



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV PROCESNÍHO A EKOLOGICKÉHO
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PROCESS AND ENVIRONMENTAL
ENGINEERING

BIOMASA V SYSTÉMECH ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM MĚST A OBCÍ - II

BIOMASS IN HEATING SYSTEMS OF CITIES AND VILLAGES - II

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ONDŘEJ TOMŠŮ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. VÍTĚZSLAV MÁŠA

BRNO 2008

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav procesního a ekologického inženýrství

Akademický rok: 2007/08

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Tomšů Ondřej

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Strojní inženýrství (2301R016)**

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

Biomasa v systémech zásobování teplem měst a obcí - II

v anglickém jazyce:

Biomass in heating systems of cities and villages - II

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Seznámení s problematikou ekonomické náročnosti provozu systémů centralizovaného zásobování teplem (CZT). Zjištění obvyklých zákaznických cen tepla z CZT ve vybraných městech a obcích ČR. Srovnání cen s jinými alternativami výroby a distribuce tepla. Uvedení několika příkladů realizovaných projektů.

Cíle bakalářské práce:

Představit centralizované zásobování teplem (CZT) jako jednu z tradičních možností výroby a distribuce tepla. Posoudit úroveň zákaznických cen tepla z realizovaných projektů CZT.

Seznam odborné literatury:

Lulkovičová O., Zdroje tepla a domovní kotelny, Jaga, Bratislava, ISBN 8080760020, (2004)

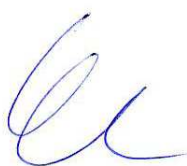
Cikhart J., Soustavy centralizovaného zásobování teplem, Praha, ISBN 8003000211, (1989)

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Vítězslav Máša

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2007/08.

V Brně, dne 23.11.2007

L.S.



prof. Ing. Petr Stehlík, CSc.
Ředitel ústavu



doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

Abstrakt

Práce se zabývá centralizovaným zásobováním teplem v systémech měst a obcí. Představuje systém zásobování teplem, uvádí historii centralizovaného zásobování teplem v ČR, rozdělenou do několika charakteristických období a výhled do budoucna.

V další kapitole se zabývá rozdělením a popisem tepelných zdrojů. Jsou zde uvedeny statistiky ve využívání systémů centralizovaného zásobování teplem v ČR a Evropských státech.

Velká část práce je věnována palivům používaným ve zdrojích tepla a jejich rozdělení. Hlavní důraz je kladen na biomasu, jsou popsány všechny její důležité parametry, její druhy, způsoby zpracování a využití k získávání tepla.

Dále se práce zabývá technologií kogenerace, která využívá společné výroby tepelné a elektrické energie, jsou uvedeny její hlavní výhody a popsána technologie trigenerace.

Závěrečná část práce je věnována finanční stránce systémů zásobování teplem. Jsou uvedeny příklady efektivně realizovaných projektů, uveden příklad teplárny s velmi krátkou dobou návratnosti investic a závěrečné zhodnocení ekonomické a technologické náročnosti nových i stávajících systémů zásobování teplem.

Abstract

The work deals with district heating systems in towns and villages. It presents the heating supply system, features the history of district heating in the Czech Republic, divided into several characteristic periods and future outlook.

The next chapter deals with the division and a description of heat sources. There are statistics shown in the use of district heating systems in the Czech Republic and European countries.

A large part of the work is devoted to fuels used in heat sources and their distribution. The main emphasis is put on biomass, there are described all the important parameters, and its species, methods of processing and utilization for getting the heat.

The work is concerned with cogeneration technology, which uses the joint production of heat and electricity, there are listed its main advantages and described trigeneration technology.

The final part is devoted to the financial aspect of district heating systems. There are listed examples of effective projects, given the example of heat station with a very short period of return of investment and a final assessment of the economic and technological performance of new and existing district heating systems.

Klíčová slova

Centralizované zásobování teplem, biomasa, kogenerace, ekonomika projektu

Keywords

District heating, biomass, cogeneration, project economics

Prohlášení o původnosti práce

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci vypracoval samostatně a použil jsem pouze podklady (literaturu, projekty, atd.) uvedené v příloženém seznamu. Některé názvy uvedené v této práci mohou být registrovanými značkami.

Nemám výhrady proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Brně dne 20. května 2008

.....
Ondřej Tomšů

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé práce Ing. Vítězslavu Mášovi za ochotu, se kterou mi po celou dobu vypracovávání pomáhal, radil a poskytoval příslušné podklady. Dále chci poděkovat Ing. Janu Růžičkovi (technický ředitel firmy LENOX A s., provozující teplárnu v obci Rybníště), Jaroslavě Fišerové (místostarostka obce Rybníště) a Mgr. Barboře Kalasové (informační centrum Bystřice nad Perštejnem) za ochotu při sdělování informací týkajících se provozu tepláren v jejich obcích.

OBSAH

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE	2
ANOTACE	4
PROHLÁŠENÍ.....	5
PODĚKOVÁNÍ	6
1 ÚVOD.....	9
2 ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM.....	10
2.1 CENTRALIZOVANÉ ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM.....	10
2.2 DECENTRALIZOVANÉ ZÁSOBOVÁNÍ TEPLEM	10
3 VZNIK A VÝVOJ CZT.....	12
3.1 30. A 40. LÉTA 20. STOLETÍ	12
3.2 POVÁLEČNÁ ÉRA 50. A 60. LET 20. STOLETÍ.....	12
3.3 70. A 80. LÉTA 20. STOLETÍ	12
3.4 90. LÉTA 20. STOLETÍ A 1. DESETILETÍ 21. STOLETÍ	12
3.5 DÁLKOVÉ VYTÁPĚNÍ A TEPLÁRENSTVÍ V EVROPĚ.....	13
3.6 BUDOUCNOST	14
4 TEPELNÉ ZDROJE.....	15
4.1 ZDROJE TEPLA DO TEPELNÉHO VÝKONU 50-70 kW.....	15
4.2 ZDROJE TEPLA VYŠŠÍCH VÝKONŮ.....	15
4.2.1 Rozdělení kotlů	15
5 PALIVA	17
5.1 DRUHY A VLASTNOSTI PALIV	17
5.1.1 Plyná paliva.....	19
5.1.2 Kapalná paliva	19
5.1.3 Pevná paliva	19
5.2 BIOMASA	19
5.2.1 Energetické plodiny.....	20
5.2.2 Odpadní biomasa.....	21
5.2.3 Vlastnosti biomasy.....	21
5.2.4 Zpracování a energetické využití.....	21
5.2.5 Spalovací zařízení.....	22
5.2.6 Emise vznikající při spalování.....	23
5.2.7 Doprava.....	24
6 KOGENERACE.....	27
6.1 KOGENERAČNÍ JEDNOTKA.....	28
6.2 HLAVNÍ PŘÍNOSY KVET	30
6.3 TRIGENERACE.....	31
7 FINANČNÍ ZHODNOCENÍ.....	32
7.1 SROVNÁNÍ CEN DÁLKOVÉHO TEPLA V RÁMCI ČR.....	32
7.2 VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY K VYTÁPĚNÍ VE VELKÝCH MĚSTECH	33
7.3 PŘÍKLAD EFEKTIVNÍHO ŘEŠENÍ S RYCHLOU NÁVRATNOSTÍ	33
7.3.1 ORC Teplárna Sever - Třebíč.....	33
7.4 DALŠÍ REALIZOVANÉ PROJEKTY	36
7.4.1 Valašská Bystřice.....	36
7.4.2 CZT Kašperské Hory	37
7.4.3 Teplárna Trhové Sviny.....	38
7.4.4 Posouzení předložených projektů	39

7.5	ZHODNOCENÍ EKONOMICKÉHO ASPEKTU VYUŽÍVÁNÍ BIOMASY	39
8	ZÁVĚR	40
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	41

1 ÚVOD

S potřebou tepla se setkává lidstvo odnepaměti dodnes. V souladu s literaturou [1] můžeme konstatovat, že „mezi nejzávažnější globální problémy současného světa patří zabezpečení dostatečného množství ekologicky a ekonomicky výhodných zdrojů energie pro stále rostoucí počet obyvatel země“. Spotřeba energie velmi rychle stoupá, stejně tak jako se zvyšují nároky na energetickou náročnost budov, ekologii, účinnost a kvalitu tepelných zařízení a paliv. Kolem sebe můžeme pozorovat velký počet nově zateplených domů a budování nových nízkoenergetických budov. Díky tomu se zvyšují úspory energie, výkony, účinnost distribuce a odběry tepelné energie v sektoru maloodběratelů a snižují se náklady zdrojů tepla.

Konec minulého století byl ve znamení rozvoje jaderné energetiky, zatímco znakem současného období je přechod od využívání uhlí k zemnímu plynu a alternativním palivům. Díky tomu je potřeba hledat stále nové technologie a způsoby jak vyrábět, dodávat a využívat tepelnou energii efektivněji.

Tato práce seznámí čtenáře s problematikou zásobování teplem, přehledně rozdělí stávající systémy a zdroje do několika skupin podle různých parametrů a uvede výhody a nevýhody těchto systémů. Budou zmapovány systémy zásobování teplem v ČR a v Evropě. Dále budou představeny nové technologie a trendy týkající se této problematiky.

Významná část práce patří biomase, jakožto palivu, které je v dnešní době stále více používáno a skrývá v sobě velký potenciál. Čtenář bude seznámen s jejími energetickými vlastnostmi, nároky na zpracování, dopravu a způsoby využití k tepelnému zásobování. Budou také přestaveny příklady systémů dálkového vytápění, které ji využívají.

V závěru se práce zabývá ekonomickou stránkou dálkového vytápění, zhodnocení finanční náročnosti na vybudování konkrétních příkladů systémů CZT a výhledem v jejich využívání.

2 SYSTÉM ZÁSBOVÁNÍ TEPEM

V této kapitole je čerpáno ze zdrojů [1,3,4]. Společnost potřebuje ke svému fungování teplo, ať už se jedná o zajištění tepelného pohodlí a teplé užitkové vody pro hygienické účely v domácnostech a různých organizacích nebo horké vody či páry pro průmyslové potřeby.

Zdroje tepla jsou zařízení, v nichž probíhají reakce, kterými vzniká tepelná energie. Tyto zdroje mohou zásobovat teplem jednu místnost, byt, dům, rozsáhlý komplex budov, nebo celá města. V případě zdrojů, které zásobují teplem rozsáhlou sítí objektů, hovoříme o centralizovaném zásobování teplem. Pokud je zdrojem zásobován jeden objekt, označujeme tento systém jako decentralizované zásobování teplem.

2.1 Centralizované zásobování teplem

Centrálním zásobováním teplem (CZT) rozumíme systém vytápění, kdy se teplo vyrábí na jednom místě a poté je rozváděno teplotárenskou sítí do velkého počtu objektů. Můžeme jej také nazývat dálkovým vytápěním. Zdroje tepla pro centrální zásobování teplem jsou zařízení vyšších výkonů (nejčastěji teplárny, elektrárny a obecní nebo blokové kotelny).

Hlavní výhody CZT:

- Pro odběratele tepla je to velmi pohodlná a jednoduchá cesta k zajištění tepla. V systému CZT je nakládáno s palivy, vodou a odpady více kontrolovaně a systém čištění spalin je propracovanější, což má příznivý dopad na životní prostředí.
- Při výrobě tepla tímto způsobem je možno využít více druhů paliv, společnou výrobu tepla a elektřiny (tzv. kogeneraci), tím pádem je palivo využíváno více efektivněji.
- Při poruše jednoho ze zdrojů tepla, je možno použít zdroj náhradní.

Hlavní nevýhody CZT:

- Hlavní nevýhodou je prakticky nulová možnost ovlivnit konečnou cenu tepla.
- Dále jsou to velké pořizovací náklady pro zprostředkovatele tepla, vyšší ztráty v dopravě tepla, jelikož délka sítě je několikanásobná v porovnání s decentralizovaným zásobováním teplem, závislost spotřebitele na dodavateli tepla a obtížná regulovatelnost pro spotřebitele u starších systémů.

2.2 Decentralizované zásobování teplem

Decentralizované zdroje tepla (DZT) zásobují teplem celý dům, byt, či jedinou místnost. K vytápění místnosti se používají místní zdroje tepla, které jsou umístěny přímo ve vytápěné místnosti. Často se používají u objektů, které jsou využívány krátkodobě. Pro vytápění jednoho či více objektů se využívá ústředního vytápění. To je charakteristické tím, že je zdroj tepla umístěn v samostatné místnosti vyhrazené pouze k tomuto účelu. Zdroje tepla jsou v tomto případě kotle spalující ušlechtilá paliva.

V současnosti jsou velmi oblíbené nástěnné kotle pro svůj kompaktní objem a okamžitou možnost poskytnout teplo. K ústřednímu vytápění nám slouží stacionární kotle.

Hlavní výhody DZT:

- Hlavní výhodou decentralizovaného zásobování teplem je nezávislost na zprostředkovatelích tepla.
- Je zde také jednodušší regulovatelnost na rozdíl od starších systémů CZT.

Hlavní nevýhody DZT:

- Velkou nevýhodou je náročnost na provoz a údržbu kotlů, které je potřeba pravidelně kontrolovat a opravovat.
- Pokud je používáno palivo, které není dodáváno ze sítě, je potřeba vzít do úvahy nutnost pravidelného doplňování paliva do kotle a v případě tuhých a kapalných paliv náročnost na skladovací prostory.

3 VZNIK A VÝVOJ CZT

V této kapitole je čerpáno ze zdrojů [1,2,3,9,16,17]. Centralizované zásobování teplem neboli teplárenství se začalo rozvíjet na začátku 30. let 20. století. Tento vývoj lze rozdělit do několika charakteristických období.

3.1 30. a 40. léta 20. století

V tomto období se začala rozvíjet průmyslová výroba ve městech, což mělo za následek potřebu velkého množství tepla pro technologické účely a pro vytápění bytů v nových dělnických čtvrtích. Bylo také zapotřebí řešit problémy s dopravou a skladováním paliva - v té době převážně uhlí. Vybudování vysokých komínů a svoz škváry a popílku na úložiště přispělo ke zlepšení životního prostředí.

V tomto období také vznikaly první teplárny se zdroji kombinované výroby elektřiny a tepla. Jako příklady je možno uvést parní soustavu v Brně se zdrojem Teplárna Špitálka nebo parní soustavu v Praze se zdrojem Elektrárna Holešovice. Teplonosnou látkou byla v tomto období hlavně pára.

3.2 Poválečná éra 50. a 60. let 20. století

V tomto období zaznamenáváme největší rozvoj velkých teplárenských soustav. Hlavní motivací pro další rozvoj CZT v té době byl stále větší rozvoj těžkého průmyslu a s ním související nárůst energetických potřeb. Dalším důvodem bylo spojování regionálních soustav do jednoho propojeného systému. Výsledek znamenal zakládání velmi rozsáhlých soustav centralizovaného zásobování teplem především v průmyslových oblastech. Jednalo se o Ostravsko, severní Čechy, Prahu, Pardubice, Hradec Králové, Plzeň a další. Zdroji těchto soustav byly zpravidla nově budované elektrárny nebo teplárny situované mimo městská centra. Rozvody byly horkovodní a stále se dalo hovořit na tu dobu o moderních systémech.

3.3 70. a 80. léta 20. století

Rozvoj teplárenství byl ovlivňován zejména budováním panelových sídlišť s okrskovými centrálními zdroji tepla a nástupem ušlechtilých paliv - topných olejů a později i zemního plynu.

Důsledkem této éry bylo budování sice relativně levných, ale energeticky vysoce náročných sídlištních soustav se zdroji na ušlechtilá paliva.

3.4 90. léta 20. století a 1. desetiletí 21. století

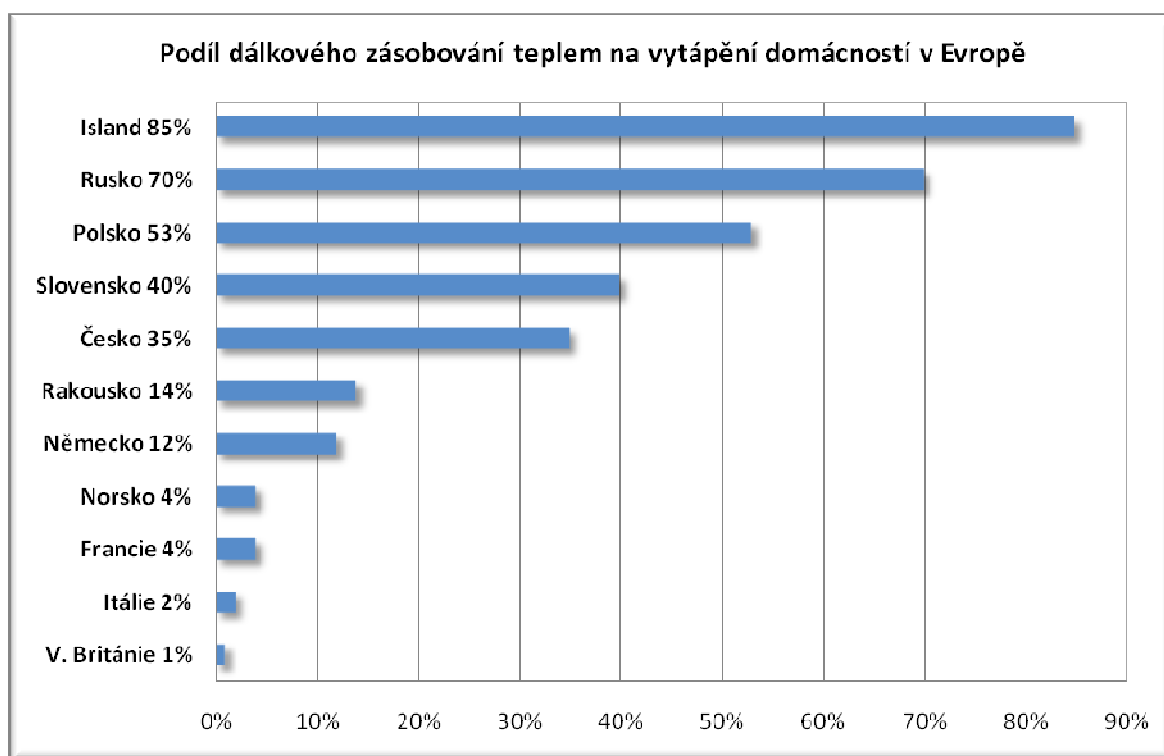
Na vývoj v tomto období má vliv zejména postupná liberalizace cen paliv a energií, dostupnost nejmodernějších teplárenských technologií, utváření konkurenčního prostředí a příchod zahraničních investorů. Jsou přijímány nové ekologické a energetické zákony sblížující naši legislativu se standardy EU.

Důsledkem je modernizace celého procesu CZT u stávajících soustav. Novými prvky jsou odsiřovací zařízení, kogenerační jednotky, výměníky s vysokými měrnými výkony, předizolované potrubní systémy, výměníky s vysokými výkony, automatizace. U spotřebitelů vzrostla možnost měření a regulace. Velký důraz je také kladen na ekologii celého procesu.

Podle statistik je v ČR centralizovaným zásobováním teplem vytápěno 35% až 49% bytů. Poměrně velký rozptyl ve výsledku je způsoben různými metodami výpočtů. Pokud se jako centralizované zásobování teplem berou pouze byty, které jsou napojeny

venkovními rozvody na teplárny a výtopny, vychází číslo 35%. Pokud připočítáme byty, jež jsou zásobovány teplem z domovních kotelen, které ale nemají venkovní rozvody, dostaneme se k číslu 49%. V číselném vyjádření se jedná o 1,33 až 1,86 milionu bytů z celkového počtu 3,8 trvale obydlených bytů v ČR.

V současnosti se CZT v ČR vypořádává s přísnějšími zákony a hlavně se státní podporou jiných způsobů vytápění, zejména biomasou, zemním plynem a elektřinou.



Graf 3.1 Podíl dálkového zásobování teplem na vytápění domácností v Evropě[9]

3.5 Dálkové vytápění a teplárenství v Evropě

V Evropě je centrálně zásobováno teplem kolem 100 milionů domácností, což je více než třetina jejich obyvatel. Nejvíce je dálkové vytápění rozšířeno ve Skandinávii, v Pobaltí a ve střední a východní Evropě. V porovnání s Evropou je ČR přibližně ve středu „žebříčku“ rozšíření CZT. Porovnatelný podíl dálkově vytápěných domácností je například v Rumunsku (31 %), na Slovensku (40 %), ve Švédsku (42 %), Finsku (50 %), Dánsku (51 %), Estonsku (52 %) a Polsku (53 %). Nejvyšší podíl je na Islandu (85 %).

Rozšíření dálkového vytápění závisí na mnoha faktorech – na geografické poloze, hustotě obydlených oblastí, rozvoji průmyslových zón, stěhování se do velkých měst. Volba paliva pro dálkové vytápění závisí na místních podmínkách. V mnoha evropských zemích je hlavním palivem uhlí, oproti tomu na Islandu je hlavní zdroj geotermální energie.

3.6 Budoucnost

Dá se předpokládat, že v budoucnosti bude teplárenství ovlivňováno zejména mezinárodními ekologickými úmluvami, podporou využívání obnovitelných energetických zdrojů a kombinované elektřiny a tepla. Bude více využíváno akumulace tepelné energie, bude zdokonalen systém měření a regulace přívodu tepla. Nové systémy budou provozovány při nižších teplotách a tlacích, budou celkově flexibilnější, jejich doby výstavby či likvidace budou podstatně zkráceny.

4 TEPELNÉ ZDROJE

V této kapitole je čerpáno ze zdrojů [1,5,8]. Jak již bylo řečeno, systém zásobování teplem můžeme rozdělit na 2 hlavní typy- CZT a DZT. Podle [1] můžeme zdroje tepla také rozdělit podle jejich výkonů na zdroje tepla do tepelného výkonu 50-70 kW a na zdroje do tepelného výkonu 3,5 MW.

4.1 Zdroje tepla do tepelného výkonu 50-70 kW

Můžeme je označit jako tzv. malé zdroje tepla, kterými jsou kotle různého technického provedení. V dnešní době mají velmi široké uplatnění při rekonstrukci objektů. Nejčastěji se používají dvě základní provedení, jimiž jsou nástěnné kotle a stacionární kotle, dosahující účinností okolo 90%. Tato provedení se liší mnoha parametry, jako jsou např. využívané palivo, umístění v prostoru, odvod spalin, konstrukční provedení, přívod vzduchu atd.

Dále jsou sem řazeny malé zdroje tepla, které zásobují většinou jednu nebo více místností. Do této kategorie patří například krby, z nichž některé moderní typy dosahují výkonů až 40kW a mohou tedy zásobovat teplem celý dům. Dalšími zdroji jsou přímotopy, akumulární a hybridní kamna, skleněné sálavé panely či solární panely. Velmi zajímavá jsou tepelná čerpadla, která odebírají teplotu okolnímu prostředí a využívají ji k vytápění.

Tyto zdroje jsou používány v systémech DZT, proto se jimi práce nebude dále zabývat.

4.2 Zdroje tepla vyšších výkonů

Tyto zdroje jsou používány v systémech CZT a dosahují výkonů stovek kW až jednotek MW. Spalují nejčastěji fosilní a ušlechtilá paliva. Jedná se např. o nízkotlaké domovní kotelný, které spalují většinou plynná paliva a teplonosnou látkou bývá voda o 95°C, nízkotlaká pára o 0,15MPa nebo olej organického původu, který si zachovává i při teplotě 300 °C kapalné skupenství. Tyto zdroje tepla slouží k vytápění budov, ohřevu TUV a výrobě technologické páry.

4.2.1 Rozdělení kotlů

Podle spalovaného paliva můžeme kotle těchto výkonů rozdělit na kotle, které spalují:

- tuhá paliva – biomasu, hnědé uhlí, koks, brikety
- kapalná paliva – lehký a těžký topný olej
- plynný paliva – zemní plyn, bioplyn, zkapalněný plyn
- elektrické kotle

O palivech bude řečeno více v kapitole 5.

Podle teplonosné látky můžeme kotle rozdělit na:

- vodní – 90 až 110 °C
- parní – 50 až 1500 kPa

Kotle mohou být litinové nebo z nerezové oceli, s atmosférickým nebo tlakovým hořákem, podle regulace na ruční, poloautomatické a automatické, konvekční nebo kondenzační.

Zdroje tepla těchto výkonů se umísťují do samostatné místnosti, od výkonu jednotek MW potřebují celou samostatnou budovu.

5 PALIVA

V této kapitole je čerpáno ze zdrojů [1,6,14,23,24,25]. Paliva jsou látky přírodního nebo umělého původu, které hoří po zahřátí na zápalnou teplotu při potřebném množství kyslíku. Tyto látky musí být v dostatečné kvalitě a množství, aby se daly využít v takovém zařízení jako je zdroj tepla. Použití různých druhů paliv je rozdílné podle klimatických podmínek nebo možností získávání paliv v daných regionech. Významné místo stále zabírají tuhá paliva, ale pro teplárenské účely je nejvýhodnější, nejekologičtější a nejvíce používané plynné palivo - zemní plyn.

5.1 Druhy a vlastnosti paliv

Paliva je možno dělit podle mnoha různých kritérií, nejčastěji se však rozlišují podle skupenství, původu a velikosti spalného tepla. Podle skupenství je dělíme na pevná, kapalná a plynná, podle původu na přírodní a umělá. Detailnější rozbor poskytne tab. 5.1.

Pro tuto práci jsou nejdůležitějšími vlastnostmi spalné teplo a výhřevnost. Výhřevnost udává množství získaného tepla, jestliže vodní pára zůstane ve spalínách v plynném stavu. U spalného tepla se počítá s tím, že vodní pára, obsažená ve spalínách, zkapalní a přitom se uvolní tzv. kondenzační teplo. Spalné teplo je proto vždy větší než výhřevnost.

Vztah mezi spalným teplem a výhřevností udává tento vzorec:

$$Q_i = Q_s - \frac{2453,46}{100}(W + 8,49H) \quad [kJ.kg^{-1}]$$

Q_i	- výhřevnost [kJ/kg]
Q_s	- spalné teplo [kJ/kg]
W	-obsah vody [%hm.]
H	-obsah vodíku [%hm.]
2453	-výparné teplo vody [kJ/kg]
8,94	-koeficient k přepočtu vodíku na vodu [-]

Pro výpočet ceny tepla v palivu je použit vzorec:

$$N_{pal} = \frac{1GJ}{l_{hv}} \cdot N$$

N_{pal}	- cena tepla v palivu [Kč/GJ]
l_{hv}	- výhřevnost [MJ/kg]
N	- cena 1 kg paliva [Kč/kg]

Skupenství paliva	Původ	
	Přírodní	Umělá
Tuhá	antracit černé uhlí hnědé uhlí lignit rašelina dřevo	koks polokoks brikety uhelný prášek
Kapalná	ropa	nafta benzin petrolej topné oleje dehtové oleje syntetické oleje
Plynná	zemní plyn	karbonizovaný plyn generátorový plyn reformovaný plyn svítíplyn vodní plyn propan-butan bioplyn

Tab.5.1 Rozdělení paliv podle skupenství a původu [1]

Palivo	Cena [Kč/t]	Výhřevnost [MJ/kg]	Cena tepla v palivu [Kč/GJ]
Hnědé uhlí	2 850	17,5	162,85
Černé uhlí	5 300	31,0	170,97
Koks	7 500	30,5	245,90
Dřevní štěpka	1 420	10,9	130,27
Pelety	3 800	17,02	223,27
Sláma	800	14,0	57,14
ELTO	19 880	42,5	467,76
Zemní plyn	[Kč/m³]	[MJ/m³]	[Kč/GJ]
Obyvatelstvo	16,80	33,9	495,57
Velkoodběry	9,98		294,39

Tab.5.2 Ceny a výhřevnosti vybraných příkladů paliv [10,11,12]

Nyní bližší specifikace paliv, která jsou rozdělena dle skupenství:

5.1.1 Plynná paliva

Plynná paliva jsou směsí hořlavých a nehořlavých plynů. Nejvýznamnější ze spalovacího hlediska je zemní plyn. Vzhledem k jeho vysokému tlaku je vhodný k dopravě plynovody na neomezené vzdálenosti. Ke spalování ve zdrojích tepla je určen především zemní plyn, propan-butan, svítiplyn a stále více populární bioplyn.

Propan-butan je směs propanu a butanu, která vzniká při zpracování benzínu a potkáváme ji nejčastěji ve stlačené formě v propan-butanových lahvích. V kombinaci se vzduchem je velmi výbušný, ale není jedovatý.

Zemní plyn obsahuje velké množství metanu, je dvakrát lehčí než vzduch, dvakrát výhřevnější než svítiplyn, je velice výbušný, ale není jedovatý. Podle původu se dělí na ropný a karbonový.

Svítiplyn je jedovatý, protože obsahuje oxid uhelnatý, a z tohoto důvodu se příliš pro výrobu tepla nehodí a už se nepoužívá.

5.1.2 Kapalná paliva

Nejznámějším kapalným palivem je ropa, ale v přírodním stavu se jako palivo téměř nevyužívá. V energetice se nejčastěji používají umělá paliva, jako jsou např. topné oleje. Ty vznikají jako vedlejší produkt při zpracování ropy, dehtu nebo přímého zpracování uhlí. Jsou hořlavinou III. třídy, ale v kombinaci se vzduchem nevytvářejí výbušnou směs, proto jsou bezpečnější než plynná paliva. Jejich nevýhodou je nízký bod tuhnutí, a proto se musejí při skladování a dopravě do kotlů ohřívat.

Ve zdrojích tepla se spalují topné oleje díky jejich výborným vlastnostem, jako jsou vysoká výhřevnost, možnost skladování a dopravy, nízký obsah vody a popela. Zvlášť výhodné jsou v blízkosti ropovodů. Topné oleje pro spalování ve zdrojích tepla můžeme rozdělit podle obsahu popela, mechanických nečistot a obsahu síry na extra lehké topné oleje (ELTO), lehké topné oleje (LTO) a těžké topné oleje (TTO), které obsahují nejvíce těchto těžkých frakcí.

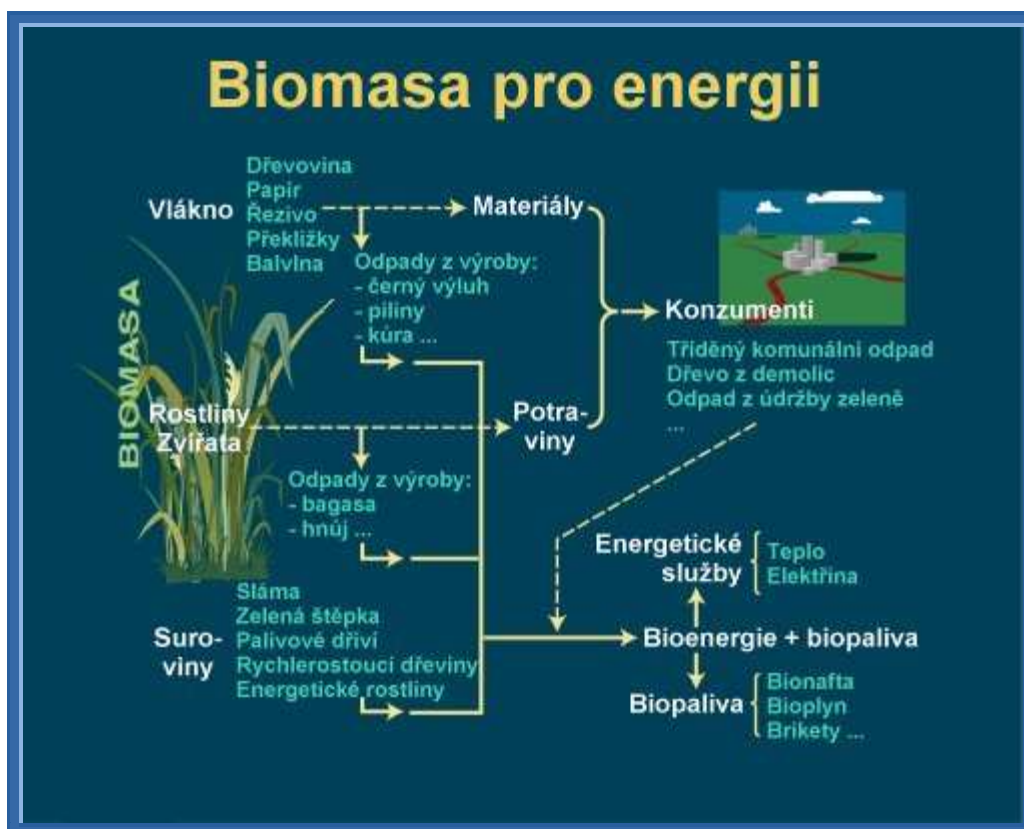
5.1.3 Pevná paliva

Pevná paliva mají v energetice stále své místo. Mezi nejpoužívanější patří hnědé a černé uhlí, buď v přírodním, nebo častěji zušlechtěném stavu. Přírodní pevná paliva jsou většinou fosilního původu nebo se jedná o tzv. biomasu, tj. organickou hmotu, která vznikla fotosyntézou. Zušlechtěná tuhá paliva vznikla přeměnou jiných druhů paliv, např. koks, polokoks nebo dřevěné uhlí.

5.2 Biomasa

V mnoha člancích a knihách týkajících se problematiky biomasy najdeme tuto definici: „Pojem biomasa označuje veškerou organickou hmotu vzniklou prostřednictvím fotosyntézy, nebo hmotu živočišného původu. Tímto pojmem je často označována rostlinná biomasa využitelná pro energetické účely jako obnovitelný zdroj energie“ [15]. Je potřeba zdůraznit, že organická hmota vzniklá fotosyntézou, která se za mnoho let přeměnila na fosilní palivo, se nedá označit jako biomasa.

Biomasu lze chápat jako živočišný akumulátor, který spotřebovává sluneční energii, kterou pak můžeme uvolnit a využít pro další energetické účely.



Obr. 5.1 Energetické využití biomasy [18]

5.2.1 Energetické plodiny

Využívají se pro energetické účely, nikoli pro potravinářské, či technické využití. Pro energetické účely je možno použít mnoho rostlin, ale praktický význam mají pouze ty, které mají k tomuto účelu vhodné vlastnosti, jimiž jsou hlavně:

- Dobrá účinnost přeměny CO₂ na biomasu
- Velký obsah sušiny, nízký obsah vody
- Vysoká výhřevnost a malý obsah popela
- Nenáročnost na vodu a živiny
- Vysoká odolnost proti chorobám a škůdcům

5.2.2 Odpadní biomasa

Byla již nějak využívána, nejčastěji v průmyslu. Mezi významné zdroje tohoto odpadního paliva patří:

- Zemědělská výroba (kukuřičná, řepková nebo obilní sláma, seno)
- Údržba krajiny, sadů a travnatých ploch (prořezy a křoviny)
- Těžba dřev (větvě, kořeny, pařezy, vršky stromů, kůra, šišky)
- Potravinářský průmysl (cukrovary, lihovary, jatka, mlékárny).
- Nevyužité zbytky z živočišné výroby (hnůj, kejda, zbytky krmiv).
- Komunální organické odpady.

5.2.3 Vlastnosti biomasy

Výhřevnost je stejně jako u dalších paliv ústředním parametrem. Je různá podle druhu rostliny, ale hlavně podle vlhkosti. Pokud je dřevo uskladněno pod střechem a přirozeně provětráváno, sníží svůj obsah vody na 20% za rok, sláma za stejných podmínek na 13%.

Pokud by dřevo bylo dokonale suché (neobsahovalo žádnou vodu) byla by energie v 1kg asi 5,2 kWh. Všechnu vodu však prakticky odstranit nelze a ve dřevě zůstává voda odpovídající asi 20% hmotnosti suchého dřeva. Při spalování se část energie spotřebuje na vypaření vody, energetický obsah je tedy 4,3 až 4,5 kWh na 1 kg dřeva.

Chemické složení dřevní štěpky a slámy je uvedeno v tab. 5.3.

Složka	Obsah [%] složky v	
	dřevní štěpce	slámě
C	50,747	47,000
H₂	6,147	5,600
O₂	42,580	38,000
S	0,001	0,100
N	0,526	0,400
Cl	0,010	0,100
Popel	1,320	5,000

Tab 5.3 Chemické složení dřevní štěpky a slámy

5.2.4 Zpracování a energetické využití

Biomasu můžeme rozdělit na tzv. "suchou" (tj. např. dřevo) a "mokrou" (např. tzv. kejda – pevné a tekuté zvířecí výkaly smísené s vodou). Také základní procesy zpracování biomasy dělíme na suché a mokré. Při suchých procesech dochází k termochemické přeměně, jako je spalování, pyrolýza a zplynování. V mokřích procesech dochází k biochemické přeměně, která zahrnuje anaerobní vyhnívání, metanové kvašení, lihové kvašení a výrobu biovodíku. Výrobu bionafty a přírodních maziv řadíme do zvláštní skupiny, jejíž podstatou je lisování olejů a jejich následná úprava.

Po sklizení má biomasa velký obsah vody, což je nežádoucí kvůli vysokému výparnému teplu vody, proto je potřeba nechat biomasu alespoň částečně vyschnout (za optimální se považuje vlhkost do 20%). Toho lze docílit běžným sušením pod přístřeškem, ale některé druhy zpracování (jako je např. lisování do briket nebo peletek) vyžadují vyšší suchost, proto je potřeba použít sušení za zvýšené teploty, což vyžaduje určité množství energie.

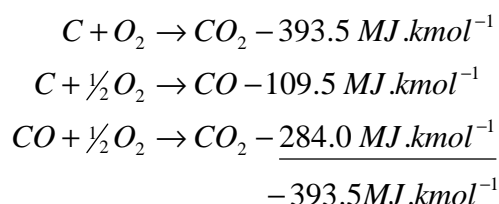
Po vysušení je potřeba zpracovat biomasu na danou velikost. K tomuto účelu jsou používány štípačky (pro velké kusy dřeva) a drtiče, které palivo dle potřeby rozmělní na kusy o velikosti 1 cm až několika cm.

Po vysušení a úpravě na požadovanou velikost následuje doprava ke spalovacímu zařízení. Ekonomickou náročností dopravy se práce zabývá v kap. 5.2.9.

Spalování za dostatečného přístupu kyslíku je nejjednodušší metodou pro termickou přeměnu biomasy na tepelnou energii. Je to chemický proces rychlé oxidace, kterým se uvolňuje chemická energie vázaná ve spalovaném palivu na energii tepelnou. Tato energie je následně využívána pro vytápění, technologické procesy nebo pro výrobu elektrické energie. Spalování většinou nevyžaduje předběžnou speciální úpravu biomasy, ale 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. Více o emisích bude řečeno v kap. 5.2.7. Spalování biomasy je v současnosti technicky ve dvou koncepcích:

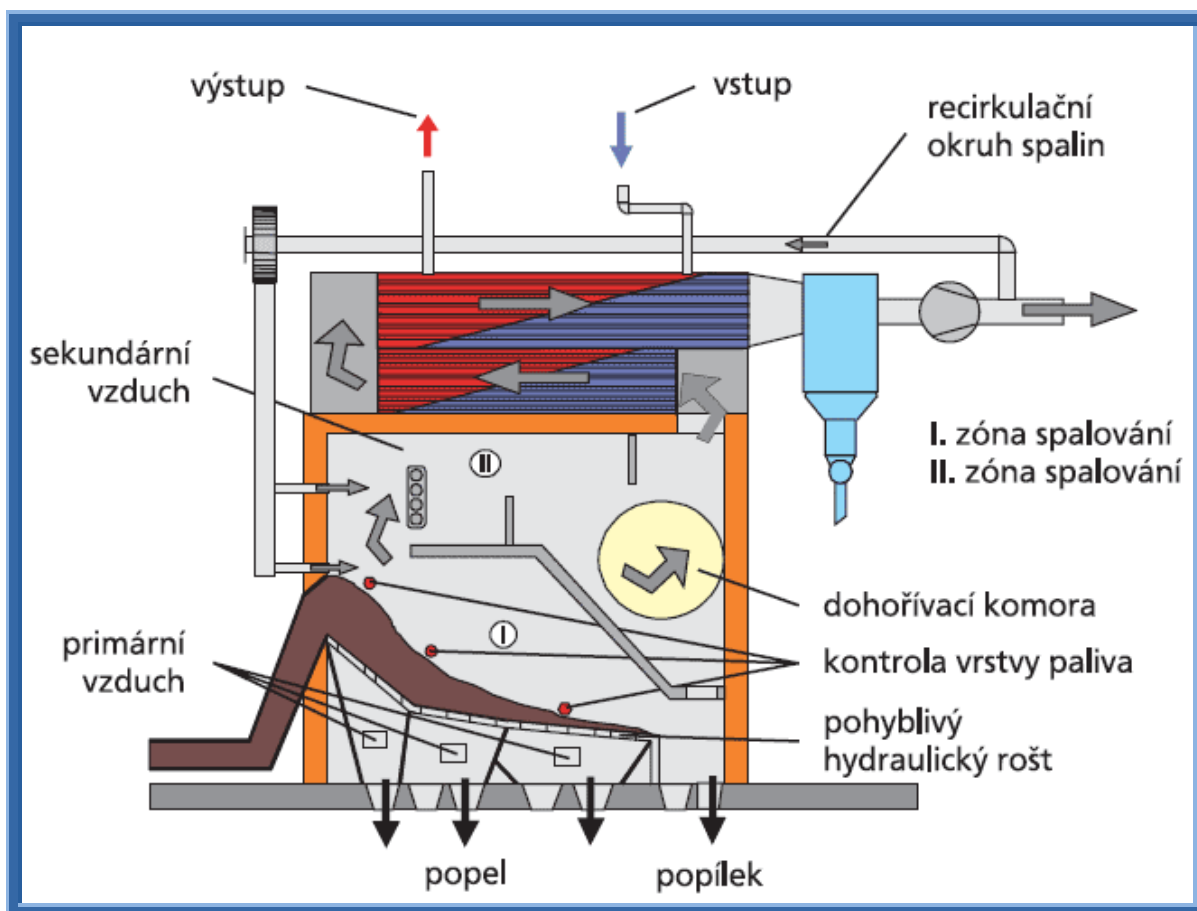
- spalování na roštu,
- spalování na fluidní vrstvě.

Chemická rovnice spalování:



5.2.5 Spalovací zařízení

Biomasa (nejčastěji ve formě dřevní štěpky) se ve velkém spaluje v klasických elektrárnách ve fluidních kotlích. Tyto kotle jsou vybaveny technologií s cirkulací spalin a biomasu spalují spolu s energetickým uhlím. Pro systémy centrálního zásobování teplem se používají kotle nad 100kW, které spalují nejčastěji dřevní štěpku a slámu. Jsou vybaveny automatickým systémem přikládání paliva a některé dovedou spalovat i vlhčí a méně kvalitní biomasu nebo využívají kombinovanou výrobu tepla a elektřiny (kogeneraci).



Obr. 5.2 Schéma kotle spalujícího biomasu [25]

5.2.6 Emise vznikající při spalování

Termické zpracování biomasy k výrobě energie ovlivňuje stejně jako každý jiný spalovací proces životní prostředí. Množství do atmosféry vypouštěných emisí závisí na použité technologii, spalovaném palivu a celé řadě dalších faktorů. Jejich negativní dopad může být posuzován z různých pohledů – místní (TZL), regionální (NO_x, SO₂), globální (CO₂ přispívající ke skleníkovému efektu). Jsou sledovány následující složky produktu spalování:

CO oxid uhelnatý
 SO₂ oxid siřičitý
 NO_x oxidy dusíku
 tuhé znečišťující látky – tuhé částice ve spalinách
 organické látky, vyjádřené jako celkový organický uhlík TOC

V tab. 5.4 jsou uvedeny platné emisní limity pro zařízení spalující dřevo nebo biomasu o jmenovitém tepelném výkonu $\geq 0,2$ MW a příkonu < 50 MW.

Tuhé látky	Emisní limit [mg/m ³]			Org. látky	Ref. obsah O ₂ [%]
	SO ₂	NO _x	CO		
250	2500	650	650	50	11

Tab. 5.4 Hodnoty emisních limitů platné v ČR pro zařízení spalující dřevo nebo biomasu [23]

Hodnoty emisních limitů, které stanovuje Nařízení vlády 352/2002 Sb, se považují za splněné, jestliže střední hodnota ze všech jednotlivých měření nepřekračuje emisní limit a současně každá hodnota zjištěné koncentrace jednotlivého měření znečišťující látky je menší než 120 % emisního limitu [23].

5.2.7 Doprava

Pokud se rozhodneme vytápět biomasou, musíme nejprve vzít v potaz její velkou objemovou náročnost na uskladnění a provést nutné kalkulace týkající se dostupnosti biomasy v okolí a nákladů na dopravu.

Pokud není v okolí tepelného zdroje spalujícího biomasu dostatek palivových zdrojů, je možno uvažovat o dovozu biomasy ze vzdálenějších míst. Ovšem než začneme biomasu dovážet, musíme nejprve provést nutné výpočty, abychom zjistili limitní dopravní vzdálenost pro svoz ke zdroji tepla, která bude stále výhodnou. Výpočet této vzdálenosti bude uveden v následujícím příkladu.

Příklad:

V teplárně byly stávající kotle na plyn (nebo na uhlí) vyměněny za kotle spalující dřevní štěpku. Ovšem toto palivo není v místě zdroje tepla k dispozici. Určete vzdálenost, pro kterou se vyplatí štěpku dovážet. Pro dopravu je použito vozidlo LIAZ, které je schopné přepravit najednou 8 m³ štěpky [19].

Nejprve je potřeba vypočítat, jakou hmotnost M_{pal} štěpky je schopen automobil pojmout. Z tohoto množství je vypočítáno teplo Q_{pal} , které vznikne spálením množství paliva M_{pal} . Úsporu získáme, pokud porovnáme náklady na výrobu stejného množství tepla Q_{pal} při použití stávajícího paliva a při použití dřevní štěpky. Tato úspora bude poté využita na dopravu biomasy. Vycházíme z předpokladu, že doprava uhlí a plynu je již zahrnuta v cenách v tab. 5.2, které ve výpočtu používáme.

Vstupní parametry:

- Výhřevnost dřevní štěpky $l_{hv} = 10,9 \text{ MJ/kg} = 0,0109 \text{ GJ/kg}$
- Měrná hmotnost štěpky $r = 244 \text{ kg/prms}$ (prostorový metr sypané hmoty).
- Objem korby automobilu $V = 8 \text{ m}^3$
- Cena zemního plynu $C_{zp} = 294,39 \text{ Kč/Gj}$

- Cena černého uhlí $C_{\text{ču}} = 170,97 \text{ Kč/Gj}$
- Cena hnědého uhlí $C_{\text{hu}} = 162,85 \text{ Kč/Gj}$
- Cena dřevní štěpky $C_{\text{dš}} = 130,27 \text{ Kč/Gj}$
- Cena dopravy $C_{\text{d}} = 25 \text{ Kč/km}$

Výstupní parametry:

- Hmotnost dovezené štěpky M_{pal} [kg]
- Teplo vzniklé spálením M_{pal} Q_{pal} [GJ]
- Úspora U [Kč]
- Limitní vzdálenost L_{lim} [km]

Vzorce:

$$M_{\text{pal}} = r \cdot V$$

$$Q_{\text{pal}} = l_{\text{hv}} \cdot M_{\text{pal}}$$

$$U = (C_{\text{zp,ču,hu}} - C_{\text{dš}}) \cdot Q_{\text{pal}} = (C_{\text{zp,ču,hu}} - C_{\text{dš}}) \cdot l_{\text{hv}} \cdot r \cdot V$$

$$L_{\text{lim}} = \frac{U}{2 \cdot C_{\text{d}}}$$

Úspora financí při použití štěpky náhradou za:

- Zemní plyn
 $U = (294,39 - 130,27) \cdot 10,9 \cdot 244 \cdot 0,0109 = 3495,75 \text{ Kč}$
- Černé uhlí
 $U = (170,97 - 130,27) \cdot 10,9 \cdot 244 \cdot 0,0109 = 866,91 \text{ Kč}$
- Hnědé uhlí
 $U = (162,85 - 130,27) \cdot 10,9 \cdot 244 \cdot 0,0109 = 693,954 \text{ Kč}$

Příklad výpočtu lim. vzdálenosti při náhradě zemního plynu štěpkou:

$$L_{\text{lim}} = \frac{U}{2 \cdot C_{\text{d}}} = \frac{3495 \text{ Kč}}{50 \text{ Kč/km}} = 69,9 \text{ km}$$

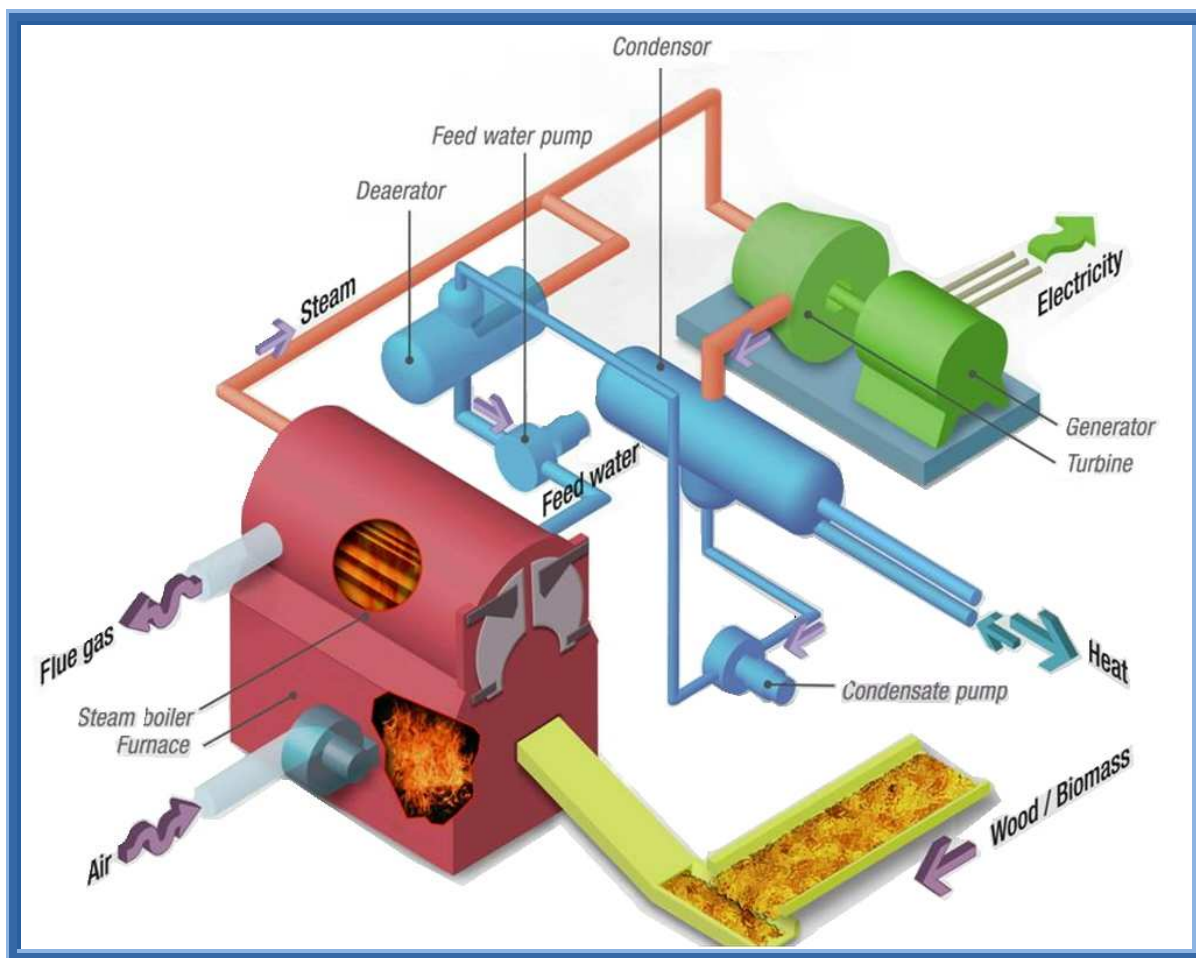
V tab. 5.5 je uvedena limitní vzdálenost pro dopravu dřevní štěpky v různých cenových alternativách, náhradou za různé typy paliv. K výpočtu byly použity výše uvedené vzorce.

Cena štěpky [Kč/t]	Limitní dopravní vzdálenost [km] při náhradě za		
	Zemní plyn	Černé uhlí	Hnědé uhlí
500	105,9	53,3	49,8
1000	86,3	33,8	30,3
1500	66,8	14,2	10,8

Tab. 5.5 limitní vzdálenost pro dopravu dřevní štěpky

6 KOGENERACE

V této kapitole je čerpáno ze zdrojů [8,17,20]. Kogenerace je kombinovaná výroba elektrické energie a tepla (KVET). V klasických elektrárnách je teplo vzniklé při výrobě elektrické energie vypuštěno do okolí, kdežto kogenerační jednotka teplo využívá k vytápění, tím pádem šetří palivo, finance i životní prostředí. V systémech CZT hraje KVET významnou roli a do budoucna se dá počítat s tím, že se této technologii bude využívat stále více.



Obr. 6.1 Princip funkce kogenerační jednotky[17]

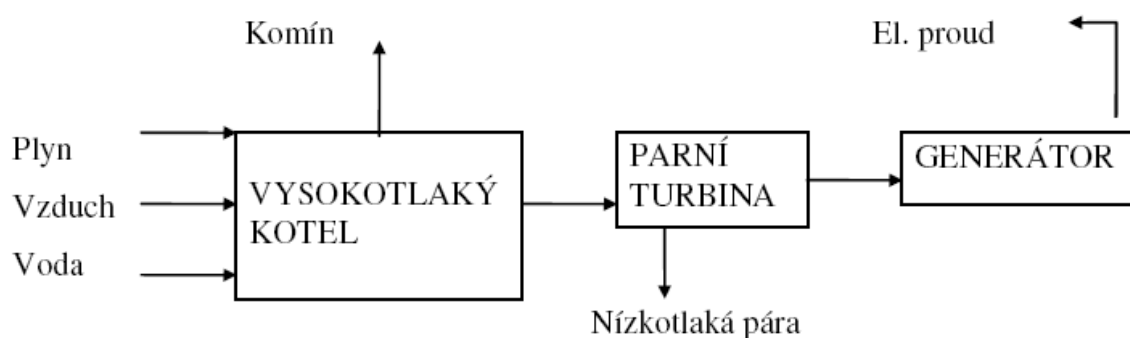
Pozn:

Air – vzduch, Biomass – biomasa, Condensor – kondenzátor, Condensate pump – pumpa kondenzátoru,
 Deaerator – odvzdušňovač, Electricity – elektrická energie, Furnace – kotel, Flue gas – kouřové plyny,
 Feed water – přívod vody, Feed water pump – vodní pumpa, Generator – generátor, Heat – teplo,
 Steam – pára, Steam boiler – parní kotel, Turbine – turbína, Wood – dřevo

6.1 Kogenerační jednotka

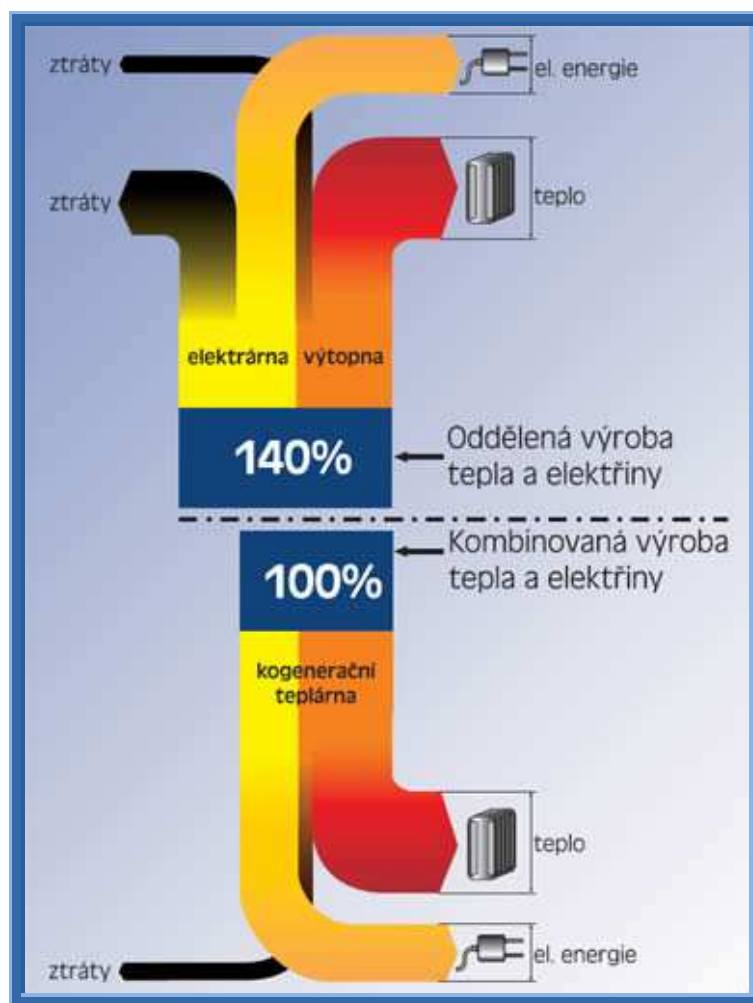
Princip výroby elektrické energie spočívá v roztočení elektrického generátoru pomocí turbíny, kterou pohání pára. Teplo nutné k výrobě páry se získává spalováním paliv (nejčastěji uhlí) nebo štěpením jader uranu. Velká část tohoto tepla není dále využita a je vypouštěna rovnou do ovzduší. Tepelné elektrárny dosahují účinnosti kolem 30%, nejmodernější paroplynové elektrárny pak mají účinnost kolem 50%, ovšem k dalším ztrátám ve výši asi 11% dochází při transformaci a dálkovém přenosu elektrické energie.

V kogenerační jednotce vzniká elektrická energie v generátoru, který je poháněn parní turbínou. V kotli se vyrábí vysokotlaká pára, která se vede do parní turbíny (kondenzační nebo protitlaková), která pohání generátor na výrobu elektrického proudu. Pára se průchodem turbíny mění na nízkotlakou, která se využívá jako zdroj tepla.



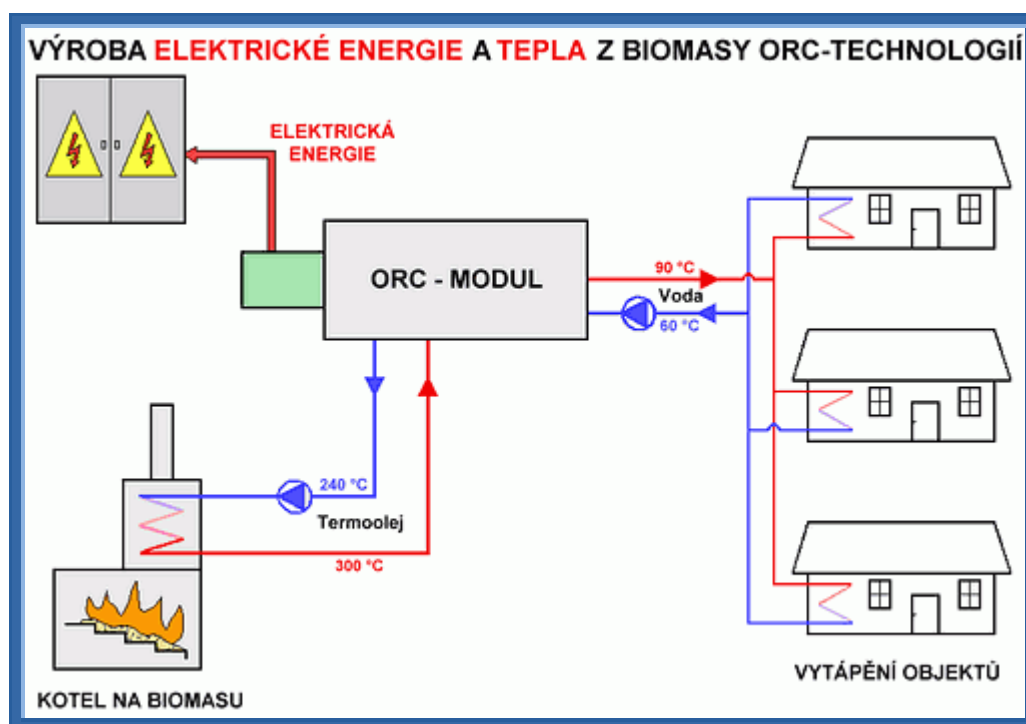
Obr. 6.2 Schéma funkce kogenerační jednotky[7]

Kombinovaná výroba elektřiny a tepla může oproti oddělené výrobě ušetřit až třetinu primárního paliva, což má velmi příznivý dopad na životní prostředí. To je jeden z hlavních důvodů, proč se evropské země snaží prosazovat KVET. Dalším důvodem je možnost využívat obnovitelné a alternativní zdroje energie. V této oblasti se uplatňují městské systémy pro výrobu tepla a elektřiny a likvidaci odpadů. Spalování alternativních paliv, která jsou na rozdíl od fosilních paliv domácího původu, snižuje nároky na dovoz. Zatímco při výrobě tepla v normálních výtopenách bude s rostoucími cenami paliv růst i cena tepla, u kogeneračních zdrojů bude růst cen paliv vyvážen prodejem vyráběné elektřiny, protože při růstu cen paliv bude růst i její cena. Kogenerační zdroje jsou tedy do budoucna velmi výhodné.



Obr. 6.3 Schéma kogenerace [21]

Kogenerace je také spojována s technologií Organického Rankinova Cyklu (ORC). Je to elektrárenský kondenzační cyklus, který používá namísto vody resp. vodní páry jako pracovní látku v primárním okruhu směs organických sloučenin (silikonový olej), které jsou svými termodynamickými vlastnostmi vhodné k použití v tepelném oběhu. Výhodou oleje je, že při dané teplotě (např. 300 °C) se udrží v kapalném stavu při značně nižším tlaku než voda.



Obr. 6.4 Schéma výroby tepla a elektřiny z biomasy ORC-technologií[10]

6.2 Hlavní přínosy KVET

- Lepší využití energie z paliv.
- Snížení ztrát při rozvodu a přepravě elektrické energie, pokud bude využívána v místě výroby.
- Díky moderním technologiím se naskytá možnost spalovat i méně kvalitní, tím pádem levnější paliva.
- Snížení zátěže životního prostředí díky tomu, že k vyrobení určitého množství tepla a elektrické energie potřebuje KVET méně paliva oproti oddělené výrobě.
- Možnost využít odpadní teplo z průmyslu, zejména ze sklářských pecí a hutí, což se již uplatňuje v Ostravě, Kyjově nebo Světlé nad Sázavou.
- Možnost využít geotermální teplo, jako např. v Děčíně.
- Možnost spalovat komunální odpad, čímž se zmenšuje objem odpadu ukládaného na skládky.
- Příznivá cena elektřiny i tepla při vhodně navržených a provozovaných systémech CZT s KVET.

- Kogenerační jednotky slouží často též jako nouzové zdroje elektrické energie v místech její nepřetržité potřeby.

6.3 Trigenerace

Trigenerace je kombinovaná výroba elektřiny, tepla a chladu. Z technologického hlediska se pak jedná o spojení kogenerační jednotky s absorpční chladicí jednotkou. Tato technologie nachází velké uplatnění v teplých letních měsících, kdy by jinak kogenerační jednotka nebyla plně využívána.

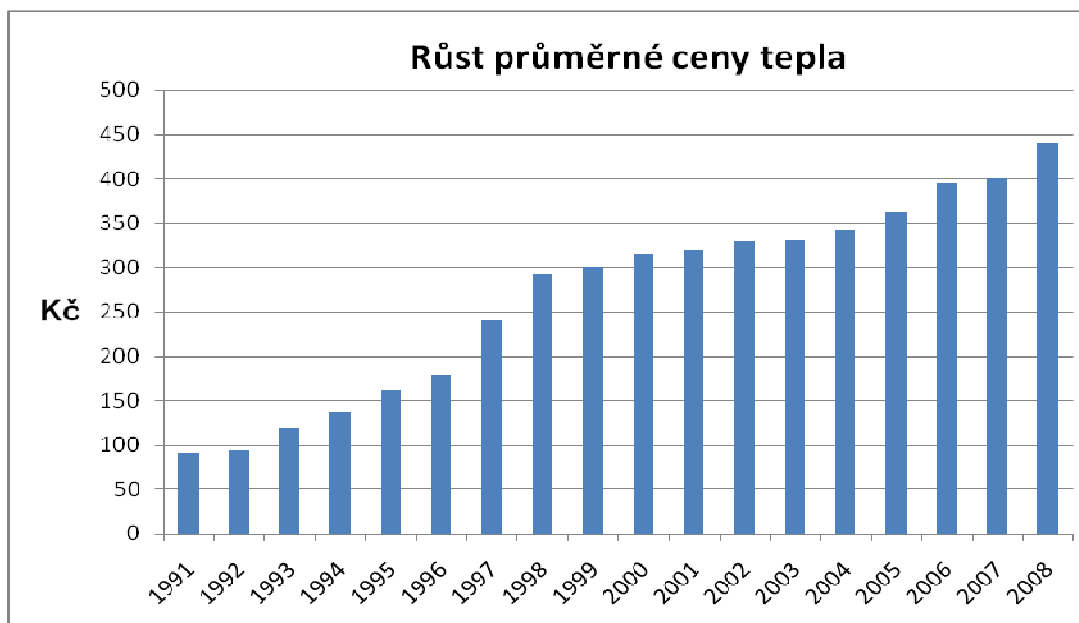
7 FINANČNÍ ZHODNOCENÍ

7.1 Srovnání cen dálkového tepla v rámci ČR

V celé kapitole 7 je čerpáno ze zdrojů [4,9,10,16,22]. Cena dálkového tepla se na různých místech ČR poměrně výrazně liší. Je to způsobeno různými dodavateli tepla, kteří využívají různé technologie a paliva. Také dostupnost paliv hraje významnou roli. Zemní plyn je dostupný v každém větším městě, u malých vesnic je s dostupností někdy problém. Velmi velké rozdíly jsou v ceně biomasy. Např. cena dřevní štěpky se pohybuje od 250 Kč/t do 2500 Kč/t, mnoho tepláren také spaluje štěpku, kterou dostávají zadarmo nebo pouze za odvoz. Z těchto důvodů jsou ceny v tab. 7.1 poměrně rozdílné.

Město	Cena dálkového tepla [Kč]
Praha	700-1000
Brno	570
Ostrava	616
Oslavany	570
Svitavy	350
Blansko	370
Kuřim	416
Tišnov	359

Tab. 7.1 Ceny dálkového tepla [4,10,22]



Tab 7.2 Roční růst průměrné ceny tepla [9]

Pokud je jako hlavní palivo využívána výhradně biomasa, jsou ceny tepla daleko příznivější. Příklady cen tepla při využití biomasy v konkrétních kotelnách, společně s typem paliva ukazuje tab. 7.3.

Lokalita	Hlavní palivo	Cena dálkového tepla [Kč]
Třebíč	Dřevní štěpka +sláma	378
Planá u Mar. Lázní	Dřevní štěpka	350
Kněžice	Dřevní štěpka +sláma	260
Valašská Bystřice	Piliny	255
Rybniště	Piliny +Dřevní štěpka	290
Velký Karlov	Sláma	300
Bystřice nad Pernštejnem	Štěpka	390
Moravany u Kyjova	Štěpka	280
Trhové Sviny	Štěpka	356

Tab.7.3 Příklady cen tepla při využití biomasy[10]

7.2 Využívání biomasy k vytápění ve velkých městech

Ve velkých městech jako je Praha, Brno nebo Ostrava není používání biomasy k vytápění zdaleka tak vysoce využívané, jako je tomu v menších městech a vesnicích. Je to způsobeno nedostatkem ploch pro pěstování nebo sběr biomasy, tím pádem by se musela dovážet, což není ekonomicky nejvýhodnější.

Např. v Brně je pouze jedna výtopna, která spaluje výhradně biomasu (v nejméně vhodných obdobích i zemní plyn). Nachází se v městské části Bystrc na ulici Teyschlova, na úplném konci sídliště, což umožňuje dobrý přístup pro zásobování. Velmi pozoruhodný je fakt, že se zde spaluje cca 90% ekonomicky využitelné biomasy, vzniklé z prořezávky a lesní těžby Lesů města Brna.

7.3 Příklad efektivního řešení s rychlou návratností

7.3.1 ORC Teplárna Sever - Třebíč

V současné době se v ČR nejvíce tepla z biomasy vyrábí na Vysočině. Hlavním centrem je zde teplárna v Třebíči, která nyní vytápí 5,4 tisíce zdejších domácností, školy, školky, bazén a hotel. ORC Teplárna Sever, leží na severním okraji města Třebíč a tvoří hlavní zdroj tepla pro systém CZT v lokalitách Hájek, Nové Dvory a Nové Město. V letech 2002-2005 zde byly instalovány dva kotle na spalování biomasy o tepelném výkonu 3 MW a 7 MW v kombinaci se zařízením ORC na výrobu elektrické energie o elektrickém výkonu 1,1 MW. Minulý rok zde byl nainstalován 5MW kotel na spalování slámy z obilovin, řepkové slámy, krmného šťovíku a další.



Obr. 7.1- Celkový pohled na ORC Teplárnu Sever[10]



Obr. 2.2 Výstavba kotelny na spalování slámy 5 MWt - rok 2006[10]

Podíl energie vyrobené z obnovitelných zdrojů v ORC Teplárně Sever tvořil v loňském roce cca 67 %. Zprovozněním kotle na spalování slámy by mělo dojít k předpokládanému nárůstu tohoto podílu až na 88 %. Zbytek tvoří energie vyrobená kotli na spalování zemního plynu, které jsou provozovány v období maximálních odběrů. Zároveň také tvoří zálohu při odstávce některého ze zdrojů spalujících biomasu.

Celkové náklady na vybudování činí 232,5 mil. Kč. Palivo je nakupováno za cenu, která se pohybuje kolem 700 Kč/t a vyrobená tepelná energie je prodávána odběratelům za příznivých 378 Kč/GJ.

Pro zjištění návratnosti investic byl použit tento postup:

Vstupní parametry:

- Tepelná energie dodávaná zdrojem za rok $Q = 171$ tis GJ/rok
- Investiční náklady na vybudování teplárny $N_{inv} = 235,5$ mil Kč
- Účinnost kotlů $\eta = 85\%$
- Výhřevnost paliva $l_{hv} = 10,9$ MJ/kg
- Průměrná cena tepla z CZT $C_{prum} = 450$ Kč/rok
- Cena dřevní štěpky $C_{dš} = 700$ Kč/GJ

Z těchto parametrů jsme schopni vypočítat návratnost investic pomocí vzorců:

- Cena tepla v palivu C_{tvp} [Kč/GJ]

$$C_{tvp} = \frac{1GJ}{l_{hv}} \cdot C_{dš} = \frac{1GJ}{10,9} \cdot 700 = 64,22 \text{ Kč/GJ}$$

- Ztráty tepla za rok dané účinností kotlů Q_z [GJ/rok]

$$Q_z = (1-\eta) \cdot Q = 0,15 \cdot 171000 = 25650 \text{ GJ/rok}$$

- Provozní náklady N_{prov} [mil Kč/rok]

$$N_{prov} = 0,04 \cdot N_{inv} = 9,3 \text{ mil. Kč/rok}$$

- Náklady na palivo za rok N_{pal} [mil Kč/rok]

$$N_{pal} = C_{tvp} \cdot (Q + Q_z) = 12,629 \text{ mil. Kč/rok}$$

- Roční zisk $Z_{roč}$ [mil Kč/rok]

$$Z_{roč} = (Q_z + Q) C_{prum} = 88,493 \text{ mil. Kč/rok}$$

- Čistý roční zisk $Z_{č}$ [mil Kč/rok]

$$Z_{č} = Z_{roč} - N_{prov} - N_{pal} = 88,493 - 9,3 - 12,629 = 66,264 \text{ mil. Kč/rok}$$

- Návratnost N [roků]

$$Návratnost = \frac{N_{inv}}{Z_{\check{c}}} = 3,55 \text{ roků}$$

7.4 Další realizované projekty

7.4.1 Valašská Bystřice

V obci, která je součástí CHKO Beskydy jsou 3 větší dřevozpracující podniky, dvě soukromé pily a obec sama vlastní 22 km² lesů. Vzhledem k dostatku suroviny jsou zde tedy ideální předpoklady pro tzv. „dřevofikaci“.



Obr. 7.3 – Kotel na biomasu[10]

V roce 2005 bylo vybudováno nákladem 38 mil. Kč centrální vytápění středu obce biomasou. Výtopny s rozvody tepla by se měly postupně budovat i v dalších hustěji osídlených částech obce. V současné době je na systém napojeno asi 70 objektů, z toho i rozsáhlé objekty školy. Ministrem životního prostředí byla obci udělena výjimečná podpora formou dotace ve výši 80%. Systém obsahuje přes 3 km rozvodů, 65 předávacích stanic a kotelnu o výkonu 1,5 MW (kotle Verner Golem 900 a 600 kW). Obec nakupuje piliny z místního dřevařského závodu za cenu 400 Kč/tunu. Cena dodávaného tepla pro domácnosti je velmi příznivých 255 Kč/GJ včetně DPH.

Struktura nákladů (ceny bez DPH):

Kotelna - strojní část	6,2 mil.
Předávací stanice - 65 ks	7,5 mil.
Tepelné sítě - 3 km	10,5 mil.
Kotelna - stavební část, komín, sklad paliva, a ostatní	7,3 mil
Celkem	31,5 mil.

7.4.2 CZT Kašperské Hory

Ve městě Kašperské Hory byl systém zásobování teplem tvořen lokálními topidly a kotelny pro jednotlivé domy a areály. Palivo pro tyto zdroje bylo různorodé (uhlí, dřevo, olej, elektřina či ZP). Město je převážně obklopeno kopci, což zejména při inverzní situaci znamenalo velké problémy s přízemním kouřem. 4MW kotelna, která začala pracovat v září 2005 a nyní jí skončil zkušební provoz, přišla na 82 milionů korun. Za další čtyři miliony nakoupilo město automatický jeřáb pro manipulaci s palivem. Ke stavbě patří 6,5 kilometrů teplovodů a celkem je napojeno 105 předávacích stanic. Město získalo výjimečnou státní podporu formou dotace ve výši 80% od Státního fondu životního prostředí, zbytek řeší patnáctiletým úvěrem spláceným z prodeje tepla.



Obr. 7.4 – Schéma systému teplárny V Kašperských Horách[10]

Legenda: 1. Dovoz dřevního paliva, 2. Hydraulický agregát, 3. Denní zásobník dřevěného paliva, 4. Hydraulický přímý dopravník, 5. a 6. Kotle Schmid typu UTZR, 7. Kontejner na popílek, 8. Kontejner pro popel, 9. Řídicí skříň elektronického řízení, 10. Řídicí pracoviště, 11. Oběhová čerpadla topné vody

Palivem pro kotle je odpadní biomasa z městské pily. Při současném výkonu pily jde asi o čtvrtinu potřebného paliva, pro příští roky se předpokládá vyšší podíl spotřeby paliva z městských zdrojů, čímž bude dosaženo stabilnější ceny dodávaného tepla z kotelny, než by tomu bylo v případě nakupovaného paliva. Město má 6100 ha vlastních lesů. Z nich je ale 4600 ha v Národním parku Šumava, odkud se nesmí dřevo svážet.

Cena za teplo pro odběratele se drží na velice příznivých 300 Kč/GJ včetně DPH. Dodávka tepla do objektů je prozatím na úrovni asi 21 tis. GJ/rok.

Kotelna se zázemím je vybudována v části areálu městské pily. V nové kotelně jsou osazeny dva teplovodní kotle na biomasu o výkonu 2,4 a 1,6 MW. Jedná se o kotle společnosti SCHMID umožňující spalovat štěpku, kůru, piliny.



Obr. 3 – Kotle SCHMID[10]

Automatický mostový jeřáb s drapákovým nakladačem, zajišťuje automatickou manipulaci se štěpkou, sleduje a archivuje množství paliva i jeho teplotu. Palivo se příčným dopravníkem zavádí do zavážecího lisu, který vede do kotlů.

V navržených zásobnících a skladech paliva v prostoru nové kotelny je k dispozici cca 1150 m³ ve skladu (výška 4m) a dále 129 + 82 m³ v denních zásobnících (výška 3m). Celkem max. 1361 m³, při hmotnosti 300 kg/m³ je uskladněno max. 408 tun. Tyto maximální zásoby umožňují provoz kotelny v průměrném režimu na cca 17 dní, při trvalém špičkovém výkonu (4MW) na cca 8,5 dní, proto je nutno mít zajištěn plynulý přísun paliva z meziskladů či přímo od dodavatelů paliva.

Celkový počet stanic ve městě je 105 kusů a celkový instalovaný výkon cca 5,3 MW.

Struktura nákladů (ceny bez DPH):

Kotelna - strojní část	18 mil.
Předávací stanice - 105 ks	12 mil.
Tepelné sítě - 6,5 km	30 mil.
Kotelna - stavební část, komín, jeřáb, el. přípojka, sklad paliva, a ostatní	26 mil
Celkem	86 mil.

7.4.3 Teplárna Trhové Sviny

Přechod teplárny na biomasu byl způsoben vysokou cenou zemního plynu. V současném stavu zdražování zemního plynu by byla neudržitelná nízká cena tepelné energie odběratelům, občanům města Trhové Sviny. Dalším hlediskem je hledisko ekologického přínosu.

Teplárna nyní disponuje kotlem na spalování dřevní štěpky o výkonu 3,5MW a plynovým kotlem, který je používán v nejchladnějších obdobích na vykrytí tepelných

špiček. Je zde také využívána technologie kogenerace, generátor elektrické energie má výkon 600kW.

Kotelna má dobrý přístup k palivu (do 20 km) a nakupuje jej za poměrně výhodnou cenu (400Kč/t). Zajímavostí je, že v této teplárně byla poprvé v ČR použita technologie ORC.

7.4.4 Posouzení předložených projektů

V případě předložených projektů, byl brán ohled na všechny důležité faktory, nebylo nic zanedbáno, proto se provozovatelé tepláren mohou těšit z bezproblémového provozu a odběratelé si mohou pochvalovat velmi nízkou cenu tepla.

Jelikož je tato „zelená“ technologie podporovaná státem, obdrželo mnoho podniků výjimečnou dotaci 80% a bezúrokové půjčky. Díky tomu, že provozovatelé těchto tepláren nakupují palivo za výhodné ceny, nebo ho získávají zdarma, jsou tyto provozy ekonomicky výhodné a doba návratnosti vložených investic na vybudování systémů zásobování teplem je poměrně nízká.

7.5 Zhodnocení ekonomického aspektu využívání biomasy

Při zakládání nového, či rekonstrukci stávajícího systému CZT s využitím biomasy je potřeba brát ohled na mnoho faktorů, které zásadně ovlivňují efektivitu celého projektu.

Nejdůležitější je vhodně dimenzovaný zdroj, který poskytuje potřebné výkony, dobře zvolený výrobce tepelných zdrojů a technologie, která bude použita. Kotle na biomasu vykazují dobrou účinnost, pouze pokud běží více než na 50% svého výkonu, proto je velmi nevhodné pořídit předimenzovaný zdroj, který bude pracovat pod touto hranicí svého možného výkonu.

Další velmi důležitý faktor je správná volba spalovaného paliva. Dostupnost paliva se velmi různí podle lokalit, tím pádem i jeho cena. Nejideálnější je, pokud se v okolí zdroje vyskytnou dřevozpracující podniky, od nichž je možnost vykupovat velmi levnou odpadní biomasu (mnohdy ji poskytují zcela zdarma). Pokud je zdroj zásobován biomasou přímo pěstovanou k těmto účelům, je rozhodujícím faktorem vzdálenost zdroje tepla od místa těžby biomasy. Z tohoto důvodu není biomasa moc využívána ve větších městech, jelikož zde není dostatek ploch pro pěstování biomasy výhradně k účelu spalování.

Stát poměrně výrazně podporuje „zelenou“ technologii výroby tepla, proto je doporučováno dobře se zorientovat v systému dotací.

Moderní teplárny také využívají systém kogenerace, kdy vyrobenou elektrickou energii prodávají zpět do sítě za velmi výhodných podmínek.

Celkově lze říci, že nelze vyvozovat příliš obecné závěry, protože vše je velmi individuální. Ovšem pokud zhodnotíme všechny výše zmiňované aspekty, tak dojdeme k závěru, že je nejvýhodnější vybudovat teplárnu v místech, kde je dobrý přístup k palivu, použít jako hlavní zdroj tepla správně dimenzovaný kotel na biomasu a k němu záložní zdroj na plyn, který bude vykrývat špičky ve spotřebě tepla. Dále, pokud to technologie umožňuje, je výhodné zapojit do systému kogenerační jednotku.

8 ZÁVĚR

Tato práce se zabývá popisem centralizovaného zásobování teplem v systémech měst a obcí. Představuje systém zásobování teplem, dělí ho na centralizované a decentralizované. Uvádí historii dálkového vytápění v ČR, rozdělenou do několika charakteristických období a výhled do budoucna ve využívání centralizovaného zásobování teplem.

V další kapitole se zabývá rozdělením a popisem teplotních zdrojů. Ty se dělí na zdroje menších tepelných výkonů (50-70kW) a na zdroje vyšších výkonů (stovky kW až jednotky MW). Jsou zde uvedeny statistiky ve využívání systémů CZT v ČR a Evropských státech.

Velká část práce je věnována palivům používaným ve zdrojích tepla, jejich rozdělení a základními vlastnostmi důležitými pro proces spalování. Hlavní důraz je kladen na biomasu, jakožto hmotu živočišného původu, která je využívána k energetickým účelům. Jsou popsány všechny důležité parametry biomasy, její druhy, způsoby zpracování a využití k získávání tepla. Není opomenuta otázka ekonomické náročnosti dopravy biomasy od zdroje biomasy ke zdroji tepla.

Dále se práce zabývá technologií kogenerace, která využívá společné výroby tepelné a elektrické energie, jsou uvedeny její hlavní výhody a popsána technologie trigenerace, která se zabývá společnou výrobou tepla, elektrické energie a chladu.

Závěrečná část práce je věnována finanční stránce systémů zásobování teplem. Jsou uvedeny příklady vysoce efektivních realizovaných projektů, uveden příklad teplárny s velmi krátkou dobou návratnosti investic a závěrečné zhodnocení ekonomické a technologické náročnosti nových i stávajících systémů zásobování teplem.

Toto téma jsem si vybral, jelikož je velmi zajímavé a týká se téměř všech obyvatel na světě. Systémy CZT prošly velkým vývojem a zajisté se budou vyvíjet dál. Jakým směrem je pouze na nás. Fenomén energetického využití biomasy je v dnešní době velmi často diskutován a rozebírán, některými zatracován, jinými vyzdvihován. Proto bylo poměrně těžké vyznat se v záplavě informací a najít seriózní zdroje. Pokud bych měl formulovat můj současný pohled na biomasu, považuji ji za velmi zajímavý zdroj energie, a pokud je správně využívána, tak může být i velice ekonomicky výhodná. Nicméně si nemyslím, že v budoucnu bude biomasa hlavním palivem, jelikož rozsah jejího využití je celkem omezený a konkurenceschopnost, např. jaderné energii, je poměrně nízká.

Díky práci na toto téma jsem se dozvěděl o technologiích, o nichž jsem neměl dříve ani ponětí. Velmi mě zaujal celý systém kogenerace a trigenerace, zvláště pak možnost prodávat tuto „zelenou“ elektrickou energii do elektrárenské sítě za značně výhodných podmínek.

Doufám, že tato bakalářská práce bude znamenat přínos také pro případné čtenáře a poskytne jim ucelenější pohled na celou problematiku zásobování teplem.

9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Lulkovičová O., Zdroje tepla a domovní kotelny, Jaga, Bratislava, ISBN 8080760020, (2004)
- [2] Cikhart J., Soustavy centralizovaného zásobování teplem, Praha, ISBN 8003000211, (1989)
- [3] Karafiát J., Popis systémů CZT, historie, typy a principy KVET
- [4] Pražská teplárenská a.s. [online]. Poslední úprava 22.1.2008 [cit. 12.4.2008]. Dostupné z <<http://www.ptas.cz>>
- [5] Kolektiv autorů, Vše o úsporách energií, Jaga, Praha, ISBN 9771335917141, (2007)
- [6] Biom.cz [online]. Poslední úprava 5.5.2008 [cit. 10.5.2008]. Dostupné z <<http://biom.cz/clanky.stm>>
- [7] Jiříček I., Rábl V., Kogenerace, Praha, (2005)
- [8] Dálkové vytápění a teplárenství v ČR a v Evropě, Časopis energetika 11/2005 [online]. Poslední úprava 11/2005 [cit. 2.3.2008]. Dostupné z <<http://www.volny.cz/casopis.energetika/>>
- [9] Teplárenské sdružení České republiky [online]. Poslední úprava 5/2008 [cit. 19.5.2008]. Dostupné z <<http://tscr.cz/?lang=cz&pg=0355>>
- [10] Tepelná zařízení budov [online]. Poslední úprava 14.5.2008 [cit. 15.5.2008]. Dostupné z <<http://www.tzb-info.cz/>>
- [11] Uhelné sklady Jilemnice [online]. Poslední úprava 2.1.2008 [cit. 8.3.2008]. Dostupné z <<http://www.prodejuhli.cz.cz/>>
- [12] Ceny uhlí od 1.1.2008 a vliv ekologické daně [online]. Poslední úprava 16.1.2008 [cit. 2.3.2008]. Dostupné z <<http://si.vega.cz/clanky/ceny-uhli-2008-vliv-ekologicke-dane/>>
- [13] Alternativní zdroje energie, Výroba energie z biomasy [online]. [cit. 14.5.2008]. Dostupné z <<http://www.alternativni-zdroje.cz/vyroba-energie-biomasa.htm>>
- [14] Murtinger K., Beranovský J., Energie z biomasy, ERA, Brno, ISBN 8073660717, (2006)
- [15] Biopalivo, Biomasa [online]. [cit. 12.4.2008]. Dostupné z <<http://www.biopalivo.cz/biomasa.php>>

- [16] Eurostat [online]. Poslední úprava 13.5.2008 [cit. 13.5.2008]. Dostupné z <ec.europa.eu/eurostat>
- [17] Science Direct [online]. Poslední úprava 1.12.2007 [cit. 19.4.2008]. Dostupné z <<http://www.sciencedirect.com/>>
- [18] Green fuel cell project [online]. Poslední úprava 6/2004 [cit. 10.5.2008]. Dostupné z <<http://gfc.euweb.cz/pages/Biomasa.jpg>>
- [19] Havel & Vavřinec, Korby [online]. Poslední úprava 30.7.2006 [cit. 10.5.2008]. Dostupné z <http://korby.cz/produkty/004_liaz.php>
- [20] TEDOM s.r.o. [online]. Poslední úprava 2/2008 [cit. 14.5.2008]. Dostupné z <<http://kogenerace.tedom.cz/>>
- [21] Internetové energetické a konsultační středisko ČEA [online]. [cit. 6.3.2008]. Dostupné z <<http://www.i-ekis.cz/?page=kogenerace>>
- [22] Tepelné zásobování Brno, a.s. ,Ceny tepla [online]. Poslední úprava 1.1.2008 [cit. 23.4.2008]. Dostupné z <<http://www.tezabrno.cz/cenytepla/cenytepla.htm>>
- [23] Urban L., Masa V., Pavlas M. and Stehlik P., *Novel type of technology for biomass utilization*, 10 th Conference on Process Integration, Modelling and Optimisation for Energy Saving and Pollution Reduction PRES 2007, Ischia Porto, Italy (June 24 – 27, 2007)
- [24] Skoupý, Technology for biomass combustion, Brno (2007). Bakalářská práce na FSI VUT v Brně.
- [25] Schiestl spol. s r.o. , Kotle na biomasu [online]. [cit. 1.4.2008]. Dostupné z <<http://www.schiestl.cz/index.php>>