoduchá. Zásoby kvalitních fosilních paliv se zmenšují a jejich ceny stoupají, což má velký vliv na výběr paliva. Díky těmto okolnostem se lidé snaží mnohem intenzivněji nalézat jiné zdroje energie. V dnešní době se jedná zejména o obnovitelné zdroje energie, mezi něž patří fotovoltaické elektrárny, vodní a větrné elektrárny a energie získávaná z biomasy, která patří mezi ty významnější, a proto jsem se rozhodl vybrat tuto problematiku jako téma své bakalářské práce.

Biomasa je souhrn látek tvořících těla všech organismů, jak rostlin, bakterií, sinic, hub, tak i živočichů. Tímto pojmem často označujeme rostlinnou biomasu využitelnou pro energetické účely. Energie biomasy má svůj prapůvod v slunečním záření a fotosyntéze, a proto se jedná o obnovitelný zdroj energie. Hlavní výhodou biomasy je, že slouží jako akumulátor sluneční energie a lze ji bez větších problémů skladovat a to i dlouhodobě. Při pěstování biomasy není potřeba tak velkého množství energie jako například při výrobě fotovoltaických panelů, které je nutno po době jejich životnosti odborně zlikvidovat a recyklovat, což sebou nese další náklady. Na rozdíl od fosilních paliv, jako je zemní plyn nebo ropa, není dodávka biomasy závislá na zahraničním trhu, jelikož se dá pěstovat, či získávat téměř všude a její spalování má minimální dopady na životní prostředí oproti spalování jiných paliv. Avšak, jako každá věc, má i biomasa své výhody i nevýhody a o těch bych se rád zmínil později. [1]

1 Zdroje biomasy a způsoby jejího využívání

Jak jsem se již v úvodu zmínil, biomasa patří mezi obnovitelné zdroje energie a její využití je velmi žádoucí, a to především z hlediska minimalizace ekologické zátěže, která je hojně probíraným tématem nejen v oblasti získávání energie. V ekologii je biomasa definována jako celková hmota jedinců určitého druhu, skupiny druhů nebo všech druhů společenstva na určité ploše.

Celková hmota se u rostlin vyjadřuje v hmotnosti sušiny, v případě živočichů se udává v čerstvé hmotnosti. U vodních a půdních organismů se může vztahovat k celkovému objemu. Celkovou hmotnost biomasy obvykle stanovujeme vážením, někdy též odhadem z objemu nebo z délky těla, pokud se jedná o živočichy. Energetickou hodnotu biomasy lze určit buď spálením vzorku v přístroji zvaném joulometr, nebo na základě stanovení podílu proteinů, cukrů a tuků v ní obsažených. [1]

1.1 Rozdělení biomasy

Biomasu můžeme rozdělit podle obsahu vody v ní obsažené a to do tří skupin:

- Suchá: do této skupiny lze zařadit zejména dřevo a dřevní odpady, sláma a další suché zbytky z pěstování zemědělských plodin. Je možné jí spalovat přímo, popřípadě po dosušení.
- Mokrá: do této skupiny patří hlavně tekuté odpady, jako například kejda, další odpady ze živočišné výroby a tekuté komunální odpady. Není ji možné spalovat přímo a je využívána zejména v bioplynových technologiích.
- Speciální: mezi tento druh biomasy jsou zahrnuty olejniny, škrobové a cukernaté plodiny. Jsou využívány ve speciálních technologiích k získávání energetických látek, zejména bionafty nebo lihu. [2]

1.2 Zdroje

Biomasu rozlišujeme nejen podle jejího obsahu vody, ale také podle toho, odkud ji získáváme. V přírodních podmínkách České republiky lze využívat odpadní biomasu, jejíž použití maximalizuje užitek z daného produktu, anebo cíleně pěstovanou pro energetické účely, kterou získáváme sklizením energetických plodin. Energetické plodiny jsou takové rostliny, které se pěstují pro získání uhlovodíků, a jsou vhodné k získání energie. Obvykle jsou děleny na rostliny bylinného a dřevinného charakteru. Pro energetické účely však mohou sloužit i obvyklé zemědělské plodiny.

Zde jsou uvedeny jednotlivé skupiny zdrojů:

- Odpadní biomasa
 - Rostlinné odpady (fytomasa) - ze zemědělské prvovýroby (řepková a kukuřičná sláma, obilná sláma, seno) a z údržby krajiny (zbytky po likvidaci křovin a náletových dřevin, odpady ze sadů a vinic, odpady z údržby zeleně a travnatých ploch).
 - Lesní odpady (dendromasa) - zbytková nevyužívaná část stromové hmoty po těžbě dříví v lese (pařezy, kořeny, kůra, vršky stromů, větve, šišky a zbytky z prvních probírek a prořezávek).
 - Organické odpady z průmyslových výrob - spalitelné odpady z dřevařských provozoven (odřezky, piliny, hobliny, kůra), odpady z provozů na zpracování a skladování rostlinné produkce (cukrovary), odpady z jatek, mlékáren, lihovarů, konzerváren.
 - Odpady z živočišné výroby - hnůj, kejda, zbytky krmiv, odpady z přidružených zpracovatelských kapacit.
 - Komunální organické odpady - kaly, organický tuhý komunální odpad (TKO).

- Cíleně pěstovaná biomasa k energetickým účelům
 - Lignocelulózové rostliny
 - dřeviny (vrby, topoly, olše, akáty)
 - obiloviny (celé rostliny)
 - travní porosty (sloní tráva, chrastice, trvalé travní porosty)
 - ostatní rostliny (konopí seté, čirok, křídlatka, šťovík krmný, sléz topolovka)
 - Olejnaté rostliny
 - řepka, slunečnice, len, dýně (semeno)
 - Škrobno - cukernaté rostliny
 - brambory, cukrová řepa, obilí (zrno), topinambur, cukrová třtina, kukuřice [2]



Obr. 1- Příklady jednotlivých druhů biomasy (převzato z [3])

1.3 Způsoby využívání biomasy

Biomasu můžeme před jejím využitím a v některých musíme upravit tak, aby ji bylo možné energeticky využít. Technologií, které jsou vhodné pro výrobu tepla a elektrické energie z biomasy, je mnoho. Jedná se především o určité mechanické, termické, biologické a chemické procesy a přeměny. Některé způsoby úpravy a využívání biomasy mohou být kombinací několika procesů. Souhrn těchto technologií umožňujících energetické využívání biomasy je nazýván fytoenergetikou.

Mechanické procesy

Mechanickými procesy je ve valné většině případů zpracovávána dendromasa. Jde o řezání dřeva při těžbě a následném zpracování dřeva na palivo a řezivo. Odpadem z tohoto procesu jsou piliny, které slouží k výrobě dřevních briket a pelet. Drcení se používá k dezintegraci dřeva, které není vhodné ke štěpkování z důvodu, že je znečištěné, drobné či velice netvárné. Materiál je dělen za pomoci kladiv umístěných po obvodu rotoru stroje. Takto upravenou hmotu lze také využít pro výrobu pelet a briket. Štěpkováním se zpracovává dřevo, které je čisté a má vhodný tvar. Materiál je dělen ostrými noži na homogenní štěpku, která slouží k výrobě tepla popřípadě i elektrické energie, stejně jako brikety a pelety, které získáme lisováním pilin, či drceného dřeva.

Lisováním olejnatých rostlin, například řepky, získáváme olej. Abychom takto vzniklý olej mohli používat jako biopalivo, musí být dále esterifikován na methylester, který je spíše známý pod názvem bionafta. O tomto procesu se zmíním později, jelikož patří mezi chemické procesy.[2]

Termické přeměny

Spalování je nejjednodušší metodou pro termické využití biomasy za dostatečného přísunu kyslíku. Je to chemický proces rychlé oxidace, kterým se uvolňuje chemická energie vázaná ve spalovaném palivu na energii tepelnou. Spalování je technologie, která je velmi dobře zpracovaná a pro zákazníka je ideální volbou s minimálním rizikem. Produktem je tepelná energie, která je využívána k vytápění, technologickým procesům nebo k výrobě

elektrické energie. Ve většině případů není nutno biomasu nijak speciálně upravovat. Lze využívat i suroviny s různou vlhkostí, přičemž platí - čím menší vlhkost je, tím lépe.

Vzhledem k tomu, že má biomasa proměnlivé složení, je nutné, aby byla nemalá část pozornosti věnována podmínkám, při kterých dochází ke spalování a následně při čištění spalin na výstupu technologie, kde je nutné kontrolovat emise oxidu uhelnatého a tuhých zbytků. Za překročení emisních limitů jsou totiž v dnešní době ukládány nemalé finanční tresty.

Další, o něco složitější, metodou je termochemická přeměna biomasy, probíhající za vyšších teplot při nedostatku kyslíku. Produkty z tohoto procesu mohou být různé, záleží na procesních podmínkách, mezi které patří zejména teplota, doba setrvání částic biomasy v reakční zóně a další způsob, jakým budeme biomasu zpracovávat.

Pokud bude teplota při reakci v reaktorech kolem 800°C až 900°C a doba setrvání částic v reakční zóně bude v jednotkách sekund až desítkách sekund, je produktem z větší části plyn obsahující výhřevné složky (H_2 , CO, CH_4 a další), doprovodné složky (CO_2 , H_2O , N_2) a znečišťující složky (dehet, prach, sloučeniny síry, chlóru, alkálie a další). Tento proces je označován jako zplyňování. Jestliže je jako okysličovadlo použit vzdušný kyslík, který je u biomasy často používán, má vzniklý surový plyn malou výhřevnost jen kolem 4 až 6 MJ/m³. Takto získaný plyn je používán ve spalovacích motorech buď k pohonu vozidel, nebo k výrobě tepla a elektrické energie.

Jestliže jsou teploty v reaktoru v rozmezí 450°C až 550°C a doba setrvání částic biomasy v reakční zóně bude do dvou vteřin, jsou výsledným produktem především páry a aerosoly, v menším množství pak plyny a tuhé částice. Takovýto proces se nazývá rychlá pyrolýza. Výsledný produkt je nutno ihned ochladit a díky tomu vznikne velký podíl kapaliny podobné ropě o výhřevnosti 16 až 20 MJ/kg. Další úpravou této kapaliny lze získat velmi kvalitní kapalné palivo. [4]

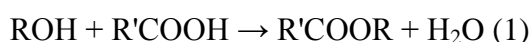
Chemické procesy

Esterifikace je reakce alkoholu s kyselinou nebo s jejím derivátem za vzniku esteru a vody. Mechanismus reakce lze popsat v 7 krocích:

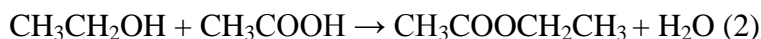
1. protonizace hydroxylové skupiny alkoholu $R-OH_2^+$
2. reakce protonizovaného alkoholu s karboxylovou kyselinou, kdy proton přechází na kyslík karboxylové skupiny, struktura $R-COH=O^+-H$ je mezomerní, tudíž může dojít do stavu $R-C(OH)_2^+$
3. vzniklá sloučenina reaguje s volným elektronovým párem alkoholu za vzniku $R-C(OH)_2-OH^+-OH$
4. tato sloučenina se reakcí s další molekulou alkoholu zbaví protonu
5. protonizací jedné hydroxylové skupiny vzniká $-OH_2^+$, která
6. odstupuje jako molekula vody
7. vzniká ester kyseliny

K výrobě methylesteru nenasycených mastných kyselin se ve fytoenergetice používá transesterifikace. Tento proces je založen na míšení methanolu s hydroxidem sodným a poté s olejem, který získáme vylisováním ze semen řepky olejné nebo ze sojových bobů. Vedlejším produktem z tohoto procesu je glycerín, který lze využít při výrobě mýdel, zubních past nebo sirupů proti kašli. Na velké množství přírodních esterů narazíme také v ovoci. Ty u něj způsobují jeho vůni.

Reakce libovolného alkoholu s karboxylovou kyselinou kde R = uhlovodíkový zbytek a R' = jiný uhlovodíkový zbytek, tato reakce se nazývá esterifikace:



Například reakce ethanolu s kyselinou octovou za vzniku vody a ethylesteru kyseliny octové, který se nachází ve víně po fermentaci:



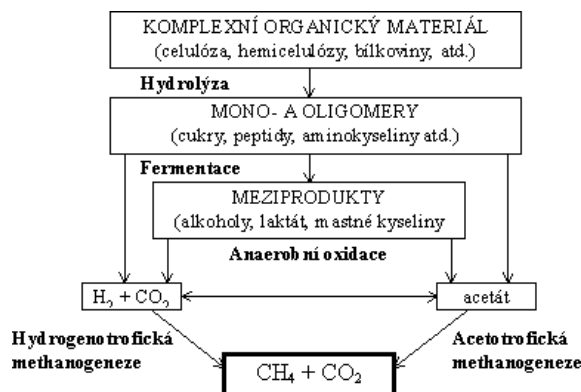
[5]

Mikrobiologické procesy

Anaerobní digesce je proces, při kterém mikroorganismy rozkládají organickou hmotu bez přístupu vzduchu. Tím vznikne bioplyn a digestát. Tento digestát musí splňovat kvalitativní požadavky vyhlášky o biologických metodách zpracování biologicky rozložitelných odpadů. Tento proces může probíhat buď samovolně v přírodě například v bažiništích, na dně jezer či na skládkách komunálního odpadu, nebo řízenou metodou v bioplynových stanicích. Celý proces probíhá ve čtyřech základních fázích:

1. Hydrolyza: 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, H_2 a CO_2 .
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.

Anaerobní procesy rozdělujeme z hlediska reakčních teplot podle optimální teploty pro mikroorganismy na psychofilní (5-30°C), mezofilní (30-40°C), termofilní (45-60°C) a extrémně termofilní (nad 60°C). Procesy, které jsou prováděny za vyšších teplot, mají hlavní výhodu ve vyšší účinnosti hygieničce materiálu. Nejběžněji se aplikují mezofilní procesy při teplotě cca 38°C. Bioplyn a metan se používají k výrobě elektrické energie, tepla a k pohonu vozidel.[6]

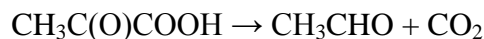


Obr. 2- Průběh čtyřfázové anaerobní fermentace načrtnul Nordberg (1996) (převzato z [7])

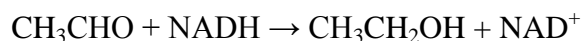
Alkoholové kvašení je biochemický proces, při kterém jsou rostlinné polysacharidy přeměňovány na alkohol za přítomnosti kvasinek. Kvasinky vlastní enzymy, kterými přeměňují rostlinné sacharidy na etanol a oxid uhličitý za vzniku tepla a energie.

Kvasný proces kvasinek probíhá ve dvou krocích:

- V prvním se pyruvát dekarboxyluje na acetaldehyd a oxid uhličitý, tato reakce je katalyzována enzymem pyruvátdekarboxylásou.



-Ve druhém kroku je vzniklý acetaldehyd redukován na ethanol, v této reakci vystupuje jako enzym alkoholdehydrogenáza (ADH).



Ve druhé reakci je NADH přeměněn zpět na NAD^+ a tím se buňce opět doplní oxidovaná forma této molekuly.

Fermentace sumárně: glukosa \rightarrow 2CO₂ + 2ethanol $\Delta G^\circ = -235$ kJ/mol [8]

Kompostování je biologická metoda využívání bioodpadu (BRO), díky níž se za kontrolovaných podmínek aerobních procesů (za přístupu vzduchu) a činností mikroorganismů přeměňuje bioodpad (BRO) na kompost. Chlazením kompostu získáme teplo. Při kompostování je velmi důležitá skladba surovin, přesněji poměr uhlíku a dusíku v nich obsažených, dále dostatečné množství strukturního materiálu, který umožňuje přístup kyslíku, přítomnost mikroorganismů a v neposlední řadě vlhkost celého kompostu.

Rozeznáváme tři základní způsoby kompostování:

1. domácí kompostování
2. komunitní kompostování
3. průmyslové (komunální) kompostování

Při domácím a komunitním kompostování je provzdušňování zajišťováno převážně fyzikálními chemickými pochody (difúze, konvekce). Je však také lepší provádět manuální překopávání kompostu například vidlemi alespoň jednou za půl roku. V případě průmyslového kompostování je bioodpad zpracováván v centrálních kompostárnách. Provzdušňování je ve většině případů zajištěno mechanizovaným překopáváním pomocí překopávačů. Lze ho také zajistit vhnáním nebo odsáváním vzduchu do kompostovaného materiálu. Jde o tzv. nucené provzdušňování.

Po založení kompostu dochází v krátkém čase k vzestupu teplot uvnitř zakládky, což signalizuje vhodné podmínky pro rozvoj mikroorganismů, čímž začíná proces kompostování. Kompostování je kontinuální proces, a proto není možné přesně vymezit jednotlivé úseky tlení.

Přesto se tlení rozděluje do tří fází:

1. Fáze rozkladu

Tato fáze trvá asi tři až čtyři týdny, teplota stoupá podle výchozího materiálu na 50 až 70 °C. Je to činnost milionů bakterií a hub, které rozkládají lehce rozložitelné sloučeniny, jako jsou např. cukry, bílkoviny a škrob. Konečným produktem jsou malé "stavební kameny" - např. dusičnany, oxid uhličitý, čpavek, aminokyseliny a polysacharidy. Živiny, které jsou vázány v organické hmotě, se tak uvolňují a zčásti přecházejí až do původní minerální formy. Tento proces se proto nazývá také jako "mineralizace".

2. Fáze přeměny

Trvá od čtvrtého až do osmého respektive desátého týdne. Teplota začíná opět klesat, mineralizované živiny jsou jako základní kameny zabudovány do "humusového komplexu". Kompost získává stejnoměrně hnědou barvu, drobtovitou strukturu a má lehkou vůni po lesní zemině. V tomto stádiu jsou nejlepší účinky hnoje!

3. Fáze syntézy (zralosti)

Když je kompost ponechán ještě déle, získává stále více zemitou strukturu. "Živý humus" se přeměňuje na "trvalý humus", účinek hnoje je slabší (živiny jsou pevněji vázány), účinnost humusu se však zvyšuje. [9]

2 Současný stav a potenciál v energetickém využívání biomasy

Před několika staletími byla biomasa hlavním zdrojem energie pro lidstvo. Člověk se však od té doby stále vyvíjel, jeho nároky se zvyšovaly spolu s technickým rozvojem společnosti, a tak vznikala stále větší potřeba energie. To vedlo k objevování jiných zdrojů energie, jako jsou například fosilní paliva a v pozdější době atomová energie získávaná štěpením radioaktivních prvků. A právě tato nově získaná paliva převzala hlavní roli při výrobě energie ať už tepelné, elektrické nebo jiné.

Díky neustále vzrůstajícím energetickým nárokům rostla spotřeba tedy i poptávka po fosilních palivech. A v souladu s přijímanou ekonomickou teorií i jejich cena. Jedním z řešení tohoto problému bylo vyvíjení úsporných technologií zvyšujících účinnost přeměny energií. I přes veškerá opatření se zásoby paliv zmenšovaly a stále zmenšují. Nehledě na to, že jejich spalování je doprovázeno negativními vlivy působícími na životní prostředí, zejména pak na emise oxidu uhličitého, které jsou příčinou zvyšující se teploty na zemském povrchu tzv. skleníkového efektu. A proto se usilovně hledají nové zdroje, které by nahradily energii z fosilních paliv.

A tím se dostáváme pomalu do současnosti. Jednou z preferovaných možností je získávání energie z obnovitelných zdrojů, mezi které právě patří biomasa. Dalšími obnovitelnými zdroji energie jsou mimo jiné sluneční záření a energie větru. Sluneční záření je přeměňováno pomocí solárních kolektorů v energii tepelnou nebo v energii elektrickou fotovoltaickými články. Energie síly větru se dříve využívala pro pohon větrných mlýnů, dnes pro výrobu elektrické energie pomocí větrných elektráren. Fotovoltaické články a solární kolektory jsou v České republice velmi častým jevem. To je zapříčiněno dotacemi, které byly na takovéto projekty hojně poskytovány. S větrnými elektrárnami se v Čechách příliš nesetkáme. Nejvíce se vyskytují na severovýchodě našeho území.

Nejvyšší potenciál z obnovitelných zdrojů v České republice má však výše zmíněná biomasa. Tento argument je podpořen největším současným podílem v energetické bilanci spolu s bioplynem a biologicky rozložitelnými složkami komunálních odpadů. V roce 2005 to byl zhruba 3,5 % podíl na spotřebě primárních energetických zdrojů. Navíc tento podíl neustále roste. Na toto téma bylo v posledních 15 letech provedeno mnoho analýz a studií,

jejichž závěry se však vzájemně lišily. To mohlo být způsobeno, že některé ze studií byly vytvářeny s již předem určenými závěry nebo byly prováděny nezpůsobilými osobami. Na jedné věci se však výstupy z analýz shodovaly - a to na tom, že biomasa má v ČR relativně velký potenciál a hraje významnou roli na poli obnovitelných zdrojů energií.

Podle sdružení CZ BIOM se dostupný potenciál biomasy a bioplynu pohybuje v hodnotách až 134 PJ ročně, což je přibližně 7,2 % současné spotřeby primárních energetických zdrojů v ČR. [10,11]

3 Srovnání technologií na energetické využívání biomasy

Jak již bylo zmíněno v druhé kapitole, nejjednodušším a nejvyužívanějším způsobem zpracování biomasy je její přímé spalování. Jedná se o termický proces (oxidace), při kterém získáváme energii z biomasy ve formě tepla. Vzhledem k proměnlivým vlastnostem a charakteru jednotlivých druhů biomasy je nutné, aby nemalá pozornost byla věnována podmínkám, za kterých probíhá spalování a následné čištění výstupních spalin, zejména z hlediska emisí oxidu uhelnatého, oxidů dusíku, tuhých i organických látek. Zařízení pro přímé spalování, jako jsou kotle a topeniště, jsou perspektivní a nejméně problémové tepelné zdroje využívající spalitelnou biomasu. Jejich výkony se pohybují od několika kilowatt až po desítky megawatt.

3.1 Rozdělení kotlů

Podle Zákona 86/2002 o ochraně ovzduší se stacionární zdroje dělí podle míry svého vlivu na kvalitu ovzduší do těchto kategorií:

1. Malé (jmenovitý tepelný výkon nižší než 0,2 MW)
2. Střední (jmenovitý tepelný výkon od 0,2 MW do 5MW včetně)
3. Velké (jmenovitý tepelný výkon vyšší než 5 MW do 50 MW)
4. Zvláště velké (jmenovitý tepelný výkon vyšší než 50 MW) [12]

Podle výkonu a technického řešení je lze rozdělit na následující:

- **Lokální topeniště** (několik kW)

- **klasická kamna** - (plechová či litinová) jsou v dnešní době z technického hlediska překonána. Jejich nevýhodou je méně dokonalé spalování, což znamená nižší účinnost, větší objem vypouštěných emisí. Dále je v tomto případě nutnost časté obsluhy.

- **klasické krby** - jedná se o energeticky méně efektivní způsob lokálního vytápění na biomasu. Klasické krby jsou spíše módním doplňkem v interiéru.

- **krbová kamna** nebo **moderní krbové vložky** – další typ lokálního vytápění, u kterého se dosahuje vyšší účinnosti a je zde i vysoký podíl sálavé složky tepla, v některých případech až 30 % z celkového tepelného výkonu. Ve většině případů jsou také vybavena vzduchovými kanálky pro ohřev okolního vzduchu. Některá současná krbová kamna mají ještě také vestavěnou topnou vložku, a tak zároveň mohou fungovat i jako kotel ústředního vytápění.

- **cihlové pece a kachlová kamna** - byly u nás používány především v dřívějších dobách. Dnes se využívají zvláště jako designový prvek interiéru spolu s již výše zmíněnými klasickými krby. Ale oproti klasickým krbům a kamnům mají určité výhody, mezi které patří například vysoká účinnost a akumulční schopnost, díky níž mohou sloužit jako dostatečný zdroj tepla po delší čas. [13]



Obr. 3- Příklad krbových kamen (převzato [14])

- **Malé kotle na biomasu** - (cca 20 - 100 kW)

V posledních deseti letech došlo v této kategorii kotlů k mnoha inovacím. Dříve bylo hlavním problémem velké množství vypouštěných emisí škodlivých látek. Výrobci těchto kotlů vyvinuli takové technologie, které splňují přísné emisní limity a další požadavky na ochranu životního prostředí. A díky jejich schopnosti spalovat více druhů biomasy, jsou hojně využívány pro vytápění rodinných domů, či menších budov. U moderních kotlů je také čistší technologie spalování, větší možnost regulace díky možnosti automatického přikládání, což však s sebou nese určité nároky na rozměry a tvar paliva. Nevýhodou kotlů těchto výkonů jsou pevné rošty. [15]

• Střední kotle

Jedná se o kotle vyšších výkonů (řádově stovky kW). Jsou vybaveny automatizační technikou, která umožňuje samočinné přikládání paliva a spalování. Technologie těchto kotlů vyžaduje určitou úpravu velikosti a tvaru biomasy, aby bylo dosaženo co nejdokonalejšího spalování. Běžný kotel na biomasu lze rozdělit na několik částí:

a) Spalovací komora kotle

- se spodním přívodem paliva
- se šikmým pevným, nebo mechanickým roštem (někdy vodou chlazeným)

b) Teplovodní výměník, který představuje hlavní teplosměnnou plochu.

c) Přívod a rozdělení spalovacího vzduchu

- vzduchový ventilátor primárního spalovacího vzduchu
- vzduchový ventilátor sekundárního spalovacího vzduchu

d) Odlučovač tuhých látek ze spalin

- většinou se používá multicyklonový odlučovač s recirkulací části vyčištěných spalin zpět na vstup do odlučovače. Tím se zajistí dokonalejší čištění spalin při sníženém výkonu kotle.

e) Spalinový ventilátor pro odtah spalin do komína.

f) Automatická regulace výkonu kotle a dopravy paliva.

g) Provozní zásobník paliva s návaznou dopravou paliva do kotle.

Oproti malým kotlům jsou obvykle vybaveny pohyblivým roštem (pásovým nebo řetězovým) ve spalovací komoře, díky němuž je možné oddělit jednotlivé fáze spalovacího procesu:

- sušení, odpařování vody z paliva
- pyrolýza, tj. uvolňování plynné složky paliva
- spalování plynné složky paliva
- spalování pevných látek, zejména uhlíku

Palivo je dopravováno za pomoci šnekových dopravníků nebo za pomoci horizontálních hydraulických podavačů. Nejčastěji se jako palivo využívá dřevní štěpka, sláma nebo pelety či celé balíky slámy. Lze spalovat i méně kvalitní biomasu s vyšším obsahem vody. Kotle středních výkonů se využívají především pro vytápění průmyslových areálů, velkých budov a malých obcí nebo vesnic. Kogenerace, nebo-li současná výroba tepla a elektrické energie se v této kategorii kotlů příliš nevyskytuje. [14,16]

• Velké kotle

Kotle velkých výkonů jsou používány k výrobě velkých objemů horké vody nebo páry čemuž odpovídají i jejich výkony pohybující se v řádech jednotek až desítek MW, které jsou nutností zejména při centralizovaném zásobování teplem. Vhodné palivo je dáno buď výrobcem technologie nebo příslušnými normami. Z biomasy se spaluje štěpka, dřevní odpad, pelety a sláma. Z klasických paliv je to uhlí. Konstrukce kotlů umožňuje spalování i spékavých materiálů. V některých případech se uhlí spaluje spolu s biomasou z důvodu zvětšování podílu obnovitelných zdrojů na celkově vyrobené energii. Bohužel ve starých teplárenských provozech se jedná o neefektivní využívání biomasy, protože účinnost technologie pro spalování určitého druhu paliva (uhlí) přidáním jiného druhu paliva (biomasa) je velmi nízká. Proto musí provozovatelé těchto zařízení počítat s určitým omezením, které spočívá v maximálním poměru biomasa/ uhlí cca 15%. Pokud bychom chtěli dosáhnout vyššího poměru paliv, bylo by nutné adekvátně upravit spalovací prostor. V dnešní době jsou však vyvíjeny moderní parní kotle velkých výkonů pro spalování čisté biomasy, které dosahují účinnosti až 90%. Zde je ale problém se zajišťováním dostatečného množství paliva. Celý provoz a regulace kotle je plně automatizován. Vše je řízeno počítači počínaje od zapalování, hlídání teploty vody či páry až po odstavení a odpopelnění. [14,15]

3.2 Technologie pro spalování slámy

Palivová sláma je velmi levným biopalivem. Především je využívána v průmyslových kotelnách s kotli o výkonech nad 250 kW, v některých ojedinělých případech se lze setkat s kotli o výkonu 100kW. Horní výkonová řada není nijak přesně ohraničena. Většinou je dána v závislosti na nabídce výrobců. Obvykle se jedná o jednotky až desítky megawatt. Z těchto hodnot lze vyčíst, že kotle na slámu nejsou určeny k vytápění rodinných domů, nýbrž pro domovní kotelny, průmyslové haly a jiné větší objekty tohoto typu.

Sláma se spaluje buď ve formě balíků, ať už ve tvaru kvádr či válec, nebo jsou tyto balíky děleny na tzv. plástve. Další možností je balíky rozdužit na řezanku a přikládat do kotle šnekovým dopravníkem. Další možností je spalování slaměných pelet, jejich výroba je však ekonomicky náročná a tedy pro využití nevhodná. Ze všech možností je ekonomicky nejvhodnější spalování celých balíků.

Teplovodní kotle nové konstrukce na celé balíky slámy se skládají s předkomory, do které se balík umísťuje ve vertikální poloze, vlastní spalovací komory a spalínového kanálu se zaústěním do vertikálního žárotrubného výměníku. Obě tyto komory jsou z velké části chlazeny vodou. Ve spalovací komoře jsou umístěny otvory pro přívod sekundárního vzduchu, které zajišťují dokonalé spalování s nízkým obsahem CO. Obě komory jsou na svém dně vybaveny posuvným roštem, jímž je sláma ze spodní části celého balíku a tak může postupně prohořívát. Popel je na úplném konci roštu odváděn za pomoci šnekového dopravníku. Palivo je do kotle dopravováno řetězovým nebo válcovým podavačem. Celý tento proces je plně automatizován. Sláma je spalována při maximální vlhkosti 25%. [17]



Obr. 4- Kotel na celé balíky slámy od firmy STEP Trutnov (převzato z [18])

3.3 Technologie pro spalování dřevní štěpky a dřevních odřezků

Kotle na dřevní štěpku jsou využívány zejména pro ohřev vody větších obytných budov, skupin budov či podnikových areálů a pro ústřední vytápění. Štěpkové kotle nejnižších výkonů, u kterých se tepelný výkon pohybuje kolem 15 kW a výše, je možné využít i pro vytápění a ohřev teplé vody v rodinných domech. Je však nutné podotknout, že spalování štěpky pro výkony nepřesahujících 90 kW je neekonomické. I když se jedná o velmi levné palivo, jeho dopravní cesty jsou z hlediska spotřeby elektrické energie náročné a tudíž drahé na provoz. U rodinných domů je lépe spalovat či zplyňovat nijak neupravené dřevní odřezky.

Například u 20 kW kotle se mohou náklady na elektrickou energii potřebnou k dopravě a dávkování paliva do kotle rovnat nákladům na palivo. A díky tomuto faktu musí mít zákazník buď velké zásobníky, nebo mít sjednané častější dodávky paliva od dodavatele. Štěpku je vhodné spalovat v průmyslových kotlích od 90 kW do 10 MW. Jsou sice investičně náročnější, ale díky již zmíněné nízké ceně paliva je návratnost investovaných peněz poměrně rychlá. Dřevní štěpka se dodává buď volně ložená na nákladním automobilu nebo ve velkoobjemových textilních vacích tzv. big bag.

V kotlích pro spalování dřevní štěpky je možné spalovat volně loženou, nestlačenou dřevní štěpku zpracovanou na drobno štěpkovačem. Dalšími způsoby jak upravit vstupní materiál na palivo je použití kladivového drtiče. Pomocí tohoto stroje získáme hrubší štěpku, naopak použitím nožového štěpkovače získáme jemnou. Podle velikosti paliva se odvíjí velikost spalovací jednotky. Čím menší je velikost kotle, tím menší je maximální velikost štěpky.

Dřevní štěpka ze zbytků lesní těžby a z cíleně pěstované biomasy

Do této skupiny patří strojně zpracované těžební zbytky, cíleně pěstované rychlerostoucí dřeviny jako je například japonský topol a kmínky z probírek na délku 50 až 250 mm. Bezprostředně po těžbě dosahuje vlhkost materiálu více než 55 %. Po 6 měsíčním přirozeném dosoušení na slunném a větru exponovaném místě klesne vlhkost na hodnotu okolo 30 %. S tímto parametrem úzce souvisí výhřevnost paliva, která se pohybuje v rozmezí 8 až 12 MJ/kg. Na trhu se lze setkat s několika druhy této dřevní štěpky a to se zelenou získanou ze zbytků po lesní těžbě. Lze v ní nalézt části drobných větví, ale také listí, případně jehličí. Dalším druhem je štěpka hnědá získaná ze zbytkových částí kmenů či pilařských odřezků. Poznávacím znakem je obsah kůry, jelikož toto dřevo není odzrněno. Posledním významným druhem je bílá štěpka, kterou získáváme z odkorněného dříví a z pilařské výroby

Dřevní štěpka ze zbytků z průmyslového zpracování dřeva

Jedná se o strojně zpracovaný odpad průmyslového zpracování dřeva na délku 30 až 150 mm. Vlhkost odpadů z pily bývá kole 45 %. Materiál získaný z truhlářské výroby má vlhkost zhruba 15 %. Výhřevnost se pohybuje mezi 9 až 16 MJ/kg.

Obecně se zařízení kotlů skládá ze spalovací komory nad přesuvným, podhrnovacím nebo pevným roštěm a z vertikálního či horizontálního výměníku. Spalovací komora je

vodotrubná membránová, u menších výkonů chlazená spalovacím vzduchem. Přední část je opatřena vstupním hrdlem paliva, které je na přední část roštu protlačováno pomocí hydraulického nebo šnekového podavače. Vstupní hrdlo je vyhříváno topnou vodou z důvodu předsoušení paliva. Maximální přípustná vlhkost štěrky je 50 %. [19]

3.4 Technologie pro spalování pilin

Piliny jsou surovinou využitelnou jednak k přímému spalování v kotlích k tomu vhodných, ale také jako materiál vhodný k výrobě pelet či briket. Jak každý sám dobře ví, piliny se nevyrábějí na zakázku, nýbrž jsou odpadem v dřevozpracujících provozech. Z toho vyplývá, že na objem jejich produkce mají velký význam sezónní i ekonomické vlivy. Mezi hlavní vlivy patří například snížený provoz na pilách v zimních měsících, kdy se množství pilin odvíjí od poptávky na řezivo na trhu a od vlastní spotřeby pilin ať již pro vytápění samotných provozů či pro sušení samotného řeziva.

Největší komplikací při využívání nijak neupravených pilin je jejich vlastní nakládka, doprava a také skladování. Pro převoz se musí využívat speciálně upravených k tomu určených nákladních automobilů.

Piliny je opět jako dřevní štěrku vhodné používat pro průmyslové kotle od 90 kW do 10 MW ze stejných důvodů uvedených v předchozím bodě 3.3. V současné době se ovšem na trhu objevují i kotle nižších výkonů kolem 30 KW. Které jsou již vhodné pro využití v domácnostech.[19]

4. Návrh technologie pro spalování dřevní štěpky pro malou výtopnu

4.1 Lokalita pro umístění výtopny

Modelový návrh malé výtopny jsem se rozhodl vytvořit pro obec velikosti Dýšina. Tato obec leží 10 km severovýchodně od Plzně. V obci se nachází základní škola a několik průmyslových areálů. Do návrhu však tyto areály a škola nebudou zahrnuty. Počet stálých obyvatel žijících v této obci se pohybuje okolo čísla 1500. Průměrná roční teplota činí v této lokalitě 7,5 °C. [20]

4.2 Výpočet spotřeby tepla obce za rok

Pro celý návrh výtopny je rozhodujícím faktorem množství tepla potřebného k zajištění vytápění celé obce. Nejdříve je tedy nutné vypočítat orientační spotřebu tepla jednoho rodinného domu za celý rok. Při výpočtu spotřeby tepla budu vycházet z tabulky 1., ve které je uvedena měrná roční potřeba tepla na metr čtvereční podlahové plochy a roční náklady na vytápění jsou zde uvedeny pro rodinný dům s vytápěnou podlahovou plochou 180 m².

Tab. 1 - Měrná roční potřeba tepla na vytápění a roční náklady na vytápění [21]

Standard	Měrná roční potřeba tepla	Roční náklady na vytápění
Vyhovující (vyhovující ČSN 73 0540)	cca 90 kWh/m ²	cca 20 000 Kč
Úsporný	cca 80 kWh/m ²	cca 18 000 Kč
Nízkoenergetický	cca 35 kWh/m ²	cca 10 000 Kč
Pasivní	≤ 15 kWh/m ²	cca 6 000 Kč

Z důvodu zjednodušení celého návrhu se bude obec skládat jen z domů splňujících normu ČSN 73 0540 s podlahovou plochou 180 m². Roční spotřeba tepla pro takovýto jeden dům vychází výpočtem:

$$Q_{\text{roční}} = S \cdot D = 180 \cdot 90\,000 = \underline{16,2 \cdot 10^6 \text{ Wh}}, \quad (4.2.1)$$

kde $Q_{\text{roční}}$ je roční spotřeba tepla, S je plocha a D měrná roční potřeba tepla. [22]

Tento výsledek je třeba převést na jednotku J:

$$1 Wh = 3600 J$$

$$Q_{roční} = 16,2 \cdot 10^6 \cdot 3600 = 5,832 \cdot 10^{10} J = \underline{58,32 GJ} \quad (4.2.2)$$

Roční spotřeba tepla domu tedy vyšla 58,32 GJ. Pro obec s 340 takovými domy a zhruba 1500 obyvateli tedy činí celková roční spotřeba tepla 19 828,4 GJ za rok. Tento výsledek má stěžejní význam při samotném výběru kotle.

4.3 Výběr kotle

V České republice se výrobou průmyslových kotlů na biomasu zabývají tyto firmy:

- Verner a.s.
- Step TRUTNOV a.s.
- KSM - Stroker

Pro svůj návrh jsem si vybral firmu Verner a.s. a její řadu kotlů Verner GOLEM. Tyto kotle se vyrábí o jmenovitém výkonu od 90 kW do 2 500 kW, v kaskádě až do 10 MW. Tyto kotle jsou určeny k vytápění a ohřevu teplé vody, popřípadě mohou sloužit k výrobě páry.

Kotle se skládají z podávacího šneku paliva, hořáku, dohořivací komory, která je součástí výměníku, samotného výměníku, odtahového ventilátoru, odlučovače z filtrem, drtiče popela a odpopelňovacího zařízení. K příslušenství patří elektrický rozvaděč, který zajišťuje ovládání celé technologie a hydraulická jednotka zajišťující pohon roštu kotle a pohon pohyblivého dna v zásobníku paliva. Celý proces spalování v kotli je řízen regulací. Díky níž je umožněn plně automatický provoz pouze s občasným dozorem. Palivo je do hořáku dopravováno pomocí šnekového dopravníku, který je vybaven protipožární ochranou, která zamezuje vniknutí ohně do sila. Hořák má pohyblivý rošt, a proto lze spalovat kůru nebo dřevní odpad znečištěný prachem a zeminou, u něhož může dojít ke spékání. Odpopelňování je taktéž automatické do připravených nádob jako například kontejner. Zásobník paliva nebo-li silo má pohyblivé dno, které zabraňuje klenbování paliva a díky tomu lze zaručit rovnoměrnou dodávku paliva. Silo může být umístěno buď na podlaze haly, nebo zapuštěno částečně do země. Další možností je podoba zásobníku jako nadzemní věž.

V kotlích je možno spalovat dřevní hmotu ve formě pilin o vlhkosti maximálně 35 %, dřevní štěpky nebo zelené štěpky o vlhkosti maximálně 50 % a rozměrech 30x30x60 mm. Pokud by bylo k tomuto palivu přidáno stabilizační palivo, například pelety, je hodnota maximální přípustné vlhkosti navýšena o 10 %. U skupiny kotlů o výkonech vyšších než 600 kW, do které spadá i mnou vybraný kotel, je možné spalovat i slámu s nejvyšší vlhkostí 20 %. Díky konstrukci kotle je rovněž bezproblémové spalování i spékavých materiálů jako je kůra a dalších paliv tvořících škváru. [23]

Tab. 2- Technické údaje jednotlivých kotlů GOLEM [23]

Kotel	Celkový jmenovitý výkon [kW]	Celkové rozměry [mm] (d x š x v)	Celková provozní hmotnost [kg] (včetně vodní náplně)
GOLEM 90 (Compact)	90	1670x1430x1000	1 600
GOLEM 225 (Compact)	225	2250x1380x1870	4 000
GOLEM 350 hořák + dohořivací komora + výměník)	350	5580x1230x2100	4 800
GOLEM 600 (hořák + výměník)	600	5590x1980x2150	7 000
GOLEM 900 (hořák + výměník)	900	5990x2210x2330	12 400
GOLEM 1800 (hořák + výměník)	1800	7980x2550x2910	32 800
GOLEM 2500 (hořák + výměník)	2500	9925x2800x3325	40 900
U kotlů GOLEM 90 a 225 tvoří hořák, dohořivací komora a výměník jeden nerozebiratelný celek, použití pouze jako teplovodní provedení			
U kotle GOLEM 350 jsou hořák, dohořivací komora a výměník samostatné celky spojené pomocí přírub, podle typu výměníku existuje možnost teplovodního, horkovodního nebo parního provedení			
U kotlů GOLEM 600 až 2500 jsou samostatným celkem hořák a výměník, součástí výměníku je dohořivací komora, podle typu výměníku existuje možnost teplovodního, horkovodního nebo parního provedení, u těchto výkonů je možné spalovat i slámu			



Obr. 5 – Ilustrační obrázek kotle firmy GOLEM (převzato [23])

4.4 Výběr výkonu kotle

Aby byl kotel schopen vyrobit dostatečné množství tepla pro vytápění obce, je nutné vybrat vhodný kotel s příslušným výkonem. V našem případě je potřeba kotel, který dokáže vyrobit ročně alespoň 19 828,4 GJ tepla za rok a je schopný spalovat dřevní štěpku. Všem zmíněným parametrům vyhovuje kotel Verner GOLEM 1800 o výkonu 1800 kW za hodinu. Výrobce udává, že účinnost kotle při jmenovitém výkonu dosahuje až 90 %. Využitelný výkon je tedy roven hodnotě 1620 kW. Dále je však nutné odečíst ztráty v rozvodech potrubí. Při použití předem izolovaného potrubí od firmy Reahu s.r.o. o vnitřním průměru 50 mm, tloušťce stěny trubky 3 mm a mocnosti izolace 100 mm jsou ztráty 27 W na 1 metr potrubí při teplotním spádu média 70/50 °C. Při délce potrubního systému 5 km jsou celkové ztráty ve vedení teplovodního média (vody) 0,135 kW. Z celkového instalovaného výkonu je tedy možno počítat pouze s 1,485 MW. Vynásobením zbylého výkonu 1,485 MW počtem hodin topné sezóny, zpravidla se počítá jako ½ roku tedy 4380 hodin, získáme celkový objem tepla, který se právě za tuto dobu vyrobí. Celkově se tedy vyrobí 23 414,4 GJ tepla. Jelikož je celková spotřeba tepla obce 19 828,4 GJ, je vybraný kotel plně dostačující. Zde jsou přehledně uvedeny veškeré výpočty z této kapitoly: [23,24]

$$Q = P \cdot t = 1,485 \cdot 10^6 \cdot 4380 = \underline{6,504 \cdot 10^9 Wh}, \quad (4.4.1)$$

kde Q je množství vzniklého tepla, P výkon a t počet hodin.

Výsledek je opět nutné převést na jednotky J:

$$1Wh = 3600 J$$

$$Q = 6,504 \cdot 10^9 \cdot 3600 = 2,341 \cdot 10^{13} J = \underline{23410 GJ} \quad (4.4.2)$$

Pro nouzový stav jsem se rozhodl do okruhu zařadit ještě záložní kotel nikoliv na biomasu, ale na plyn. Kotel na jiný druh paliva jsem volil z důvodu možného krátkodobého zmenšení dodávek biomasy či poruchy na některé z částí samotného hlavního kotle nebo jeho součástí. Vybral jsem plynový kotel Viadrus G350 o výkonu 320 kW od české společnosti Viadrus a.s.. Samotný hořák není součástí kotle, a proto je nutné ho dokoupit.

Hořák jsem vybral u švédské společnosti Bentone, typ BG 450-2, vhodný pro výkony od 120 do 550 kW. [25], [26]



Obr. 6- Plynový kotel G350 firmy Viadrus (převzato [26])

4.5 Palivo

Nedílnou součástí návrhu je zajištění dostatečného přísunu kvalitního paliva. Jako hlavní palivo bude sloužit suchá dřevní štěpka bez příměsí s výhřevností 12,914 MJ/kg, druhým hlavním palivem bude obilná sláma ve formě řezanky z výhřevností 13,883 MJ/kg. Obě tyto paliva je možné spalovat současně. Důvodem zvolení paliva s menší výhřevností je jeho lokální dostupnost v okolí a také omezené období pro zisk slámy (pouze po žních). [27]

Množství dřevní štěpky a tuhých paliv obecně je možné získat vydělením celkově vyrobeného tepla Q [GJ] výhřevností H [GJ/kg] vynásobenou účinností přeměny η v našem případě 90 %. Bylo by tedy potřeba 2014,18 t dřevní štěpky.

$$m = \frac{Q}{H \cdot \eta} = \frac{23\,410}{0,012914 \cdot 0,9} = 2\,014\,180 \text{ kg} = \underline{2014,180t} \quad (4.5.1)$$

V případě použití obou druhů paliv v poměru 1:1 se výsledná výhřevnost určí aritmetickým průměrem výhřevností obou paliv. V tomto případě by byla výsledná výhřevnost 13,399 MJ/kg. A výsledné množství by činilo 1941,13 t, tedy 970,565 t každého.

$$m = \frac{Q}{H \cdot \eta} = \frac{23\,410}{13,4 \cdot 0,9} = \underline{1941,13 \text{ t}} \quad (4.5.2)$$

[28]

4.6 Ekonomická bilance

Veškeré pořizovací náklady za jednotlivá zařízení, které se mi povedlo zjistit, jsem uvedl v tabulce č. 3. V tabulce č. 4 jsou pak uvedeny ceny paliv za jednu jednotku.

Tab. 3- Pořizovací náklady na jednotlivá zařízení [23,25,26]

Zařízení	Cena [Kč]
Kotel Verner GOLEM 1800	5 400 000
Kotel Viadrus G350	99 700
Hořák Bentone BG 450-2	96 800
Celkem	5 596 500

Tab. 4 Ceny paliv [29,30,31]

Palivo	Cena za t (m ³) [Kč]
Dřevní štěpka	1400
Obilná sláma	576
Zemní plyn	10,34

Závěr

V první části této bakalářské práce jsem se pokusil představit samotnou biomasu jako materiál vhodný k energetickému využití, tedy využitelný jako palivo. Dále jsem v této části uvedl její základní rozdělení podle obsahu vody, které má zásadní vliv pro následný výběr technologie k jejímu energetickému využití. Dále jsem zde nastínil, odkud je možné biomasu získávat. Ve většině případů je pak nutné biomasu určitým způsobem upravit tak, aby ji bylo možné energeticky využít či její použití co nejvíce zjednodušit. Ve valné části případů je upravená či jinak přeměněná biomasa spalována.

V druhé části bylo mým úkolem popsat současný stav v energetickém využívání biomasy.

V třetí části jsem porovnával jednotlivé technologie pro spalování dřevní štěpky, dřevních odřezků, pilin a slámy. Nejprve jsem si rozdělil technologie tedy kotle a další zařízení pro spalování podle jejich výkonových parametrů. V zásadě podle výkonu existují dva typy zařízení a to typ pro domácí použití a typ pro průmyslové využití bez ohledu na druh paliva. Avšak je nutno podotknout, že pro zařízení do výkonů cca 90 kW je spalování dřevní štěpky a slámy velmi neekonomické. Ne snad z důvodu ceny samotného paliva, ale spíše z hlediska jeho dopravní cesty, které jsou z pohledu spotřeby elektrické energie velmi náročné a tím pádem drahé na provoz. Například u 20 kW kotle se rovnají náklady na potřebnou elektrickou energii nákladům za palivo. Dále jsou u štěpky, slámy a také pilin kladeny velké nároky na skladovací prostory z hlediska jejich objemu. Pro vytápění a ohřev teplé vody v rodinném domě je neekonomičtější využití kusového dřeva či výše zmíněných dřevních odřezků ať už jejich přímým spálením či zplynováním.

Závěrečnou část této bakalářské práce tvoří návrh malé výtopny. Díky informacím z předešlých částí této práce byl samotný návrh do jisté míry usnadněn. Malou výtopnu jsem se rozhodl navrhnout pro obec se zhruba 1500 obyvateli. Roční spotřeba tepla pro vytápění takto velké obce vyšla výpočty na 19 828,4 GJ. Pro zajištění výroby dostatečného množství tepla bylo nutné vybrat kotel s takovým výkonem, který by pokryl veškerou spotřebu obce. Pro tento účel jsem si vybral průmyslový kotel Verner GOLEM o výkonu 1800 kW od firmy Verner, který pracuje s 90 % účinností. Po odečtení veškerých ztrát je tento kotel schopen

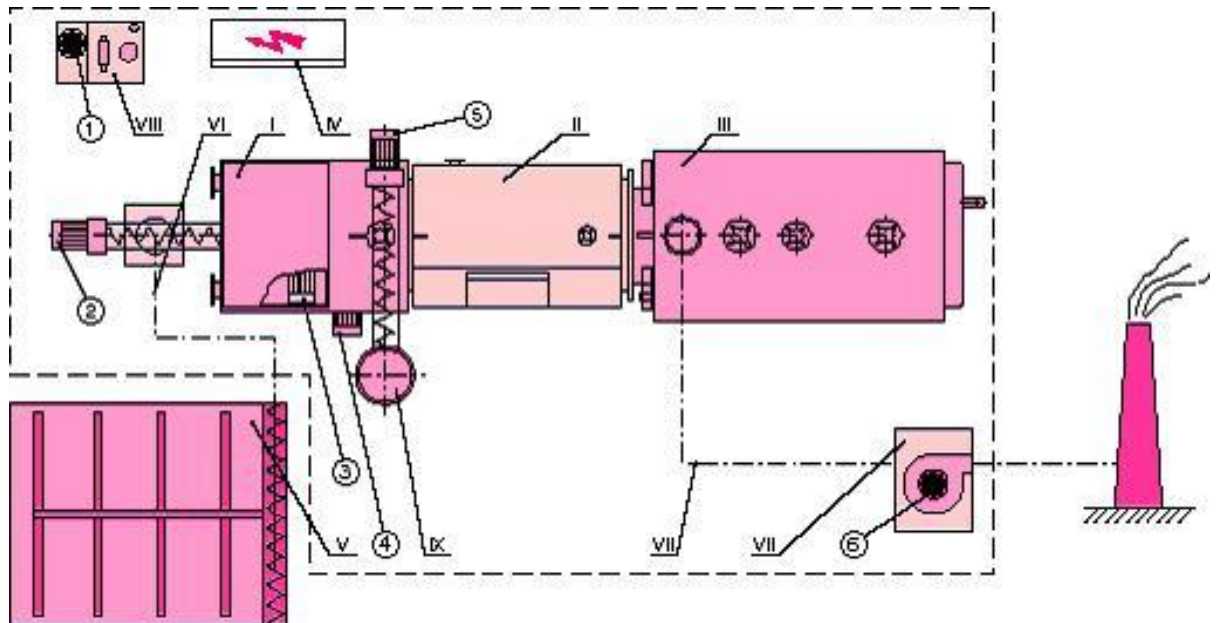
vyrobit a dodat 23 414 GJ. Z těchto vypočtených hodnot je patrné, že výkon kotle je dostatečný a v případě velmi nízkých venkovních teplot by dokázal pokrýt špičkové výkyvy ve spotřebě. Pro nouzový stav způsobený například poruchou kotle či omezenými dodávkami dřevní štěpky jsem se rozhodl do topné soustavy přidat záložní plynový kotel Viadrus G350 od firmy Viadrus o výkonu 320 kW, aby nedošlo k úplnému výpadku dodávek tepla

Seznam literatury a informačních zdrojů

- [1] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <https://cs.wikipedia.org/wiki/Biomasa>
- [2] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://www.ekowatt.cz/cz/informace/obnovitelne-zdroje-energie/energie-biomasy>
- [3] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://www.jilos.cz>
- [4] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Spalování>
- [5] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Esterifikace>
- [6] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm
- [7] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Anaerobní_digesce
- [8] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Alkoholové_kvašení
- [9] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Kompostování>
- [10] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://vec.vsb.cz/userfiles/pdf/studijni-materialy/biomasa.pdf>
- [11] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://www.cez.cz/edee/content/file/energie-a-zivotni-prostredi/oze-cr-all-17-01-obalka-in.pdf>
- [12] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://www.zakonyprolidi.cz/hledani?text=86%2F2002>
- [13] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://www.krbova-kamna.com/abx-helsinki-4645-6-p.html>
- [14] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://www.mpo-efekt.cz/dokument/02.pdf>
- [15] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: http://autnt.fme.vutbr.cz/szz/2010/BP_Havlicek.pdf
- [16] URBAN, L.; MÁŠA, V.: NOVÝ TYP ZAŘÍZENÍ PRO SPALOVÁNÍ BIOMASY A FYTOMASY I. Technologie a koncepce experimentální jednotky. In Energie z biomasy VI, Sborník příspěvků ze semináře. Ostrava, VŠB TU Ostrava. 2007. p. 114 - 119. ISBN 978-80-248-1535-0
- [17] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://biom.cz/cz/odborne-clanky/ekologicka-hlediska-spalovani-biomasy>
- [18] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://www.steptrutnov.cz/vyrobni-program/kotle-na-biomasu/kotle-na-spalovani-baliku-slamy-step-ks-175-600-kW.html>
- [19] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://www.iczt.cz/cs/doc/kotleMV.pdf>
- [20] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://www.risy.cz/cs/vyhledavace/obce/detail?zuj=558851>
- [21] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z: <http://www.nasdum.cz/nase-sluzby/4-energeticke-standardy>

- [22] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z:
<https://portal.zcu.cz/portal/prohlizeni.html>
- [23] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z:
<http://www.kotle-verner.cz/vyroby/kotelny-na-biomasu/golem-1800-horak--vymenik>
- [24] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z:
<http://www.rehau.com/download/679750/cenik-rehau-rauothermex.pdf?>
- [25] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z:
http://www.bentone-dobrovsky.cz/data/cenik_2012.pdf
- [26] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z:
<http://www.viadrus.cz/tlakovy-horak/prumyslovy-plynovy-kotel-viadrus-g350-34-cz3.html>
- [27] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z:
<http://vytapeni.tzb-info.cz/tabulky-a-vypocty/129-vypocet-vyhrevnosti-biopaliva>
- [28] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z:
<http://www.chmi.cz/files/portal/docs/uoco/oez/emise/evidence/.../energie.xls>
- [29] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z:
<http://www.usetreno.cz/energie-plyn/cena-plynu/>
- [30] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z:
<http://www.tzb-info.cz/prehled-cen-drevni-stepky>
- [31] [online]. [cit. 2014-06-01]. Dostupné z:
<http://ekolist.cz/cz/zelena-domacnost/rady-a-navody/co-vsechno-je-biomasa>

Přílohy



Obr. 7- Schematické znázornění kotelny od firmy Verner (převzato [23])

Legenda ke schematickému obrázku číslo 7:

I = hořák
 II = dohořivací komora
 III = výměník
 IV = řídicí jednotka
 V = zásobník paliva / silo
 VI = dopravní cesty
 VII = kouřovody a filtrace
 VIII = hydraulický agregát
 IX = kontejner

1 = pohon hydrogenerátoru
 2 = pohon příkladacího šneku
 3 = pohon ventilátoru spalovacího vzduchu
 4 = pohon drtiče popela
 5 = pohon dopravníku popela
 6 = pohon spalínového dopravníku