

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Matjaž HUMAR

**POTENCIAL LESNE BIOMASE ZA ENERGETSKE  
NAMENE V SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2008

UNIVERZA V LJUBLJANI  
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA  
ODDELEK ZA LESARSTVO

Matjaž HUMAR

**POTENCIAL LESNE BIOMASE ZA ENERGETSKE NAMENE V  
SLOVENIJI**

DIPLOMSKO DELO  
Visokošolski strokovni študij

**POTENTIAL WOOD BIOMASS FOR ENERGY PURPOSES IN  
SLOVENIA**

GRADUATION THESIS  
Higher professional studies

Ljubljana, 2008

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega študija lesarstva. Opravljeno je bilo v okviru študija na Oddelku za lesarstvo Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorja diplomskega dela imenoval prof. dr. Janeza Omana, za recenzentko pa doc. dr. Dominiko Gornik-Bučar.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Matjaž Humar

## KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

- ŠD Vs
- DK UDK 662.63
- KG lesna biomasa/kurilne naprave/vir energije/trg biomase
- AV HUMAR, Matjaž
- SA OMAN, Janez (mentor)/GORNIK-BUČAR, Dominika (recenzentka)
- KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
- LI 2008
- IN POTENCIAL LESNE BIOMASE ZA ENERGETSKE NAMENE V SLOVENIJI
- TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
- OP IX, 70 str., 20 pregl., 6 sl., 25 vir.
- IJ sl
- JI sl/en
- AI Slovenija je ena najbolj gozdnatih držav v Evropi; njena pokritost z gozdom je več kot 57 %. To zagotavlja velik potencial lesne biomase, ki bi ga lahko bolj učinkovito in v večjem obsegu izkoristili tudi v energetske namene. Les je pomembna surovina v lesno obdelovalni industriji, gradbeništvu, energetiki in celulozni industriji. Njegova poraba se že nekaj časa zmanjšuje, saj ga kot surovino, predvsem v energetiki in gradbeništvu, izpodrivajo drugi materiali; to pa ima negativen vpliv na okolje in družbo. Celovitejše izkoriščanje lesa iz naših gozdov bi imelo pozitiven vpliv tako v lesni obdelovalni industriji kot energetiki. Omogočilo bi večjo rast prihodka, odpiranje novih delovnih mest, zmanjševanje emisij toplogrednih plinov in večjo samooskrbo s toplotno energijo. V Sloveniji se les kot biomasa v energetske namene uporablja predvsem na podeželju; skupno pa se z lesom ogreva približno 30 % prebivalstva. V zadnjem obdobju se zaradi sodobnih tehnologij pridobivanja, predelave in rabe lesa, kot tudi zaradi sodobnih sistemov kurjenja z visokimi energijskimi izkoristki, opaža povečanje uporabe lesne biomase kot goriva.

## KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN Vs
- DC UDC 662.63
- CX wood biomass/firing instalations/energy sources/biomass management
- AU HUMAR, Matjaž
- AA OMAN, Janez (supervisor)/GORNIK-BUČAR, Dominika (reviewer)
- PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science  
and Technology
- PY 2008
- TI POTENTIAL WOOD BIOMASS FOR ENERGY PURPOSES IN SLOVENIA
- DT Graduation Thesis (Higher professional studies)
- NO IX, 70 p., 20 tab., 6 fig., 25 ref.
- LA sl
- AL sl/en
- AB Slovenia is one of the most forested countries in Europe. More than 57 % of its surface is covered with forests, securing a large potential, which could be used more efficiently, and in greater extend also for energy purposes. Wood is an important raw material in wood industry, in civil engineering, in energy and cellulose industry. Wood usage has been reduced. As a raw material it has been superseded by other materials, especially in energy and civil engineering; this having a bad influence for environment and society. Better exploitation of wood from our forests would have better influence on wood industry, as well on energy. It would enable to rise revenues, new employments, as well at reduce emission from greenhouse gases and bigger self-sufficiency with heat energy. In Slovenia, wood as biomass is used especially in the country; 30 % of population use it. In the last period, the interest to use wood biomass increased, especially because of contemporary technology of acquiring, processing and using wood, as well as because of contemporary systems of heating with good energy results.

## KAZALO VSEBINE

	str.
Ključna dokumentacijska informacija.....	III
Key words documentation.....	IV
Kazalo vsebine.....	V
Kazalo preglednic.....	VIII
Kazalo slik.....	IX
<b>1 UVOD.....</b>	<b>1</b>
1.1 CILJI DIPLOMSKE NALOGE.....	1
1.2 SPLOŠNO O BIOMASI.....	2
1.3 VRSTA BIOMASE.....	3
<b>2 PROCES GORENJA.....</b>	<b>5</b>
2.1 ZRAK IN NJEGOVE LASTNOSTI, KI VPLIVAJO NA ZGOREVANJE.....	5
2.2 ZGOREVANJE.....	5
2.3 STEHIOMETRIJA ZGOREVANJA.....	7
2.4 TEORETIČNA MINIMALNA IN DEJANSKA KOLIČINA ZGOREVALNEGA ZRAKA.....	9
2.5 KURILNOST LESA.....	10
<b>2.5.1 Vplivi na kurilnost lesa.....</b>	<b>12</b>
2.5.1.1 Vlažnost lesa.....	12
2.5.1.2 Gostota.....	14
2.5.1.3 Kemična sestava.....	16
2.6 SPECIFIČNA TOPLOTA LESA.....	17
2.7 POGOJI ZA OPTIMALNO GORENJE.....	17
2.8 EKOLOŠKI VIDIKI UPORABE LESNE BIOMASE.....	17
<b>3 ZNAČILNOSTI LESNE BIOMASE.....</b>	<b>18</b>
3.1 OBLIKE LESNE BIOMASE.....	18
<b>3.1.1 Polena.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.2 Sekanci.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.3 Peleti in briketi.....</b>	<b>19</b>
<b>3.1.4 Klaftra.....</b>	<b>20</b>

<b>3.1.5</b>	<b>Žagarski in drugi ostanki</b> .....	20
3.2	MERSKE ENOTE LESNE BIOMASE IN RAZMERJA MED NJIMI.....	20
<b>3.2.1</b>	<b>Kubični meter</b> .....	21
<b>3.2.2</b>	<b>Prostorninski meter</b> .....	21
<b>3.2.3</b>	<b>Nasuti meter</b> .....	21
<b>4</b>	<b>KURILNE NAPRAVE IN OPREMA NA LESNO BIOMASO.....</b>	<b>24</b>
4.1	PEČI NA POLENA .....	24
<b>4.1.1</b>	<b>Klasične peči na polena za centralne sisteme</b> .....	24
<b>4.1.2</b>	<b>Sodobne peči za centralne sisteme na polena</b> .....	24
<b>4.1.3</b>	<b>Kaminske peči</b> .....	26
<b>4.1.4</b>	<b>Lončene peči</b> .....	26
4.2	PEČI NA LESNE SEKANCE .....	26
4.3	PEČI NA PELETE.....	27
4.4	TOPLARNA NA LESNO BIOMASO .....	28
<b>5</b>	<b>ZNAČILNOSTI SLOVENSКИH GOZDOV .....</b>	<b>31</b>
5.1	RAZDELITEV PO OBMOČJIH .....	31
5.2	POVRŠINA IN ZARAŠČANJE.....	31
5.3	PRIRASTEK IN ZALOGA LESA .....	35
5.4	KOLIČINA POSEKA.....	36
5.5	VRSTE POSEKOV.....	39
<b>6</b>	<b>UPORABA LESNE BIOMASE V SLOVENIJI .....</b>	<b>40</b>
6.1	UPORABA OBNOVLJIVIH VIROV V SLOVENIJI .....	40
6.2	KOLIČINA LESA IZ GOZDOV ZA ENERGETSKE NAMENE .....	40
6.3	OSTANKI IZ LESNO OBDELOVALNE INDUSTRIJE.....	43
<b>6.3.1</b>	<b>Delitev nastalih lesnih ostankov</b> .....	43
<b>6.3.2</b>	<b>Ostanki iz žagarske industrije</b> .....	44
6.4	KOLIČINA IN UPORABA OSTANKOV IZ LESNO PREDLOVALNE INDUSTRIJE.....	46
6.5	POTENCIALI LESNE BIOMASE S PODROČJA KMETIJSTVA .....	47
6.6	UVOZ IN IZVOZ LESA .....	47
6.7	PREDVIDENA UPORABA LESNE BIOMASE V PRIHODNOSTI.....	48
<b>7</b>	<b>OVIRE PRI UPORABI LESNE BIOMASE V SLOVENIJI.....</b>	<b>50</b>

7.1	OVIRE PRI UPORABI LESNE BIOMASE .....	50
7.2	ADMINISTRATIVNE OVIRE .....	50
7.3	INSTITUCIONALNE OVIRE .....	51
7.4	EKONOMSKE OVIRE .....	52
7.5	OVIRE NA PODROČJU FINANČNIH VIROV .....	52
7.6	POZNAVANJE IN INFORMIRANOST.....	53
7.7	TRG Z LESNO BIOMASO.....	54
7.8	SLABA USPOSOBLJENOST IN PREMALO ZNANJA NA POSAMEZNIH PODROČJIH.....	54
<b>8</b>	<b>TRG IN CENE PRODUKTOV ZA OGREVANJE NA LESNO BIOMASO .....</b>	<b>55</b>
8.1	TRG IN CENE LESNE BIOMASE.....	55
<b>8.1.1</b>	<b>Cene biomase v Sloveniji .....</b>	<b>55</b>
8.2	KONKURENČNI POLOŽAJ BIOMASE.....	58
<b>8.2.1</b>	<b>Primerjava cen goriv .....</b>	<b>58</b>
<b>8.2.2</b>	<b>Ekonomski in okoljski učinki biomase v Sloveniji.....</b>	<b>60</b>
<b>9</b>	<b>PROJEKTI IN SPODBUDE PRI IZRABI LESNE BIOMASE V ENERGETSKE NAMENE .....</b>	<b>61</b>
9.1	REZULTATI PROJEKTOV IN SPODBUD PRI IZRABI LESNE BIOMASE V ENERGETSKE NAMENE .....	61
<b>9.1.1</b>	<b>Sistemi daljinskega ogrevanja, narejeni s pomočjo nepovratnih sredstev .....</b>	<b>62</b>
<b>9.1.2</b>	<b>Ukrepi na področju odpravljanja institucionalnih ovir, ovir glede ozaveščenosti javnosti ter strokovne usposobljenosti .....</b>	<b>63</b>
9.1.2.1	Šolanje in izobraževanje .....	63
9.1.2.2	Širjenje informacij v medijih .....	63
9.1.2.3	Pripravljanje novih projektov .....	64
9.2	PREDVIDENI PROJEKTI IN SPODBUDE ZA POVEČEVANJE UPORABE LESNE BIOMASE .....	65
<b>10</b>	<b>POVZETEK IN ZAKLJUČEK .....</b>	<b>67</b>
<b>11</b>	<b>VIRI.....</b>	<b>69</b>
	<b>ZAHVALA</b>	



## KAZALO PREGLEDNIC

	str.
Preglednica 1: Volumenski in masni deleži sestave zraka.....	5
Preglednica 2: Sestave masnih deležev vlažnega in zračno suhega lesa.....	8
Preglednica 3: Stehiometrične veličine vlažnega in zračno suhega lesa.....	8
Preglednica 4: Primerjava kurilnosti najpogosteje uporabljenih goriv .....	11
Preglednica 5: Kurilnost zračno suhega lesa posameznih drevesnih vrst .....	12
Preglednica 6: Kurilnost glede na vlažnost lesa ter vsebnost vode.....	14
Preglednica 7: Gostota najpomembnejših domačih lesnih vrst.....	15
Preglednica 8: Gostota snovi goriva.....	21
Preglednica 9: Nasipna gostota trdnih goriv .....	22
Preglednica 10: Količinski ekvivalenti posameznih oblik lesnega kuriva.....	23
Preglednica 11: Delež gozda po gozdnogospodarskih območjih in njihova lastniška struktura.....	34
Preglednica 12: Letni prirastek lesa v slovenskih gozdovih ob upoštevanju v letu 2006 izdelanih gozdnogospodarskih načrtov GGE.....	36
Preglednica 13: Povprečni količniki med realiziranimi in možnimi sečnjami, določenimi z gozdnogospodarskimi načrti GGE – za čas veljavnosti posameznih načrtov GGE, po GGO .....	38
Preglednica 14: Količina poseka glede na vrsto poseka .....	39
Preglednica 15: Podatki o poraščenosti in najvišjem možnem poseku lesa iz gozdov, ki bi lahko bil uporabljen v energetiki .....	42
Preglednica 16: Ocene potencialov in rabe lesne biomase v izbrani regiji po različnih scenarijih.....	48
Preglednica 17: Cene lesnih produktov z DDV .....	57
Preglednica 18: Cene lesne biomase v Sloveniji, Avstriji in Italiji junija 2006.....	57
Preglednica 19: Razmerja med posameznimi vrstami goriv leta 2006.....	59
Preglednica 20: Sistemi in značilnosti sistemov DOLB zgrajeni v obdobju med 2002 in 2007.....	62

## KAZALO SLIK

	str.
Slika 1: Prerez peči KWB Classicifire 20-50kW .....	25
Slika 2: Prerez kotla na sekance in palete za večje moči KWB Powerfire 150kW.....	28
Slika 3: Skica toplarne v Gornjem Gradu.....	30
Slika 4: Razdelitev na območne enote Slovenije.....	31
Slika 5: Delež gozda v % glede na posamezna območja Slovenije.....	33
Slika 6: Površina gozdov po gozdnogospodarskih enotah .....	35

## 1 UVOD

Les že tisočletja uporabljamo za ogrevanje, njegovo toploto pri gorenju pa izkoriščamo za kuhanje. Vendar ogrevanje na lesno biomaso ni samo star način ogrevanja, ampak je tudi moderen, učinkovit in okolju prijazen vir energije. Velika izbira oblik lesnih goriv se uporablja v različnih vrstah in tehnologijah ogrevanja.

Slovenija je ena najbolj gozdnatih držav v Evropi, saj je njena pokritost z gozdom več kot 57 %, ob dejstvu, da je v zadnjih letih posek dreves v gozdovih bistveno manjši od prirastka. Uporaba lesne biomase v Sloveniji je zaradi nenehnega povečevanja cen fosilnih goriv, razvojem sodobnih kurilnih naprav z velikimi izkoristki in ugodnim vplivom na okolje, vedno bolj zanimiva.

V tem diplomskem delu želim predstaviti les kot energent, oblike lesne biomase ter naprave in postopke za izkoriščanje lesne biomase v energetske namene.

Na osnovi zbranih podatkov bom za Slovenijo in za posamezne regije v državi prikazal, kolikšne so potencialne možnosti za uporabo lesne biomase v energetske namene.

### 1.1 CILJI DIPLOMSKE NALOGE

Cilj diplomske naloge:

- spoznati različne oblike biomase,
- ugotoviti količino potenciala lesne biomase za energetske namene v Sloveniji,
- pregled trenutnega stanja na področju rabe lesne biomase v energetske namene,
- spoznati naprave in postopke za izkoriščanje lesne biomase za energetske namene,
- ugotoviti obseg lesnih ostankov v lesni industriji,
- ugotoviti spodbude in ovire pri uporabi lesne biomase v energetiki,
- ovrednotiti cene biomase in jo primerjati s konkurenčnimi gorivi.

## 1.2 SPLOŠNO O BIOMASI

Biomasa je v splošnem pomenu masa žive snovi, ki je navzoča v živih organizmih in opredeljuje vso organsko snov. Biomasa so snovi, ki so nastale kot posledica vezave sončne energije v fazi fotosinteze in nadaljnjih rasto – prehranjevalnih procesih, to energijo pa v procesu oksidacije – gorenja lahko oddajajo.

Energetika pa obravnava biomaso ali biogorivo kot organsko snov, ki jo lahko uporabimo v energetske namene in vključuje vse bioenergijske vire. Po mednarodni terminologiji se izraz biomasa uporablja za trda goriva, izraz biogorivo pa uporabljamo za produkte biomase, ki so v tekočem ali plinastem stanju.

Biomasa je pomemben energetski dejavnik, saj je v svojem najširšem pomenu četrti energijski vir v svetu. V nadaljnje se predvideva še večji porast uporabe biomase, predvsem zaradi povečevanja rabe tekočih biogoriv ter na področju izkoriščanja biomase za proizvodnjo električne energije.

Glede na način pridobivanja lahko biomaso pridobivamo:

- neposredno (gozdarstvo, lesarstvo, kmetijski posevki) in
- posredno, kjer uporabljamo različne tehnološke procese in pretvorbe (destilacija, uplinjanje, piroliza, anaerobno vrenje, anaerobni razkroj), s pomočjo katerih dobimo sekundarna goriva (olje, bioplín, biodizel, metan, etanol, sintezni plín, metanol,..)

Ko biomaso energetsko izrabimo, jo pretvorimo v sekundarna goriva (metan, oglje, sintezni plín, bioplín, etanol, metanol, biodizel), iz katerih pridobivamo toplotno, mehansko ali električno energijo.

Biomasa spada med obnovljive vire energije. V skupino obnovljivih virov energije uvrščamo še:

- hidroenergija,
- sončna energija,
- vetrna energija,
- geotermalna energija.

S pomočjo sonca dobiva biomasa energijo za rast. Tako se s pomočjo klorofila in pod vplivom sončne svetlobe iz vode, ogljikovega dioksida (CO<sub>2</sub>) in zraka tvori glukoza – sladkor, istočasno pa se v procesu sprošča kisik. Ta postopek se imenuje fotosinteza, za katerega velja naslednji izraz (Debevec, 2005):



V rastlinah se sončna energija shranjuje v obliki organskih spojin. Proces fotosinteze pa ni pomemben le za rast rastlin in za razvoj zemeljske biosfere, ampak tudi za nastanek obsežnih zalog fosilnih goriv.

Nasproten proces fotosintezi je razkrajanje ali gorenje. Pri razkrajanju ali gorenju se ob porabi kisika in oddajanju CO<sub>2</sub> sprosti shranjena energija v obliki toplotne energije, v ozračje pa uhaja ravno toliko CO<sub>2</sub>, kot ga je bilo v fazi fotosinteze iz ozračja vezanega v živo snov, zato kurjenje z biomaso ne onesnažuje ozračja s toplogrednimi plini.

Pri gorenju biomase se sprosti tolikšna količina CO<sub>2</sub> kot ga je bilo vezanega v procesu nastajanja lesa, to pa pomeni, da zaključeni krog CO<sub>2</sub> pri sežiganju biomase ne prispeva k porastu CO<sub>2</sub> v atmosferi.

Uporaba biomase glede toplogrednih plinov je emisijsko nevtralna, kar pa velja, če je poraba enaka prirastu. Fosilna goriva pa so v svojo strukturo vezala ogljik v preteklosti, ki se sprošča šele in samo pri gorenju, medtem ko se pri biomasi sprošča tudi pri naravnem razpadanju – trohnenju lesa.

### 1.3 VRSTA BIOMASE

Lesna biomasa je izmed vseh biomas najbolj razširjena in širši javnosti najbolj poznana. Obstajajo pa tudi druge vrste biomase, ki se delijo predvsem na različen izvor, različne postopke predelave in končne oblike energije.

Poznamo naslednje oblike biomase:

- Lesna biomasa:
  - les slabše kakovosti, ki ga pridobimo s čiščenjem in nego gozdov in les, ki ga dobimo pri končnem poseku,

- ostanki sečenj, ki nastajajo pri redčenjih v gozdovih, pri osvetlitvenih sečnjah, pri končni sečnji, pri sanitarnih sečnjah ter iz nege gošče,
  - ostanki iz predelave lesa; to so ostanki, ki nastanejo pri industrijski obdelavi lesa. Nastajajo pri primarni ali sekundarni predelavi lesa (krajniki, oblanci, žagovina, odrezki, lubje, odpadna skorja, lesni sekanci, lesni paleti),
  - les iz kmetijskih površin (krčitve površin v zaraščanju, obrezovanje drevja v sadovnjakih, vinogradih),
  - lesni ostanki, ki nastanejo pri vzdrževanju cest, drevoredov, livad,
  - lesni odpadki iz gospodinjstev,
  - preostali kemično neobdelan les (posledica kmetijskih dejavnosti v sadovnjakih in vinogradih) oz. že uporabljen les in njegovi izdelki-embalaža, palete, star papir.
- Energetski posevki:
    - to so posevki industrijskih rastlin, ki so namensko posejani, za uporabo v energetske namene. Z gojenjem in njihovo uporabo je možno proizvajati biodizelsko gorivo. Med tekočimi gorivi je najpomembnejši metanol, ki ga vsebuje tudi biodizelsko gorivo. Pridobimo ga z gojenjem oljne repe, soje in ostalih oljčnic ter iz ostankov starih odpadnih jedilnih olj in odpadnih maščob živalskega in rastlinskega izvora.
  - Bioplin:
    - to je gorivo, ki se nahaja v plinastem agregatnem stanju. Pridobimo ga lahko iz kmetijskih ali komunalnih odpadkov. Kmetijski odpadki so živalski ali rastlinski (živalski iztrebki, gnoj, onesnažena slama), medtem ko so komunalni odpadki iz bio-razgradljivih neonesnaženih trdnih odpadkov iz gospodinjstev in industrije.
  - Deponijski plin:
    - to je plin, ki nastaja pri anaerobnem razkroju komunalnih odpadkov na odlagališčih. Vsebuje metan, ogljikov dioksid, vodo, dušik in kisik. Zaradi negativnega vpliva deponijskega plina na ozračje in podtalnico, je njegova uporaba v energetske namene vse bolj pomembna in ekonomična. V Evropi in

v svetu je že veliko primerov izrabe deponijskih plinov za energetske namene. Tudi v Sloveniji že imamo posamezne primere uporabe deponijskega plina, predvsem plinskih elektram na deponijski plin (npr. Ljubljana - Barje, Podbrežje).

## 2 PROCES GORENJA

### 2.1 ZRAK IN NJEGOVE LASTNOSTI, KI VPLIVAJO NA ZGOREVANJE

Glavni element, zaradi katerega je zrak nujen pri izgorevalnih procesih, je kisik. Sestava kisika je odvisna od sestave zraka in se spreminja glede na okoliščine, na katere vpliva predvsem vlažnost. Pri nas, v Sloveniji, uporabljamo za izračun zgorevanja ali produktov izgorevanja z vlažnim zrakom prevzeto vlažnost zgorevalnega zraka  $x = 0,0065$  kg/kg (Oman, 2005). Ta vrednost je določena na podlagi dvajsetletnih mesečnih povprečnih lastnosti zraka in je njihova aritmetična sredina.

Zrak je poleg kisika ( $O_2$ ) sestavljen še iz drugih elementov, ki med procesom gorenja niso aktivni; dušik ( $N_2$ ), ogljikov dioksid ( $CO_2$ ), argon (Ar) in drugi žlahtni plini. Vlažni zrak vsebuje tudi vodo ( $H_2O$ ).

Zrak, ki je soudeležen pri procesih gorenja, imenujemo zgorevalni zrak. Pri gorenju ima zrak zaradi kisika zelo pomembno vlogo. Sestava zraka in njeni volumski ( $\varphi$ ) in masni ( $w$ ) deleži so prikazani v preglednici 1., kjer velja vlažnost zraka  $x = 0,0065$  kg/kg.

Preglednica 1: Volumenski ( $\varphi$ ) in masni deleži ( $w$ ) sestave zraka (Oman,2005)

	SUHI ZRAK		VLAŽNI ZRAK	
	$\varphi$ / %	$w$ / %	$\varphi$ / %	$w$ / %
<b>N<sub>2</sub></b>	78,11	75,55	77,30	75,06
<b>O<sub>2</sub></b>	20,94	23,13	20,72	22,98
<b>Ar</b>	0,92	1,27	0,91	1,26
<b>H<sub>2</sub>O</b>	0,00	0,00	1,04	0,65
<b>CO<sub>2</sub></b>	0,03	0,05	0,03	0,05

### 2.2 ZGOREVANJE

Zgorevanje je oksidacija z zrakom, ki se pojavi zaradi kisika in sprošča toploto, ki je navadno v obliki plamena. Lahko poteka s kisikom iz zraka ali pa s čistim kisikom. Pri

gorenju se sprošča kemična notranja energija goriv in se sproti prenaša na molekule kot njihova kinetična energija. Posledično se poveča še kalorični del notranje energije in temperatura telesa. Tako nastane vir toplote, ki ga lahko uporabimo v energetske namene. Proces gorenja ali zgorevanja se zaključí, ko v produktih kemičnih reakcij ni več spojin, ki bi bile še sposobne dati energijo za gorenje.

Gorenje je lahko popolno ali nepopolno. Pri popolnem zgorevanju se oksidacija gorljivih snovi dokonča. Za doseg popolnega zgorevanja morajo biti ustvarjene ugodne razmere za gorenje, vključno z zadostno količino kisika. Nasprotno pa je nepopolno zgorevanje proces, pri katerem oksidacija gorljivih snovi ni dokončana zaradi neugodnih pogojev za gorenje (premalo kisika, intenzivno hlajenje plamena, slabo mešanje itd.).

Vizualno je razlika med popolnim in nepopolnim izgorevanjem vidna v dimu. Pri popolnem zgorevanju nastaja prozoren dim, ki zaradi izločanja vodne pare postane bel. Za nepopolno zgorevanje pa je značilen črn, sajast dim.

V energetiki se poizkušajo izogibati nepopolnemu izgorevanju, saj je energetsko in ekološko nezaželeno in škodljivo. Zaradi nepopolnega izgorevanja lesnih plinov se pri ohlajanju le ti utekočinijo in se nabirajo kot saje in katran v dimniku. Nekateri elementi lesnih plinov so tudi škodljivi za okolje, to so ogljikov monoksid, ogljikovodiki in dušikovi oksidi. Ti elementi pri nepopolnem zgorevanju močno onesnažujejo okolje. Energetsko so zelo problematične stare peči na drva, ki pri gorenju uravnavajo dovod zraka do kurišča z zapiranjem in odpiranjem dovoda zraka. Pri takšnem načinu uravnavanja dovoda zraka do kurišča so zelo slabi izkoristki, saj se veliko energije izgubi neizkoriščeno skozi dimnik in tako onesnažuje okolje.

V najslabših primerih se lahko pri nepopolnem gorenju sprosti le 30 % razpoložljive energije.

Gorenje lesa delimo na tri faze (Dolenšek z sodelavci, 1999):

- Sušenje – v tem obdobju se les segreje do 150°C. Voda v lesu pri tej temperaturi izhlapeva. Več kot je vode v lesu, večji del energije je potreben za njeno izhlapevanje.



- Piroliza ali uplinjanje - poteka med 150 in 550°C – pri teh temperaturah se hlapljive snovi v lesu uplinijo, saj suh les tvori 85 % hlapnih in gorljivih sestavin. Ostali odstotek lesa ostane po gorenju kot oglje.
- Oksidacija ali pravo gorenje – v tej fazi gorenja so temperature med 400°C in 1300°C– pri temperaturah nad 400°C reagirajo lesni plini z zračnim kisikom. V tej fazi gorenja opazimo plamen ali oksidacijo. Pri oksidaciji lahko dosežemo temperature tudi do 1300 °C, oglje se uplinja in zgori pri temperaturi večji od 600°C. Les pri dovolj visoki temperaturi in zadostni količini kisika popolnoma zgori, za njim ostanejo le negorljivi mineralni ostanki, ki jim rečemo pepel. Pepel pri kurjenju na klasična polena ne preseže 1% izhodiščne teže drv.

### 2.3 STEHIOMETRIJA ZGOREVANJA

Zaradi oksidacije z zrakom nastane gorenje, zato je potrebno pri stehiometriji zgorevanja poznati sestavo zraka, ki sodeluje v gorenju. Pri stehiometričnih izračunih spremljamo le procese oksidacije aktivnih snovi v gorivu, saj je delovanje goriva odvisno od njegove aktivne mase. Tako je za razumevanje in poznavanje reakcij pri gorenju potrebno poznati koncentracije snovi v gorivu, ki sodelujejo pri procesih gorenja.

Dušik, ogljikov dioksid in argon niso aktivni pri zgorevalnih procesih, zato jih vzamemo kot inertne pline. Tako pri stehiometričnih izračunih uporabljamo suh zrak, ki je sestavljen iz zaokroženo 0,79 m<sup>3</sup> / m<sup>3</sup> dušika in 0,21 m<sup>3</sup> / m<sup>3</sup> kisika oziroma 0,77 kg / kg dušika in 0,23 kg / kg kisika.

Stehiometrični izračun izhaja iz zakona o ohranitvi mase in zakona o stalnih masnih razmerjih.

Osnova stehiometričnih izračunov je razmerje med masama dveh snovi ( $m_1$  in  $m_2$ ), ki sta soudeleženi v reakciji (Oman, 2005):

$$\frac{m_1}{m_2} = \frac{n_1 M_1}{n_2 M_2} \quad \dots (2)$$

Izraz je enak razmerju med produkti množine  $n$  v molih in molske mase  $M$  / ( $\text{kg mol}^{-1}$ ) obeh snovi. Pri računanju v stehiometriji uporabljamo molske veličine, katere molski volumni so vedno pri normalnem stanju.

Parametri normalnega stanja, ki jih uporabljamo so (Oman, 2005):

- temperatura  $T_n = 273,15 \text{ K}$  ali  $0^\circ \text{C}$ ,
- tlak normalnega stanja  $\rho_n = 101\,325 \text{ kPa}$  ali  $1\,013,25 \text{ mbar}$

Pri izračunih stehiometričnih zgorevanj je predpostavljeno, da se proces zgorevanja dokonča. Pri določanju sestavin in deležev sestavin, ki sodelujejo pri procesih gorenja, jih določamo glede na agregatno stanje goriva. Pri trdih in tekočih gorivih določamo masne deleže na 1 kg goriva:  $w_C$  - masni delež ogljika,  $w_H$  - masni delež vodika,  $w_S$  - masni delež žvepla,  $w_O$  - masni delež kisika,  $w_N$  - masni delež dušika,  $w_P$  - masni delež pepela in  $w_{H_2O}$  - masni delež vode (Senegačnik in Oman, 2005).

Pri plinastih gorivih pa se ne določajo elementi, ki sestavljajo gorivo, temveč volumenski deleži posameznih plinov, torej komponent, ki sestavljajo gorivo.

Preglednica 2: Sestave masnih deležev vlažnega in zračno suhega lesa (Senegačnik in Oman, 2004)

	Vlažni les (%)	Zračno suh les (%)
$w_C$	26,15	43,5
$w_H$	3,14	5,22
$w_S$	0	0
$w_O$	22,75	37,85
$w_N$	0,26	0,44
$w_P$	0,3	0,5
$w_{H_2O}$	47,4	12,5

Preglednica 3: Stehiometrične veličine vlažnega in zračno suhega lesa (Senegačnik in Oman, 2004)

	Vlažni les	Zračno suh les
$H_i$ (kJ/kg)	8000	15000
$H_s$ (kJ/kg)	9846,4	16451,9
$m_{O,min}$ (kg/kg)	0,718	1,195
$m_{Z,min}$ (kg/kg)	3,124	5,196
$m_{d,O,s}$ (kg/kg)	3,346	5,566
$m_{d,O,v}$ (kg/kg)	4,121	6,191
$V_{Z,min}$ ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )	2,43	4,04
$W_{d,O,s}$ ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )	2,39	3,97
$W_{d,O,v}$ ( $\text{m}^3/\text{kg}$ )	3,35	4,75
$\rho(\text{CO}_{2,max})$ (%)	20,46	20,46

- $H_i$  ..... spodnja kurilnost 1 m<sup>3</sup> goriva  
 $H_s$  ..... zgornja kurilnost 1 kg goriva  
 $m_{O,min}$  ..... teoretična minimalna količina kisika za zgorevanje 1 kg goriva  
 $m_{Z,min}$  ..... teoretično minimalna količina vlažnega zraka za zgorevanje 1 kg goriva  
 $m_{d,O,s}$  ..... teoretično minimalna količina nastalih suhih dimnih plinov iz 1 kg goriva  
 $m_{d,O,v}$  ..... teoretično minimalna količina nastalih vlažnih dimnih plinov iz 1 kg goriva  
 $V_{Z,min}$  ..... teoretično minimalna količina potrebnega zraka za 1 m<sup>3</sup> goriva  
 $W_{d,O,s}$  ..... teoretično minimalna količina nastalih suhih dim. pl. iz 1 m<sup>3</sup> goriva  
 $W_{d,O,v}$  ..... teoretično minimalna količina nastalih vlažnih dim. pl. iz 1 m<sup>3</sup> goriva  
 $\rho(CO_{2,max})$  ..... maksimalni volumenski delež CO<sub>2</sub> v suhih dimnih plinih

#### 2.4 TEORETIČNA MINIMALNA IN DEJANSKA KOLIČINA ZGOREVALNEGA ZRAKA

Teoretično minimalno količino zgorevalnega zraka ( $V_{omin}$  in  $m_{omin}$ ), ki vsebuje stehiometrično minimalno količino kisika, potrebnega za popolno oksidacijo, izračunamo po izrazu (Senegačnik in Oman, 2005):

$$V_{omin} = 1,8643 w_C + 5,5541 w_H - 0,6998 w_O + 0,6984 w_S \text{ m}^3/\text{kg} \quad \dots (3)$$

$$m_{omin} = 2,6641 w_C + 7,9370 w_H - 1,00 w_O + 0,9981 w_S \text{ m}^3/\text{kg} \quad \dots (4)$$

V izrazih so  $w_C$ ,  $w_H$ ,  $w_O$ ,  $w_S$  masni deleži elementov v gorivu.

Izraz velja za kapljevita in za trda goriva, torej tudi za vse oblike lesne biomase, medtem ko za plinasta goriva ta izraz ne velja.

Za razumevanje procesov izgorevanja je potrebno poznati še razmernik zraka, ki nam za dano gorivo pove, kolikšen je količnik med dejansko uporabljeno količino zraka in teoretično minimalno količino zraka, potrebnega za zgorevanje (Senegačnik in Oman, 2004):

$$\lambda = \frac{V_Z}{V_{Z,min}} = \frac{m_Z}{m_{Z,min}} \geq 1 \quad \dots (5)$$

- $\lambda$  ..... razmernik zraka  
 $V_Z$  ..... količina potrebnega zraka za 1 kg goriva  
 $V_{Z,min}$  ..... teoretično minimalna količina potrebnega zraka za 1 kg goriva  
 $m_Z$  ..... dejanska masa zgorevalnega zraka za 1 kg goriva  
 $m_{Z,min}$  ..... teoretično minimalna masa zraka za zgorevanje 1 kg goriva

Proces zgorevanja v realnih razmerah, kjer imamo popolno gorenje, zahteva presežek zraka. Ta je večji kot je teoretično minimalna količina. Pri zgorevanju različnih vrst goriv je glede na vrsto goriva, različna možnost, da pride delec goriva v stik s prostim kisikom. Prav zaradi tega so tudi presežki zraka različni med seboj.

Količina zgorevalnega zraka, ki je dejansko uporabljena, je za razmernik zraka  $\lambda$  večja od teoretično minimalne potrebne količine zgorevalnega zraka (Oman, 2005):

$$V_Z = \lambda V_{Z \min} \text{ ali } m_Z = \lambda m_{Z \min} \quad \dots (6)$$

Razliko med minimalno in teoretično potrebno in dejansko uporabljeno količino zgorevalnega zraka za 1 kg goriva imenujemo presežek zraka (Oman, 2005):

$$V_Z - V_{Z \min} = (\lambda - 1) V_{Z \min} \text{ m}^3 / \text{kg} \quad \dots (7)$$

$$m_Z - m_{Z \min} = (\lambda - 1) m_{Z \min} \text{ kg} / \text{kg} \quad \dots (8)$$

Tudi pri teh izrazih so upoštevani normalni pogoji.

## 2.5 KURILNOST LESA

Zaradi razvoja sodobnih tehnologij priprave in rabe in zaradi visokih-nepredvidljivih cen ostalih goriv je les čedalje bolj konkurenčen oz. energetsko zanimiv material.

Lastnost, s katero določamo vrednost posameznega materiala pri gorenju, je kurilnost.

Kurilnost je razlika med entalpijo snovi pred zgorevanjem in med entalpijo snovi po zgorevanju pri konstantnem tlaku med procesom gorenja. Kurilnost navajamo na enoto mase goriva (kWh/kg, MJ/kg, kWh/m<sup>3</sup> ali MJ/m<sup>3</sup>) in jo označujemo s  $H$ . Pove nam, kolikšna je količina toplote, ki nastane pri popolnem izgorevanju enote goriva, pri čemer se produkti izgorevanja ne ohladijo pod temperaturo rosišča vodne pare. Vrednosti za kurilnost goriva dobimo v kalorimetru, vendar dobljene vrednosti niso natančno določene, ampak so le približne.

Razlikujemo dve vrsti kurilnosti: zgorevalna toplota ali zgornja kurilnost  $H_S$  in kurilnost, ki jo imenujemo tudi spodnja kurilnost  $H_I$ .

Zgorevalna toplota je količina toplote, ki jo dobimo pri hlajenju dimnih plinov, ki nastanejo pri popolnem gorenju 1 kg goriva, ob upoštevanju, da izkoristimo kondenzacijsko toploto vode 2 499 KJ/kg.

Spodnja kurilnost je količina toplote, ki jo dobimo pri popolnem zgorevanju 1 kg goriva, kadar kondenzacijske toplote vodne pare v dimnih plinih ne izkoristimo. Zaradi teh dejstev sta kurilnosti povezani med seboj z izrazom (Senegačnik in Oman, 2004):

$$H_S = H_i + 2499 \text{ KJ/kg} \quad \dots (9)$$

$m_{H_2O}$  je masni delež vodne pare v dimnih plinih. Kurilnost za trda in tekoča goriva izračunamo po izrazu (Senegačnik in Oman, 2004):

$$H_i = 33,9 w_c + 121,4 \left( w_H - \frac{w_O}{8} \right) + 10,5 w_S - 2,5 w_{H_2O} \text{ MJ/kg} \quad \dots (10)$$

Vrednosti, izračunane po tem izrazu, niso natančne zaradi računske poenostavitve, da so vsi elementi v gorivu v elementarnem stanju in da niso vezani z drugimi elementi v spojine. Masne deleže elementarne sestave goriva dobimo iz kemične analize goriva.

Različna goriva imajo tako zelo različno kurilnost, kar je potrebno upoštevati pri odločitvi o načinu ogrevanja.

Primerjava med posameznimi kurilnostmi goriv, ki jih najpogosteje uporabljamo, nam prikazuje preglednica 4 (Praktikum d.o.o., 2007).

Preglednica 4: Primerjava kurilnosti najpogosteje uporabljenih goriv (Praktikum d.o.o., 2007)

OBLIKA GORIVA	Kurilnost goriva (MJ/enoto)	kWh
1 kg lesna biomasa ( zračno suh – 20 % )	14, 5MJ/kg	4,0 kWh/kg
1 kg lahko kurilno olje	41 MJ/kg	11,40 kWh/kg
1 ml zemeljski plin	37 MJ/kg	10,28 kWh/ml
1kg črni premog	29 MJ/kg	8,06 kWh/kg
1kg rjavi premog	15 MJ/kg	4,17 kWh/kg
1 l ekstra lahko olje	36 MJ /l	10,00kWh/l
1 kWh elektrike	3,6 MJ	1,0 kWh
1 kg koksa	29 MJ/kg	8,06 kWh/kg

V preglednici lahko vidimo, da za 1 kg kurilnega olja potrebujemo skoraj 3 kg lesne biomase, da dobimo isto količino toplotne energije.

V preglednici 5 pa so prikazane kurilnosti zračno suhega lesa posameznih drevesnih vrst.

Preglednica 5: Kurilnost zračno suhega lesa posameznih drevesnih vrst (Dolenšek s sodelavci, 1999)

	<b>masa</b>	<b>kurilnost</b>		
<b>Vrsta lesa</b>	<b>kg/m<sup>3</sup></b>	<b>kWh/m<sup>3</sup></b>	<b>kWh/pr.m.</b>	<b>kWh/kg</b>
Javor	634	2600	1900	4,1
Breza	628	2700	1900	4,3
Bukev	700	2800	2100	4,0
Hrast	690	2900	2100	4,2
Jelša	512	2100	1500	4,1
Topol	415	1700	1200	4,1
Robinja	732	3000	2100	4,1
Smreka	467	2100	1500	4,4
Bor	523	2300	1700	4,4
Macesen	523	2300	1700	4,4
Jelka	444	2000	1400	4,5

Za suh les lahko privzamemo, da je povprečna spodnja kurilnost absolutno suhega lesa brez vlage pri listavcih 18100 kJ/kg in pri iglavcih 19300 kJ/kg. Zračno suh les ima spodnjo kurilnost do 15000 kJ/kg. Za izračune elementarne sestave popolnoma suhega lesa lahko vzamemo masne deleže: ogljik 50 %, vodik 6 % in kisik 44 %.

Pri vlažnem lesu pa se spodnja kurilnost svežega lesa (kateri ima lahko primešano še zemljo, površinsko vodo in druge negorljive primesi) lahko giblje do 8000 kJ/kg (Oman, 2005).

### 2.5.1 Vplivi na kurilnost lesa

Kurilnost lesa je lahko zelo različna in je posledica različnih lastnosti lesa kot higroskopskega materiala. Poznamo tri glavne lastnosti lesa, ki vplivajo na njegovo kurilnost.

Najpomembnejši vplivi na kurilnost lesa so:

#### 2.5.1.1 Vlažnost lesa

Voda v lesu ima največji vpliv na kurilnost, zato spada lesna vlažnost med najpomembnejše tehnične podatke o lesu kot gorivu. Pri gorenju lesne biomase voda v lesu izhlapeva, za kar potrebuje energijo. Večja kot je količina vode v lesu, večjo količino energije porabimo za njeno izhlapevanje in tako jo manj ostane za naše ogrevanje.

Vlažnost lesa je razmerje med maso vode in maso absolutno suhega lesa.

Vsebnost vode v lesu pa predstavlja razmerje med maso vode in skupno maso lesa in vode.

V lesu poznamo dve vrsti vode, prosto in vezano. Prosta voda se nahaja v celičnih lumnih, vezana pa v celičnih stenah. Les ima ob poseku lahko od 40 pa tudi do 200 % vlažnost. Višje vlažnosti ob posekih so značilnejše za iglavce, medtem ko listavci ob poseku redkeje dosegajo visoke vlažnosti.

Po poseku iz lesa izhlapeva prosta voda do točke nasičenosti celičnih sten (TNCS). Ta točka je pri različnih drevesnih vrstah različna, povprečno pa se ta točka nahaja okoli 30 % vlažnosti lesa. Pri TNCS ostane v lesu samo še vezana voda in na tej točki postane les tudi higroskopen.

Higroskopnost lesa pomeni, da les spreminja volumen in dimenzijo glede na relativno zračno vlažnost in na temperaturo, v kateri se nahaja. Bolj kot je les suh, (ima manjšo vsebnost vlage) boljša je njegova kurilnost. Vsakih 10 % vode zmanjša kurilnost lesa za približno 12 %. Če kurimo gozdno suh les, porabimo četrtno energije, uskladiščene v lesu, za izhlapevanje vode, kar zmanjša kurilnost lesa. Visoka vsebnost vode v lesu pa prav tako negativno vpliva na procese gorenja, kurilno napravo in dimnik.

Hitrost sušenja oziroma izhajanja vode iz lesa je zelo odvisna od drevesne vrste. Velja pravilo, da se iglavci sušijo veliko hitreje kot pa listavci. Od 20 do 40 % vlažnost ima gozdno suh les, to je les, ki se je sušil 4-6 mesece samo v gozdu in ni bil razrezan na manjše enote. Les se po naravni poti posuši največ okoli 14-16 %, ta vlažnost je najbolj priporočljiva za uporabo lesa v energetske namene. Seveda pa ima lesna biomasa lahko bistveno nižjo vlažnost, npr. če je produkt iz ostankov v industriji vseh vrst pohištva ali pa če so to direktni ostanki iz te industrije. Ta vlažnost pa je določena z zahtevami za različne vrste pohištva in je lahko od 8-15 %.

Preglednica 6: Kurilnost glede na vlažnost lesa ter vsebnost vode (Debevec, 2005)

Vsebnost vode W ( % )	Lesna vlažnost u ( % )	Kurilnost Hi ( kJ/kg )
61,5	160	5 880
54,6	120	7 350
50	100	8 400
43,5	80	9 660
37,6	60	10 920
33,3	50	11 970
23	30	14 070
17	20	15 540
9,8	10	16 800

Lesna vlažnost in voda v lesu je lastnost, na katero lahko vplivamo, zato je lesno biomaso po potrebi potrebno pravilno skladiščiti in sušiti. V preglednici 6 je prikazano, kako z večanjem vsebnosti vode v lesu pada njegova kurilnost.

#### 2.5.1.2 Gostota

Gostota je definirana kot razmerje med maso in volumnom, enota je  $\text{kg/m}^3$ . Ima zelo velik pomen pri sušenju lesa, kurilnostih in pri procesih zgorevanja.

Odkvisna je od:

- drevesne vrste - splošno velja, da so listavci gostejši kot iglavci, kar hkrati tudi pomeni, da so boljši za uporabo v energetske namene, ker dajejo več energije kot iglavci. Les z večjo gostoto namreč izgoreva počasneje, les listavcev ima večjo gostoto in s tem višjo kurilnost na  $\text{m}^3$ . Nasprotno pa je za kuhanje in peko boljši les iglavcev, ki izgoreva hitreje in intenzivneje, ker ima večjo kurilnost na kg. Primer: smreka ima pri 15 % lesni vlažnosti kurilnost 2309 kWh, bukev pa pri isti vlažnosti 3263 kWh (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007).



Preglednica 7: Gostota najpomembnejših domačih lesnih vrst (Čufar, 2001)

Lesna vrsta	$\rho$ (kg/m <sup>3</sup> )		
	minimum	srednja vrednost	maksimum
zeleni bor	310	370	470
Jelka	320	410	710
črni topol	370	410	520
Smreka	300	430	640
Lipa	320	490	560
rdeči bor	300	490	860
črna jelša	450	510	600
Macesen	400	550	820
Češnja	490	570	670
gorski javor	480	590	750
Breza	460	610	800
Oreh	450	640	750
Brest	440	640	820
Jesen	410	650	820
Hrast	390	650	930
Bukev	490	680	880
Robinija	540	730	870
beli gaber	500	730	820

Podatki v preglednici so sortirani po srednji vrednosti.

- časa sečnje - gostota narašča z vsebnostjo vode. Trenutno se ne posveča veliko poudarka času sečnje, posebej če je uporaba lesa predvidena v energetske namene. Velja pa pravilo, da je najboljši čas za pridobivanje lesa zima, ker takrat ima les najmanj vode.

Včasih pa so večji pomen glede časa sečnje posvečali luni in njenim vplivom. V zadnjem-industrijskem obdobju se temu vprašanju posveča malo pozornosti, medtem ko je po nekaterih preizkušanih pravilih dokazano, da je, za podiranje lesa za kurjavo in za njegovo ponovno rast, najboljši čas oktober v prvem kvartalu lune, ko se luna debeli. Ostali les za kurjavo pa bi se moral sekati po zimskem sončnem obratu (21. december), pri pojemajoči luni. Vrhove posekanih dreves ne bi smeli takoj odsekati, kajti priporočljivo jih je obrniti z vrhom proti dolini, da tako stečejo poslednji sokovi iz debla proti vrhu. Velja tudi, da je les posekan 1. marca po sončnem zahodu negorljiv (Paungger, 1995).

- delov drevesa:
  - koreničnik,
  - vejevina in
  - jedrovina, ki imajo višjo gostoto kot ostali deli drevesa.
  
- starosti lesa
  
- zdravstvenega stanja - zdravje lesa zelo vpliva na kurilnost, saj je kurilnost zdravega lesa veliko večja kot pri npr. trohnečem lesu, katerega gostota je veliko manjša. Za dobro zdravstveno stanje lahko poskrbimo s pravilnim skladiščenjem, s katerim preprečimo napad škodljivcev, trohnenje, piravost itd.

#### 2.5.1.3 Kemična sestava

Les sestavljajo naslednji elementi:

- ogljik ( 50 %),
- kisik (43 %),
- vodik (6 %),
- in dušik ( 1 %).

Kemijska sestava lesa pa je sledeča:

- celuloza (40-50 %),
- hemiceluloza (24-33 %),
- lignin (20-35 %) in
- snovi, ki se spreminjajo glede na različna obdobja, v katerih se nahaja les (3-4 %: smola, sladkor, škrob, čreslovina, barvila, strupi...)

Kemična sestava vpliva na kurilnost lesa, saj kurilnost posameznih sestavin ni enaka. Lignin ima višjo kurilnost kot celuloza, zato je kurilnost iglavcev, ki imajo več lignina, pri enaki masni enoti višja kot pri listavcih. To je pa tudi glavna razlika med kemijsko sestavo iglavcev in listavcev in tako zaradi kemijske sestave nimamo velikih razlik med kurilnostjo le-teh.

## 2.6 SPECIFIČNA TOPLOTA LESA

Specifična toplota trdih goriv je odvisna predvsem od njihove vlažnosti, oziroma vsebnosti vode v gorivu. Zračno suh les med 0 °C in 40 °C ima specifično toploto med 1,8 kJ/(kg K) in 2,5 kJ/(kg K) (Senegačnik in Oman, 2004).

## 2.7 POGOJI ZA OPTIMALNO GORENJE

Za dobre izkoristke gorenja in s tem majhno porabo enote goriva je zelo pomembno, da imamo pri gorenju optimalne pogoje, ki nam zagotavljajo kvalitetno in ekonomično gorenje. Pri kontroli zgorevanja merimo in analiziramo produkte zgorevanja občasno ali kontinuirano. Na osnovi znane sestave goriva in izmerjenih podatkov pa ocenjujemo kvaliteto procesa zgorevanja.

Za dobro kontrolo zgorevanja moramo dobro poznati vse medije, ki v procesu zgorevanja sodelujejo. Mediji, ki jih pri procesu zgorevanja merimo, so sestava dimnih plinov (O<sub>2</sub>, CO, CO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> in NO<sub>x</sub>), temperatura, tlak, pretok dimnih plinov, zraka itd. Na osnovi podatkov vplivamo na pogoje procese gorenja. V primeru, da reguliramo toplotno moč kotla, pa merimo še pretok vode ali pare. Pri sodobnih pripravah za gorenje iz dobljenih izmerjenih vrednosti se v krmilniku po naprej izdelanem programu pripravi odziv, ki se preko regulatorjev in akumulatorjev aktivno odziva na procese zgorevanja.

Razmere pri zgorevanju so pri generatorjih toplote različne. Najbolj stabilne razmere in obremenitve pri zgorevanju imamo pri industrijskih pečeh. Nasprotno pa imamo najmanj stabilne razmere pri industrijskih parnih kotlih zaradi stalnega spreminjanja obremenitve, zaradi spreminjanja porabe energije v tehnoloških procesih. S spremembo obremenitve se pojavi tudi sprememba razmer pri procesih gorenja, zato mora biti pri takih pripravah kontrola parametrov procesov zgorevanja stalna in neprekinjena (Oman, 2005).

## 2.8 EKOLOŠKI VIDIKI UPORABE LESNE BIOMASE

V točki 1.3 (*Splošno o biomasi*) tega dela smo navedli splošne značilnosti vpliva na okolje pri kurjenju z biomaso, predvsem, da se z vezanjem CO<sub>2</sub> zaključi krog in da tako kurjenje na biomaso ne prispeva k porastu CO<sub>2</sub>. Onesnaževanje z ogljikovim monoksidom je z uporabo ustreznih kurilnih naprav neproblematično za okolje.

Kurjenje na lesno biomaso je v primerjavi s fosilnimi gorivi bolj prijazno za okolje tudi zaradi emisij. Pri kurjenju na lesno biomaso so manjše emisije žvepla in drugih škodljivih snovi. Prav tako je pri gorenju lesne biomase manjša emisija dušikovega oksida ( $\text{NO}_x$ ) kot pri fosilnih gorivih, prisotnost dušika je le 0,3% emisije organskih spojin (fenoli, eteni, benzeni, aldehidi) so prisotne samo pri nepopolnih izgorevanjih (Gornik, 2000).

Z uporabo ustreznih kurilnih naprav lahko zmanjšamo ostanke prašnih delcev, ki nastajajo med gorenjem ali kot posledica gorenja (pepel, dimni plini,...). Ob uporabi sodobnih ogrevalnih naprav lahko smatramo les kot čisto gorivo. V praksi pa imamo še veliko kotlov, ki so kombinirani in zastareli in zaradi teh dejstev ekološko niso neoporečni. Večji sistemi imajo čiščenje dimnih plinov urejeno s filtri. Količine pepela so ob teh rešitvah znatno nižje kot pri kurjenju na druga trda kuriva (rjavi premog, črni premog...). Količina onesnaževanja okolja s prašnimi delci je odvisna tudi od oblike lesnega kuriva. Največje je pri uporabi večjih kurilnih elementov (klaftre, polena....), najmanjše pa pri kurjenju na manjše kurilne elemente (briketi, poleti...)

### **3 ZNAČILNOSTI LESNE BIOMASE**

#### **3.1 OBLIKE LESNE BIOMASE**

Vse oblike lesne biomase, ki bodo opisane v točki so uporabljene v energetiki, za različna ogrevanja.

Poznamo pa tudi materialno porabo lesne biomase, pri kateri je  $\text{CO}_2$  vezan dalj časa. Možnosti za materialno uporabo biomase so v pogozdovanju, saj je v gozdovih  $\text{CO}_2$  dolgoročno vezan, ta vezava se pa lahko še bistveno poveča z uporabo lesa v npr. lesarstvu, gradbeništvu. Pri uporabi lesa v energetiki se dobi ekvivalenten delež energije, kar omogoča manjšo porabo fosilnih goriv. Za shranjevanje ogljika so najpomembnejše rastline z dolgo življenjsko dobo, to so tudi gozdovi. Hektar srednje starega bukovega gozda ima npr. vezanih od 200 do 250 ton čistega ogljika (Debevec, 2005).

Pri energetske izrabi lesne biomase imamo ob sodobnih ogrevalnih napravah veliko izbiro naprav za kurjenje na biomaso. Zato so produkti lesne biomase raznovrstni glede na obliko in lastnosti.

### **3.1.1 Polena**

V Sloveniji so polena še vedno najpogosteje uporabljena vrsta lesne biomase. Največkrat se za uporabo polen uporablja les - goli listavcev, ki jih razžagamo z motorno ali krožno žago na dolžino 25-50 cm in jih nato še razcepimo s sekiro, čukom ali s cepilnim strojem. Cepilne stroje uporabljamo lahko na motorni-dizel pogon (npr. na traktorju s pomočjo kardanskega zgloba) ali pa za pogon uporabljamo trifazni elektromotor.

Slabosti polen so, da se za pripravo in rabo porabi veliko ročnega dela, a so zato stroški priprave nizki.

Polena bodo v sodobnih pečeh, kaminih in v lončenih pečeh še vedno zanimiva oblika lesne biomase, posebej za lastnike gozdov in ostale ljudi na podeželju.

### **3.1.2 Sekanci**

Lesni sekanci so kosi lesa velikosti do 8 cm. Njihova velikost je odvisna od dozirnega sistema, ki transportira sekance v kurišče. Glavna prednost pa je v sodobnih kurilnih napravah, ki omogočajo avtomatsko doziranje sekancev v kurišče. Na ta način se zagotavlja udobje, saj za razliko od npr. polen ni potrebno ročno vstavljanje biomase v kurišče.

Sekance izdelamo s sekalnikom in so izdelani iz manjvrednega, drobnega okroglega lesa, kosovnih lesnih ostankov in odpadnega lesa.

### **3.1.3 Peleti in briketi**

Peleti in briketi so stiskanci različnih oblik. Stisnjeni so v valjasto obliko različnih dimenzij. Peleti so običajno premera 6-8 mm in dolžine do 50 mm in jih lahko tako kot sekance uporabljamo avtomatizirano. Briketi pa so premera od 40 do 60 mm in se največkrat uporabljajo kot nadomestek za polena.

Prednost peletov in briketov je tudi enaka oblika in velikost, čisto in enostavno rokovanje. Glede na svoj volumen imajo tudi veliko energijsko vrednost, ker so stisnjeni pod velikim pritiskom in povečano temperaturo, kar poveča gostoto. Njihova kurilnost je zelo visoka, med 17 MJ/kg in 18 MJ/kg, tudi zato, ker so izdelani iz ostankov, ki nastanejo pri

tehnoloških operacijah na lesno obdelovalnih strojih, kjer se zahteva tehnično posušen les.

Ti ostanki so npr.:

- droben prah: ostanek brušenja, ki nastane z uporabo različnih brusilnih orodij za brušenje lesa,
- žaganje: nastane pri delu s krožnimi žagami, vrtalkami, v CNC obdelovalnih centrih itd.,
- oblanci: nastanejo pri poravnalnem, debelinskem, štiri stranskem skobeljnem stroju, miznem rezkalnem stroju itd.

#### **3.1.4 Klaftra**

Klaftra v splošnem trgovanju pomeni skladovnico zložene metrske cepanice, pri kateri je dolžina skladovnice 4 m, višina pa 1m.

#### **3.1.5 Žagarski in drugi ostanki**

Za uporabo v energetske namene uvrščamo tudi vse kosovne ostanke primarne obdelave lesa. Ti ostanki so odrezki, krajniki, očelki, žagovina ter ostanki nadaljnjih predelav lesa, za katere ni zaželeno, da imajo dodane okolju škodljive dodatke (lepila in barvila). Za uporabo v energetske namene uporabljamo tudi odslužen les in lesno embalažo. Rabljen les običajno vsebuje snovi, ki jih les kot naravni material ne vsebuje. Tak les lahko vsebuje različna impregnacijska sredstva, zaščitne premaze, lepila in druge različne materiale, ki so bili v procesu obdelave in uporabe dodani. Vsebnost teh elementov se razlikuje, vendar okoljska politika v EU teži k uporabi okolju manj škodljivih materialov.

### **3.2 MERSKE ENOTE LESNE BIOMASE IN RAZMERJA MED NJIMI**

V lesarstvu in gozdarstvu se les navadno meri po prostornini in ne po masi, kar je posledica lažjega določevanja količine. V predelavah lesa se kasneje pojavijo tudi kvadratni m<sup>2</sup> ali tekoči metri tm, medtem ko se meritve glede na maso ne izvajajo.

Preračunavanje poteka ves čas manipuliranja z lesom, saj se lesna biomasa vse do končne oblike goriva vseskozi spreminja. Spreminja se glede na obliko in je preračunavanje potrebno predvsem zaradi trgovanja.

### 3.2.1 Kubični meter

Količina izraža prostornino lesa ( $m^3$ ), lahko tudi  $(prm)^1$  ali  $(pm^3)^1$  brez vmesnih, praznih prostorov in se uporablja kot mera za okrogli les. Prostornino lesa lahko določimo na dva načina.

Lahko jo izračunamo z izrazom:

$$V = \frac{\pi \times d^2}{4} \times l \quad \dots (11)$$

V ..... volumen  
d ..... srednja debelina premera hloda  
l ..... dolžina hloda

Drugi način za izračun prostornine lesa pa so specialne gozdarske tabele, v katerih na osnovi premera hloda iz tabel razberemo volumen lesa (Čokar, 1992).

### 3.2.2 Prostorninski meter

Izražamo ga z oznako prm. S prostorninskim metrom označujemo skladovnico v velikosti kocke 1m zloženega lesa, z vključenimi vmesnimi prostori. Uporablja se kot mera za polena, cepanice in okroglice.

### 3.2.3 Nasuti meter

Z besedo nasuti meter ( $nm^1$ ) označujemo nasutje manjših kosov lesa (drva, sekanci, žagovina itd.) v zaboju s prostornino  $1 m^3$ .

Preglednica 8: Gostota snovi goriva (Senegačnik in Oman, 2004)

VRSTA GORIVA	GOSTOTA SNOVI GORIVA ( $kg/m^3$ )
les, hlodovina: - smreka, vlažnost 28% - bor, vlažnost 28% - bukev, vlažnost 28%	650 750 960
rovni rjavi premog	1130 – 1220
rjavi premog – briketi	1500
antracid	1340 – 1500

Preglednica 9: Nasipna gostota trdnih goriv (Senegačnik in Oman,2004)

GORIVO	NASIPNA GOSTOTA GORIVA (kg/m <sup>3</sup> )
Smeti – gospodinjske	180-250
Les: - smrekova polena, zložena, vlažnost 28%	540
- smrekova polena, nasuta, vlažnost 28%	325
- bukova polena, zložena, vlažnost 28%	888
- bukova polena, nasuta, vlažnost 28%	480
- trd les, dračje	150
- žaganje	180-280
- oblanci	90-120
- prah	80-120
Lesno oglje iz trdega lesa	190-220
Lesno oglje iz mehkega lesa	130-150
Rjavi premog : - rovni	750
- zračno sušen	600-800
- briketi, zloženi	1000
- briketi, nasuti	700-725
- prah	450-500
Koks	430-680

### 3.3 RAZMERJA MED POSAMEZNIH PROSTORNINSKIMI ENOTAMI IN OBLIKAMI LESNE BIOMASE

Pri določevanju prostornin se nam zaradi različnih oblik pojavi, da lahko ista masa lesa zavzema različne prostornine, zato so določena razmerja, ki se uporabljajo pri manipuliranju z lesno biomaso.

Drva za ogrevanje se še danes merijo v prostorninskih kubičnih metrih (pm)<sup>1</sup> ali (pm<sup>3</sup>)<sup>1</sup>, lesna biomasa, ki je drobnejša (oblovina, žagovina, briketi...), pa se meri v nasutih kubičnih metrih (nm<sup>1</sup>). V nasipnih količinah vseh trdnih goriv, torej tudi lesne biomase, so upoštevani prazni vmesni zračni prostori, ki nastanejo po nasipu ali zlaganju kosov trdega goriva. Lesna biomasa ne glede na obliko goriva zahteva določene zaloge, ki jih je potrebno načrtovati ne glede na obliko lesne biomase.



V preglednici 10 so prikazana razmerja med različnimi oblikami lesne biomase.

Preglednica 10: Količinski ekvivalenti posameznih oblik lesnega kuriva (Kranjc in Kovač, 2003)

	<b>enote</b>	<b>goli</b>	<b>polena 1m zložena</b>	<b>polena 30 cm zložena</b>	<b>polena 30 cm nasuta</b>	<b>lesni sekanci &lt; 5 cm</b>
ENOTA		$1 m^3$	$1 prm$	$1 prm$	$1 nasuti m^3$	$1 nasuti m^3$
GOLI	$1 m^3$		1,4	1,2	2	3
POLENA 1m ZLOŽENA	$1 prm$	0,71		0,85	1,4	2,1
POLENA 30cm ZLOŽENA	$1 prm$	0,83	1,2		1,67	2,55
POLENA 30cm NASUTA	$1 nasuti m^3$	0,5	0,7	0,6		1,5
LESNI SEKANCI < 5 cm	$1 nasuti m^3$	0,33	0,46	0,40	0,66	

Iz preglednice lahko razberemo:

- iz  $1 m^3$  lesa dobimo v povprečju 1,4 pm cepanic oziroma  $3 m^3$  (nasutih kubičnim metrov) sekancev.  
1 pm lesa ustreza povprečno za  $1,75 m^3$  sekancev.
- Glede na preglednico je zelo pomembno razmerje med ceno in obliko kupljene lesne biomase, saj  $1 m^3$  okroglega lesa pomeni  $2 m^3$  nasutih 30 cm dolgih polen. Ob enaki ceni na enoto pomeni, da je veliko ceneje, če posameznik kupi okrogel les.

## **4 KURILNE NAPRAVE IN OPREMA NA LESNO BIOMASO**

### **4.1 PEČI NA POLENA**

Na trgu peči na polena imamo veliko izbiro kotlov. Žal je veliko peči še takih, da v njih hitrost gorenja uravnavamo z odpiranjem in zapiranjem lopute za dovod zraka. Pri sodobnih pečeh na polena pa imamo že boljše izkoristke zaradi ločenega zgorevalnega prostora. V točki 4.1.1 in 4.1.2 so opisane glavne značilnosti in razlike med tema dvema vrstama peči.

#### **4.1.1 Klasične peči na polena za centralne sisteme**

Univerzalne klasične peči, katere lahko uporabljamo tudi za druga goriva, so zaradi uravnavanja hitrosti gorenja z loputo, zastarele in v primerjavi s sodobnimi pečmi neučinkovite. Glavne značilnosti teh peči so slabi izkoristki, neprijetno in umazano čiščenje kurišč ter dimnikov, onesnaževanje okolja, predvsem pri nizki ceni teh peči.

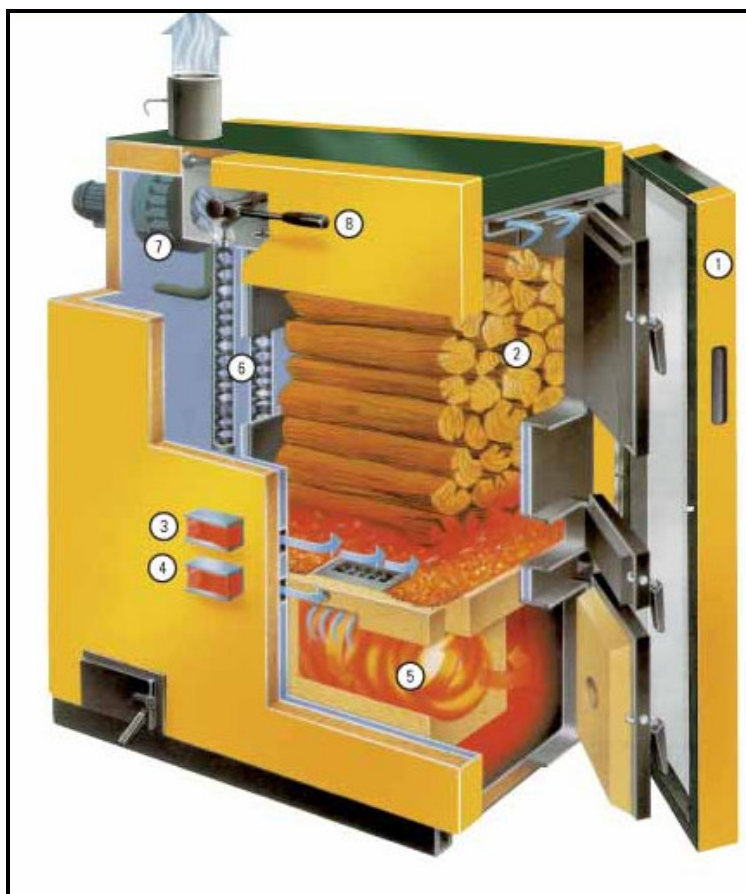
V teh pečeh pri polnem odvzemu toplote je loputa popolnoma odprta in zaradi velike količine zraka je zgorevanje hitro in popolno. V tem primeru so izkoristki zadovoljivi, prav tako dosežemo majhno onesnaževanje. Vendar pa imamo težavo s hitro porabo kuriva, zaradi česar moramo kurišče stalno polniti.

Pri manjšem odvzemu toplote pa uravnava gorenje termo regulacijski ventil, kateri zapira in odpira zračno loputo, kar privede do pomanjkanja kisika v območju kurišča. V tem primeru se upočasnijo tretja faza gorenja (*glej točko 2.2*). Ker pri oksidaciji uplinjanje še vedno poteka, se večina uplinjenih snovi izloči z dimom. Pri takšnih dimnih plinih pri ohlajanju pride do kondenzacije in izločanja nekaterih škodljivih snovi.

#### **4.1.2 Sodobne peči za centralne sisteme na polena**

Sodobne peči na polena omogočajo popolno zgorevanje lesa tudi pri nižjih obremenitvah. Pri sodobnih kotlih so to omogočili z dvodelnim izgorevalnim prostorom. Polena se nahajajo v primarnem kurišču, v katerem potekajo prve tri faze izgorevanja (sušenje, uplinjanje in gorenje). V komori za sekundarno zgorevanje pa poteka faza dokončnega izgorevanja nastalih vročih lesnih plinov. S takim gorenjem se zagotovi zmanjšanje onesnaževanja in se doseže izkoristke tudi preko 90 %.

Proces zgorevanja se uravnava z dovajanjem primarnega in sekundarnega zraka. Pri takih pečeh je onemogočen naravni dovod zraka, saj ga dimnik ne more dovesti, zato se naravni dovod največkrat nadomesti prisiljeno z ventilatorjem. Tukaj velja omeniti lambda sondo, ki meri količino neporabljenega kisika v dimnih plinih, uravnava dovajanje zraka in tako neposredno vpliva na gorenje (delujejo kot avtomobilski katalizatorji). Tak sistem ogrevanja omogoča uravnavanje moči na samo 30 % nazivne, brez nevarnosti, da bi prišlo do nepopolnega izgorevanja ali onesnaževanja okolja. Učinkovitost sodobnih kotlov na polena se zagotovi z dodatnimi hranilniki toplote. Pri sistemih z dodatnimi hranilniki toplote se viški toplote samodejno preusmerijo v hranilnik toplote. Za hranilnik toplote se navadno uporablja izoliran rezervoar z vodo, da tako dalj časa ohranja toploto. Hranilnik toplote začne delovati, ko gorivo v peči dogori in avtomatski krmilnik preklopi na odvzem toplote iz hranilnika. Tako je omogočeno ogrevanje prostorov tudi, ko v kurišču ni več polen.



#### **Deli peči:**

1. izolirna vrata
2. polnilni prostor (od 140 do 210 l)
3. loputa primarnega zraka
4. loputa sekundarnega zraka
5. visokotemperaturna vrtnčasta gorilna komora
6. čiščenje izmenjevalca toplote
7. sesalno puhalo
8. ročica za čiščenje

Slika 1: Prerez peči KWB Classicifire 20-50kW (KWB, 2007)

### 4.1.3 Kaminske peči

Kaminske peči so namenjene za občasno ogrevanje prostorov in se nahajajo v ogrevalnem prostoru. Zanimive so zaradi odprtega ognja v prostoru, to pa pomeni veliko atraktivnost takega ogrevanja. Prednost teh peči je, da te peči zaradi dobrih izkoristkov hitro segrejejo prostor, vendar pa je njihova sposobnost shranjevanja energije nična, zato se tak prostor tudi hitro ohladi. Takšne peči se največkrat uporabljajo pred glavno in po glavni kurilni sezoni.

### 4.1.4 Lončene peči

Lončene peči dajejo občutek domačnosti in topline, pa tudi na podeželju so bile v preteklosti najbolj znan način ogrevanja. Tako ogrevanje je Slovencem dobro poznano, saj so jih naši pisatelji pogosto uporabljal v številnih povestih, pripovedih ipd.

Tudi te peči se nahajajo v samem prostoru ogrevanja. Ogenj v prostoru pa je prisoten le ob odprtih vratih kurišča (slab izkoristek) ali ob zasteklitvi vrat. Te peči imajo za razliko od kaminskih peči akumulativno sposobnost. Pri gorenju sproščena toplota in dimni plini potujejo po dolgih dimnih kanalih, zidanih iz šamotne ali glinene opeke. Šamot in glina imata sposobnost prevzemanja toplote in jo skozi stene peči prenašata v prostor. Vrata kurišča pa z zaprtjem po gorenju onemogočajo izhajanje toplote skozi dimnik. Poznamo tri vrste lončenih peči in sicer lahka, srednja ali težka izvedba. Nekatere lončene peči imajo sposobnost oddajanja toplote tudi 24 ur po kurjenju. Lončene peči imajo tudi zmožnost vgradnje odjemalcev toplote za ogrevanje sosednjih prostorov in vode, lahko pa imajo tudi vgrajene zračne kanale za cirkulacijo zraka.

## 4.2 PEČI NA LESNE SEKANCE

Peči na lesne sekance se za kurjenje lesne biomase največkrat uporabljajo, njihova uporaba pa se še povečuje zaradi avtomatizacije nalaganja biomase v kurišče. Te peči omogočajo enako udobje kot peči na oljno ali plinsko ogrevanje, saj ni potrebno ročno nalaganje goriva, ampak se sekance s pomočjo mehanskega transporta, s polži, dovede do kurišča.

Zaradi avtomatskega doziranja kuriva pri teh pečeh poleg kotla potrebujemo še zalogovnik za sekance (lahko je v istem prostoru kot peč ali ločen) in polžast prenosni sistem za

dovajanje sekancev iz zalogovnika v peč. Nekatere novejšje peči pa so opremljene tudi s polžem za odstranjevanje pepela. Polžasti sistem dovajanja sekancev je lahko različen, pri njem pa je zaradi varnosti zelo pomembno, da je opremljen z varnostnim sistemom (varnostna loputa, dvostopenjski nož), ki onemogoča povratni ogenj in s tem nastanek požara v zalogovniku. Polž ne transportira sekancev sam do kurišča. Na polža iz zalogovnika lesne sekance dostavi vzmetna spiralna glodalka, ki se nahaja na dnu zalogovnika. Ko dovodni polž pripelje sekance do kurišča v obliki krožnika, se ob dovajanju primarnega zraka izvede uplinjanje lesa.

Nad zgorevalnim krožnikom se nahaja zgorevalni obroč, preko katerega se dovede pregreti sekundarni zrak, ki omogoči kakovostno zgorevanje ne glede na obremenitev. Vroči plini, ki nastanejo, potujejo v izmenjevalnik toplote.

Sistem s predkuriščem ima dve ločeni kurišči oziroma peči. Predkurišče, ki služi kot izgorevalni prostor, je obdan s šamotom brez medija, kateri bi nase prevzemal toploto. V teh sistemih je toplotni izmenjevalec kotel, za katerega je lahko uporabljena tudi standardna peč. Prednost uporabe standardne peči je, da lahko v njej kurimo tudi drva in različne lesne ostanke (izkoristek enak kot pri klasičnih pečeh), sekanci pa sočasno zgorevajo v predkurišču.

#### 4.3 PEČI NA PELETE

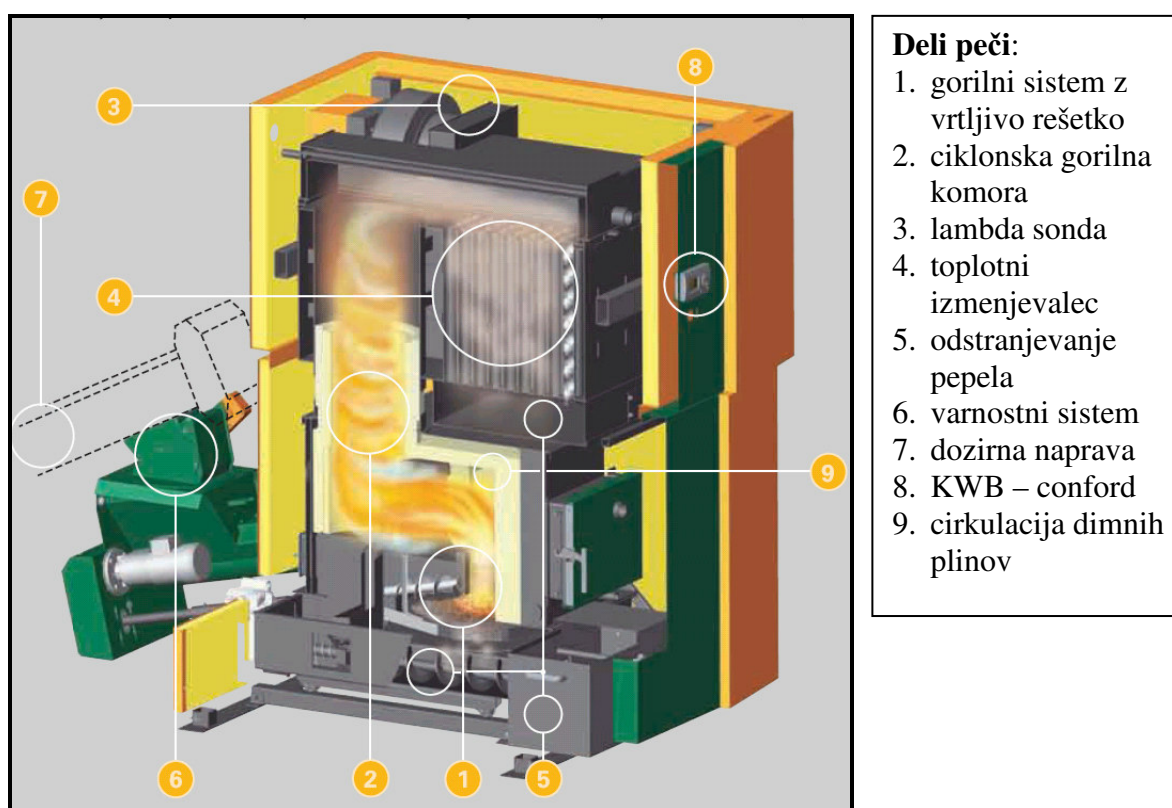
Peči na pelete so še korak naprej v razvoju peči na lesno biomaso, saj za uporabo peletov potrebujemo manj prostora, pa tudi rokovanje je bolj čisto kot pri sistemih na lesne sekance.

Peleti so predhodno zmleti lesni ostanki, ki so pod visokimi tlaki stisnjeni v valjasto obliko. Ker so peleti običajno stisnjeni iz ostankov nastalih v lesno obdelovalni industriji, je njihova kurilnost velika, saj so ostanki v lesarski industriji zaradi zahtev v lesarski panogi, izenačeni in suhi. Peleti za skladiščenje potrebujejo štirikrat manj skladiščnega prostora kot sekanci.

Tehnologija za kurjenje peletov ni podobna tehnologiji za kurjenje s sekanci. Razlike so poleg že omenjenega manjšega zalogovnika še v polžastem prenosnem sistemu. Kurišče je največkrat returno, kar pomeni, da potiska polž sekance v kurišče v obliki krožnika.

Zgorevalni prostor pa je podobno kot pri sodobnih pečeh na polena, razdeljen na dva dela. Pri peletih je zaradi enake velikosti možno natančno doziranje. Velja omeniti, da je kurjenje peletov možno že pri pečeh z močjo 5kW, kar pomeni, da lahko s to tehnologijo ogrevamo tudi manjše površine.

Transport peletov je v nekaterih državah, kjer je trg peletov bolj razvit kot pri nas, možen s posebnimi cisternami. Iz teh cistern palete v skladišče prečrpajo po ceveh, kar se lahko primerja z udobnostjo dostave kurilnega olja.



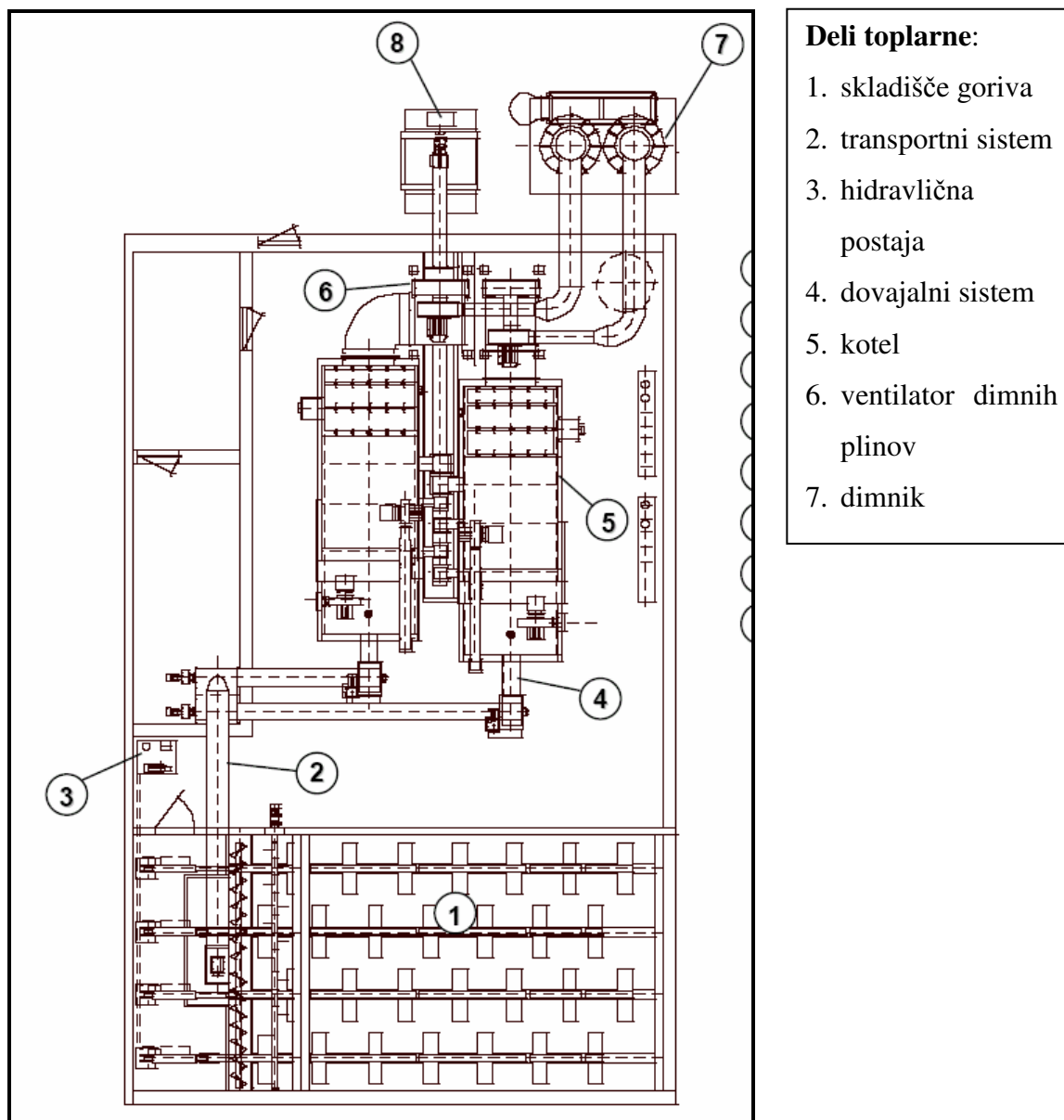
Slika 2: Prerez kotla na sekance in palete za večje moči KWB Powerfire 150kW (KWB, 2007)

#### 4.4 TOPLARNA NA LESNO BIOMASO

Biomasa je lahko uporabljena kot gorivo tudi v večjih sistemih, vendar v primerjavi s tekočimi in plinskimi gorivi, uporaba lesnih goriv v sistemu daljinskega ogrevanja zahteva kompleksnejše naprave za proizvodnjo toplote.

Sistem daljinskega ogrevanja na osnovi lesnih goriv je sestavljen iz petih glavnih podsistemov:

1. Skladišče goriva, kjer se lesno gorivo skladišči v toplarni. Velikost je različna, vendar običajno pokriva 1-2 tedensko oskrbo pri maksimalni obremenitvi. Biomasa mora biti na zalogi, saj prihajajo dobave goriva s strani dobaviteljev občasno in v večjih količinah. Večina toplarn ima skladišče v okvirju obrata, transport velikih pošiljk pa prepušča dobaviteljem. Nekatere toplarne imajo skladišča tudi na prostem, kar jim omogoča pridobitev količinskih popustov pri dobaviteljih. Pokrita skladišča imajo ponavadi betonske zidove, temelji pa so večinoma globoko pod zemljo. V pokritih skladiščih za sekance so pogosto tudi pokončni prosto stoječi zidovi ali dovajalni silosi. Problem lahko nastane pri uporabi sekancev, zaradi sprijemanja, predvsem kadar imajo visoko vsebnost vlage, zaradi tega brez zunanje pomoči ne morejo padati v zbiralne jaške in podobno. Zato bi morala imeti skladišča tudi prostor za raztovarjanje tistih pošiljk, za katere se pričakuje, da so preveč vlažne.
2. Transport – dovajanje goriva. Sistem za dovajanje goriva zagotavlja prenos goriva iz skladišča do kotla s hitrostjo, ki ustreza potrebam po toploti. Lesna biomasa mora prepotovati dolgo pot od skladišča ali dovajalnega silosa do kotla, med to potjo pa lahko nastanejo razne težave. Zaradi tega je priporočljivo, da je transport sestavljen iz čim manj sestavin, da se izognemo čim več možnim napakam. Gorivo se lahko dovaja v kurišče s pomočjo žerjava, talnega silosa z iznašalnimi napravami, polžnimi transporterji ali tekočimi trakovi.
3. Kotel z regulacijo zgorevanja, v katerem sežigajo lesno gorivo, toplota pa se odvaja v vodo.
4. Čiščenje dimnih plinov. Škodljive sestavine dimnih plinov, npr. prah, se odstranijo, da se s tem zmanjšajo negativni vplivi na okolje.
5. Toplovodno omrežje – cevovod. Sistem daljinskega ogrevanja omogoča prenos vroče vode po sistemu cevi do uporabnikov.



- Deli toparne:**
- 1. skladišče goriva
  - 2. transportni sistem
  - 3. hidravlična postaja
  - 4. dovajalni sistem
  - 5. kotel
  - 6. ventilator dimnih plinov
  - 7. dimnik

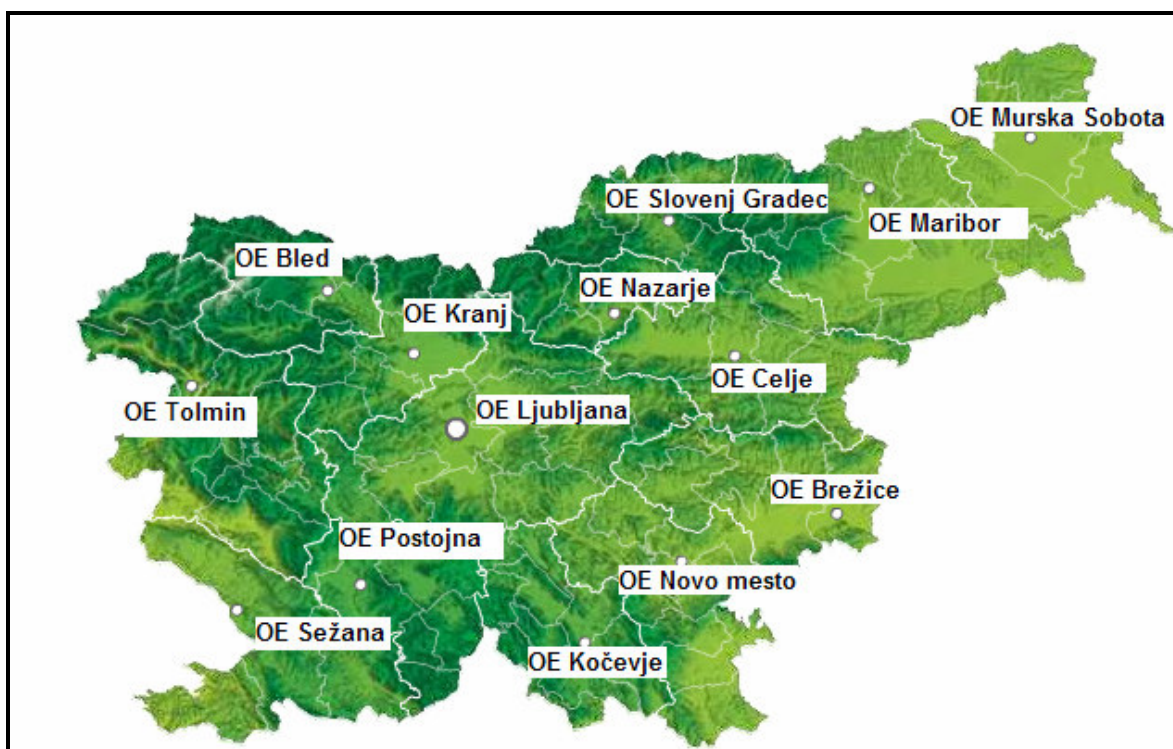
Slika 3: Skica toparne v Gornjem Gradu (Program PHARE, 1999)



## 5 ZNAČILNOSTI SLOVENSКИH GOZDOV

### 5.1 RAZDELITEV PO OBMOČJIH

Zavod za gozdove Slovenije ima 15 enot z glavno enoto v Ljubljani. Vsaka območna enota je razdeljena na več krajevnih enot, te pa se delijo še na gozdna območja ali revirje. ZGS ima poleg glavnih enot še 93 krajevnih enot in 408 gozdnih revirjev.



Slika 4: Razdelitev na območne enote Slovenije (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007)

### 5.2 POVRŠINA IN ZARAŠČANJE

Slovenija je za Finsko in Švedsko tretja najbolj poraščena država v Evropi in zato je naš potencial lesne biomase izredno velik. Površina Slovenskih gozdov se je do konca leta 2006 stalno povečevala. Leta 2006 se je površina Slovenskih gozdov povečala za 4.651 ha in znaša 1.173.847 ha. Za primerjavo, leta 2005, se je površina povečala za 5.386 ha in je znašala 1.169.196 ha. Tako je bila po podatkih, izdelanih iz gozdnogospodarskih načrtov, gozdnatost Slovenije konec leta 2006, 57,9 % površine Slovenije, kar je za 21 % več kot leta 1875, ko je bila zabeležena komaj 36 % gozdnatost ozemlja današnje Slovenije (Zavod za gozdove Slovenije, 2007).

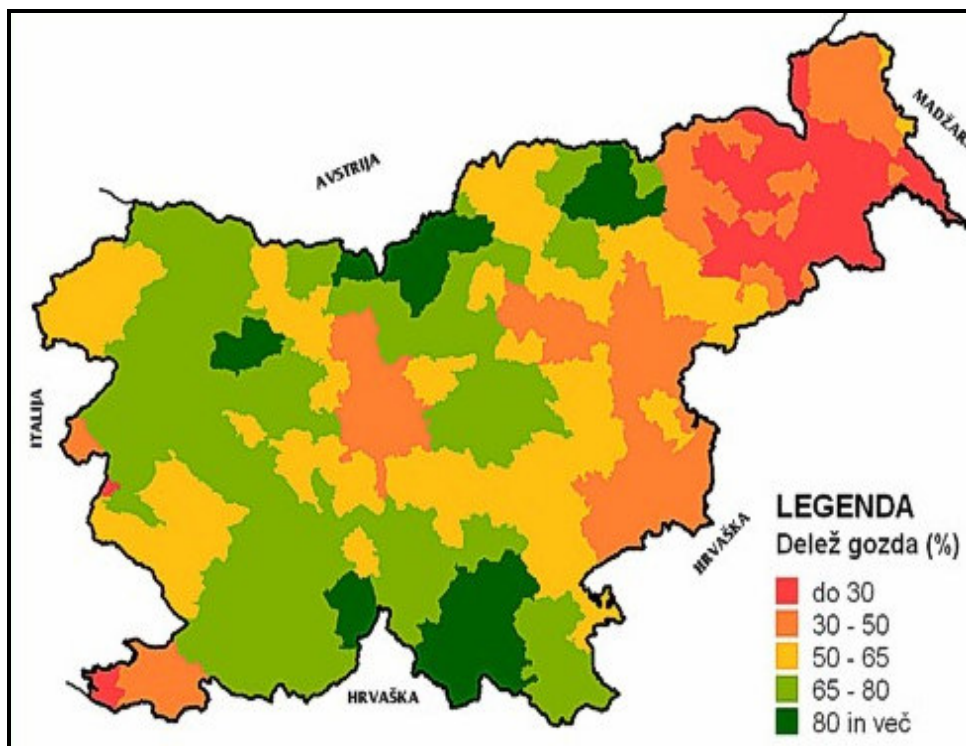
To pomeni, da se v Sloveniji povečuje lesna zaloga, ki bi jo lahko uporabili tudi energetske namene.

Glavni razlogi za zaraščanje so:

- Opuščanje kmetovanja, ker lastniki malih kmetij nimajo več živine. Posledica tega pa je, da se nepokošene in nepopašene površine hitro zaraščajo. Glavna razloga za opuščanje kmetovanja sta neekonomičnost malih kmetij in neugodni demografski dejavniki. Država poizkuša zaraščanje nekoliko zmanjšati s subvencijami za pokošene površine, vendar je trend zaraščanja kmetijskih površin največji razlog za zaraščanje.
- Nedostopnost površin: površine, ki so težje dostopne ali sploh nedostopne, so še dodatno nezanimive za kmetovanje in gozdarjenje. Za take površine se porabi veliko več energije in časa za gospodarjenje, posledica le-tega je neekonomičnost.
- Nerealiziranost dopuščene sečnje v zasebnih gozdovih: ta problem je večplasten, glavni razlog pa je premajhna ekonomičnost pridobivanja lesa.

Upoštevaajoč odstotek zaraščenosti površine imajo glede na velikost površin občin, največji odstotek gozda občine Črna na Koroškem, Osilnica, Lovrenc na Pohorju in Dolenjske toplice. V teh občinah je več kot 85 % površine pokrite z gozdom.

Na drugi strani pa imajo Odranci, Markovci, Hajdina in Turnišče le 15 % pokritost z gozdom, glavni razlog za tako nizko pokritost je predvsem intenzivno razvito kmetijstvo.

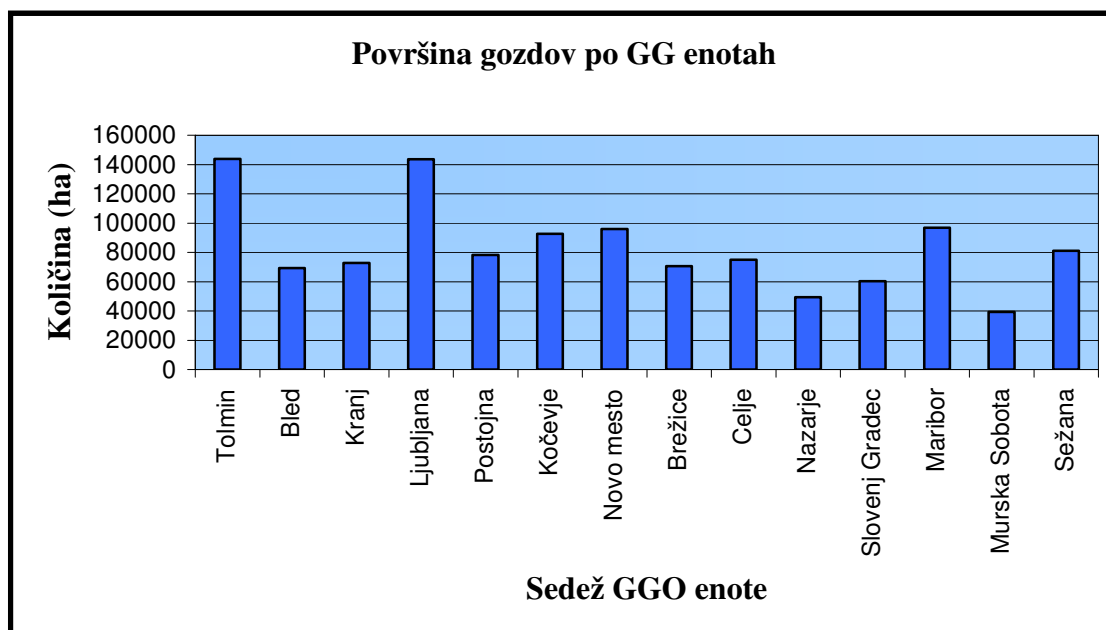


Slika 5: Delež gozda v % glede na posamezna območja Slovenije (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007)

Preglednica 11: Delež gozda po gozdnogospodarskih območjih in njihova lastniška struktura (Zavod za gozdove Slovenije, 2007)

Območna enota GGO	Državni gozdovi	Zasebni gozdovi	Ostali gozdovi	Skupno
	ha	ha	ha	ha
Tolmin	34.097	94.068	16.881	145.028
Bled	24.814	39.872	4.893	69.579
Kranj	10.569	59.977	2.294	72.840
Ljubljana	20.240	121.494	2.320	144.054
Postojna	34.506	43.122	816	78.444
Kočevje	53.231	38.627	752	92.610
Novo mesto	23.408	72.465	1.232	97.196
Brežice	11.183	59.054	798	71.035
Celje	12.036	62.210	921	75.167
Nazarje	11.305	37.492	486	49.283
Slovenj Gradec	15.938	44.289	0	60.227
Maribor	22.684	72.214	1.988	96.886
Murska Sobota	8.957	29.992	492	39.441
Sežana	17.251	64.277	529	82.057
Skupaj - ha	300.201	839.153	34.493	1.173.847
%	<b>26</b>	<b>71</b>	<b>3</b>	<b>100</b>

Zaradi metodoloških razlogov podatki iz preglednice 11 in preglednice 12 ne kažejo resničnih sprememb v zadnjem letu, ker so primerjani z njimi sorodnimi lanskimi podatki. V njih se odražajo 10-letne spremembe lesne zaloge GGE, za katere so bili v preteklem letu izdelani gozdnogospodarski načrti. Podatki tako kažejo trend gibanja lesne zaloge gozdov z računanjem drsečih sredin s povprečnim petletnim časovnim zamikom.



Slika 6 : Površina gozdov po gozdnogospodarskih enotah v letu 2006 (Zavod za gozdove Slovenije, 2007)

### 5.3 PRIRASTEK IN ZALOGA LESA

Po podatkih gozdnogospodarskih načrtov, ki so bili izdelani leta 2006, se je lesna zaloga slovenskih gozdov v letu 2006 povečala za 2,29 %, povprečna lesna zaloga na hektar pa za 1,89 %. Ob koncu leta 2006 je lesna zaloga znašala 307.688.891 m<sup>3</sup> oziroma 262,12 m<sup>3</sup>/ha. Nekoliko večja lesna zaloga pa je v večnamenskih gozdovih in v gozdovih s posebnim namenom (v teh gozdovih so dovoljeni gozdnogospodarski ukrepi) in znaša povprečna zaloga 270,40 m<sup>3</sup>/ha (Zavod za gozdove Slovenije, 2007).

V zadnjih letih se povečuje delež listavcev, medtem ko delež iglavcev pada. Največje zmanjševanje je v zadnjem obdobju zaznati pri jelki, kjer se je delež v osmih letih zmanjšal z 9,1 % na 7,6 %. Zmanjšani delež jelke je nadomestil večji delež hrasta in ostalih plemenitih in trdih listavcev.

V poročilu Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih pripisujejo povečan delež dejstvu, da za merjenje lesne zaloge uporabljajo sodobnejšo metodo za ugotavljanje lesne zaloge, ki ne temelji več le na cenitvi, ampak na meritvah na vzorčnih ploskvah.

S pogleda kvalitete lesne biomase pa pomeni trend povečevanja listavcev kvalitetnejšo lesno biomaso, saj se količina potencialne lesne biomase povečuje v dveh parametrih – v količini in kvaliteti.

Preglednica 12: Letni prirastek lesa v slovenskih gozdovih ob upoštevanju v letu 2006 izdelanih gozdnogospodarskih načrtov GGE (Zavod za gozdove Slovenije, 2007)

Območna enota GGO	PRIRASTEK m <sup>3</sup>	PRIRASTEK m <sup>3</sup> /ha
Tolmin	700.827	4,84
Bled	372.704	5,36
Kranj	510.988	7,02
Ljubljana	873.602	6,06
Postojna	502.656	6,41
Kočevje	669.282	7,23
Novo mesto	661.380	6,80
Brežice	530.957	7,48
Celje	528.410	7,03
Nazarje	378.431	7,67
Slovenj Gradec	461.804	7,66
Maribor	838.582	8,65
Murska Sobota	227.307	5,77
Sežana	395.092	4,81
<b>Skupaj - ha</b>	<b>7.652.022</b>	<b>6,52</b>

Preglednica 12 nam prikazuje prirastke po GGO enotah. Iz nje lahko razberemo, katere GGO enote in območja, kjer se GGO enote nahajajo, bodo imele v prihodnosti zmožnosti po koriščenju gozdov – torej tudi trajno oskrbo lesne biomase. Za načrtovanje gradnje sistemov za kurjenje na lesno biomaso je zelo pomembna trajna oskrba s surovinami.

Absolutni letni prirastek je bil v letu 2006 ocenjen na 7.652.022 m<sup>3</sup> in se je povečal za 82.982 oziroma za 1,10 % (leta 2005 za 123.113 m<sup>3</sup>, oziroma na 1,65 %). Povečal se je tudi povprečni letni prirastek na hektar in sicer za 0,62 % in je ob koncu leta 2006 znašal 6,52 % ( leta 2005 6,48m<sup>3</sup>/ha). Nekoliko večji prirastek lesa pa je bil v večnamenskih gozdovih in v gozdovih s posebnim namenom (v teh gozdovih so dovoljeni gozdnogospodarski ukrepi), kjer je absolutni prirastek znašal 7.359 m<sup>3</sup>/ha, povprečni prirastek na hektar pa 6,80 m<sup>3</sup>/ha.

#### 5.4 KOLIČINA POSEKA

Zavod za gozdove v Sloveniji sledi trendom zaraščanja in povečuje možen letni posek že od leta 1994. Vendar pa je dejanski letni posek vedno manjši od možnega. Posek lesa po uradnih podatkih do leta 2002 znaša samo 40 % prirastka, to pa pomeni, da se je lesna zaloga povečala za 45 % (Zavod za gozdove Slovenije, 2007).

Leta 2006 je bilo v slovenskih gozdovih skupno posekano 3.718.263 m<sup>3</sup> dreves (leta 2005 3.236.100 m<sup>3</sup> dreves), od tega 60,3 % iglavcev in 33,7 % listavcev.

Posek je bil največji v zadnjih petnajstih letih in se je glede na leto 2005 povečal za 14,9 %. Realiziran letni posek še vedno zaostaja za možnim, v letu 2006 je dosegel 82 % možnega poseka, kar pa je več kot leto poprej (75 % možnega poseka).

Realizacija možnega letnega posega se ne doseže predvsem zaradi nerealizacije sečnje v zasebnih gozdovih. V državnih gozdovih je posek vedno blizu načrtovanega poseka, v zasebnih gozdovih pa je dosežen le v višini dveh tretjin glede na načrtovan-možni posek.

V preglednici 11 je prikazan delež lastništva gozdov. Vidimo, da je velika večina gozdov v zasebni lasti, kar 71 %, državnih pa je 26 % gozdov. Iz tega podatka in dejstva, da v zasebnih gozdovih ni realiziran možni letni posek, je razvidno, zakaj se povečuje poraščenost in prirastek v naših gozdovih. Tej ugotovitvi pritruje tudi razmerje med posekom in dovoljenim posekom, ki je največkrat odvisno od lastništva.

Med leti 1991 in 2000 je bilo razmerje povprečno 0,54 za zasebne gozdove, verske ustanove in kmečke skupnosti in 0,76 za državne gozdove.

Kljub vsemu pa je bila višina poseka leta 2006 večja za 4,7 %.

Razlogov za nerealizirane sečnje v zasebnih gozdovih je več, najbolj pogosti razlogi pa so:

- neekonomičnost pridobivanja lesa s sestojem z manjšim drevjem,
- lastniki kmetij, ki časovno tudi zaradi slabše tehnologije ne morejo realizirati sečenj,
- premajhna ekonomičnost pridobivanja lesa,
- dober ekonomski položaj lastnikov, ki jih ne motivira, da bi izvajali sečnjo,
- lastniki kmetij nimajo potrebnih znanj, da bi znali in hoteli koristiti svoje gozdove.

*Preglednica 13: Povprečni količniki med realiziranimi in možnimi sečnjami, določenimi z gozdnogospodarskimi načrti GGE – za čas veljavnosti posameznih načrtov GGE, po GGO (Zavod za gozdove Slovenije, 2007)*

<b>GGO</b>	<b>Površina (ha)</b>	<b>Možni posek</b>	<b>Skupaj posek</b>	<b>%</b>	<b>količnik</b>
Tolmin	145.028	4.338.593	922.707	21,30	0,48
Bled	69.579	1.926.200	698.865	36,30	0,68
Kranj	72.840	3.450.202	1.304.168	37,80	0,70
Ljubljana	144.054	4.554.290	1.614.339	35,40	0,66
Postojna	78.444	3.170.074	1.301.992	41,10	0,78
Kočevje	92.610	4.388.644	2.400.024	54,70	1,00
Novo mesto	97.196	4.364.988	2.108.160	48,30	0,87
Brežice	71.035	2.628.737	987.200	37,60	0,68
Celje	75.167	3.465.285	957.716	27,60	0,54
Nazarje	49.283	2.188.935	751.316	34,30	0,68
Slovenj Gradec	60.227	2.620.869	1.112.757	42,50	0,80
Maribor	96.886	4.791.417	1.529.503	31,90	0,63
Murska Sobota	39.441	1.412.711	587.409	41,60	0,71
Sežana	82.057	1.868.982	404.258	21,60	0,39
<b>SLOVENIJA</b>	<b>1.173.849</b>	<b>45.169.927</b>	<b>16.680.415</b>	<b>36,90</b>	<b>0,70</b>

V preglednici 13 je prikazana primerjava med načrtovanim in dejanskim posegom v letu 2006. Navedeni so tudi povprečni količniki dinamike uresničevanja gozdnogospodarskih načrtov v pogledu sečnje.

V preglednici določen količnik pri dani GGO enoti pomeni, da se je v letih veljavnosti gozdnogospodarskega načrta v tej enoti posekalo za količnik lesne mase, ki bi se, glede na načrtovani možni posek, smela posekati v danem letu. Npr. količnik 0,75 pomeni, da se je posekalo 75 % lesne mase od 100 % možnega poseka.

Iz preglednice 13 je razvidno, da imajo vse GGO enote še veliko rezerve pri posekih. Izjema je Kočevje, kjer je posek realiziran, kar je posledica razvite lesarske industrije na tem območju. To pa pomeni, da so na vseh območjih Slovenije še rezerve pri posekih in tako tudi pri izrabi lesa v energetske namene. Vidimo tudi, da je glede na površino gozda, ki jo ima posamezna GGO enota, najmanj izkoriščen gozd v Tolminski in v Ljubljanski GGO enoti. Ti dve območji imata daleč največji obseg gozdov in skupaj pokrivata skoraj četrtino vseh naših površin, ki so poraščene z gozdom.



## 5.5 VRSTE POSEKOV

V Sloveniji je največ poseka zaradi negovalnih del v gozdovih. Negovalni poseki so največji potencial za lesno biomaso. Velik del lesa iz naslova negovalnih del je les slabše kakovosti, ki je primeren za uporabo v energetske namene, ker kvaliteta ne ustreza za uporabo v lesno obdelovalni industriji. Leta 2006 se je negovalni posek za razliko od let 2004 in 2005 spet povečeval in sicer na 61,5 % (leta 2005:57,58 %, leta 2004:58,6 %) (Zavod za gozdove Slovenije, 2007). Ta posek bi bil lahko še veliko večji. Razlog za manjši poseg pa je predvsem v nadaljevanju kalamitete smrekovih podlubnikov, kar je tudi razlog za visok sanitarno sečnjo, ki je znašala 27,3 % od vsega posekanega lesa. Glavni razlogi za sanitarni posek so insekti, bolezni in glive, veter in posledice, ki nastanejo pri delu v gozdu.

Odstotek sanitarnih posegov v gozd je predvsem odvisen od klimatskih razmer in naravnih ujm. Tako smo imeli leta 1996 in 1997 veliko sanitarnih posekov zaradi lomljenja drevja, kar je bila posledica snega in žleda. V zadnjem obdobju pa je glavni razlog sanitarnega poseka dolgotrajna suša leta 2003 in s tem povezane namnožitve podlubnikov.

Razmerje med največjima vrstama poseka pa se spreminja iz leta v leto. Razlog v spreminjanju tega razmerja so predvsem klimatske spremembe, ki so glavni dejavnik za napad smrek. V prihodnosti je zaradi segrevanja ozračja pričakovati, da se delež sanitarnega poseka ne bo zmanjševal.

*Preglednica 14: Količina poseka glede na vrsto poseka v letu 2006 (Zavod za gozdove Slovenije, 2007)*

<b>VRSTA POSEKA</b>	<b>LISTAVCI</b>	<b>IGLAVCI</b>	<b>SKUPAJ</b>	<b>SKUPAJ %</b>
NEGOVALNI	1.228.945	1.059.431	2.288.376	61,5
ZA OBNOVO S SADNJO	14.528	3.778	18.306	0,49
SANITARNO IZREDNI POSEK	80.997	936.207	1.017.204	27,3
POŠKODOVANO DREVJE ZARADI DRUGIH POSEGOV	49.924	157.065	206.989	5,56
ZA GOZDNO INFRASTRUKTURO	19.510	30.651	50.161	1,34
KRČITVE	53.286	32.961	86.247	2,31
DRUGO	917	572	1.489	0,04
BREZ ODOBRTVE	27.402	22.089	49.492	1,33
SKUPAJ	1.475.508	2.242.755	3.718.263	100

## 6 UPORABA LESNE BIOMASE V SLOVENIJI

### 6.1 UPORABA OBNOVLJIVIH VIROV V SLOVENIJI

V Sloveniji je uporaba obnovljivih virov glede na ostale vire 10,5 %, od tega se jo skoraj 60 % uporabi za potrebe ogrevanja, ostalo pa za pridobivanje električne energije.

Največja je uporaba lesne biomase, katere se uporabi 53 % in tako skupaj z uporabo hidroenergije 38 % predstavljata ti dve energiji veliko večino uporabljenе energije iz obnovljivih virov. Glavni namen uporabe lesne biomase je pridobivanje toplote za ogrevanje in sicer 95 % v končni rabi, ostali odstotki pa v transformacijah večjih sistemov, od tega 2,2 % za pridobivanje električnega toka (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007).

Uporaba lesne biomase je največja za ogrevanje v konvencionalnih sistemih, še vedno v večini z zastarelo tehnologijo in starejšimi kotli s slabimi izkoristki.

### 6.2 KOLIČINA LESA IZ GOZDOV ZA ENERGETSKE NAMENE

Osnove in ocene potencialov so predstavljene v 5. točki tega dela (*Značilnosti slovenskih gozdov*). Iz podatkov o površini gozdov, prirastku, najvišjem možnem poseku, lesnih zalogah, lastništvu, vrsti lesa v gozdu, lahko ocenimo potenciale lesne biomase, del katere lahko uporabimo tudi v energetske namene.

Potencial lesne biomase iz gozdov je definiran s pojmom teoretični in dejanski razpoložljivi potencial.

Teoretični potencial lesne biomase je vsa lesna biomasa, ki jo teoretično lahko pridobimo iz gozdov in predstavlja najvišji možni posek lesa v gozdu.

Dejanski razpoložljivi potencial pa predstavlja potencial, ki je manjši od teoretičnega, ker ga omejujejo naslednji dejavniki:

- gospodarjenje z gozdovi – upoštevati moramo smernice, ukrepe in cilje, ki so zapisani v gozdnogospodarskih načrtih,
- tehnologija pridobivanja in raba lesne biomase – tehnologija znanja - usposobljenost gozdarskih podjetij in lastnikov gozdov za pridobivanje lesne biomase (boljša tehnologija in usposobljenost omogočata lažje, bolj ekonomično in varnejše pridobivanje lesne biomase),

- trg gozdnih lesnih proizvodov – ponudba in povpraševanje po lesni biomasi, razmerje med stroški pridobivanja in ceno biomase, oziroma posameznih gozdnih lesnih sortimentov na trgu,
- socialno-ekonomske razmere lastnikov gozdov – odnos do gozda, zaradi socialno-ekonomskega stanja lastnikov gozdov (npr.: lastniki gozdov v primeru, da je njihov socialno-ekonomski položaj ugoden, nimajo potrebe po čiščenju in negi gozda in obratno),
- državne in EU subvencije – subvencije motivirajo lastnike gozdov, da posvečajo večjo skrb za nego gozdov.

Kot dejanski potencial lesne biomase iz gozdov tako obravnavamo:

- dejanski možen letni posek,
- lesno biomaso, ki jo pridobimo iz gojitvenih in varstvenih del v gozdovih,
- lesno biomaso iz melioracij grmišč,
- lesno biomaso, ki nastane kot posledica novogradenj ali vzdrževanja infrastrukture v gozdnem prostoru,
- krčitve zaradi gradnje gozdnih cest ali železnic, vzdrževanje električne napeljave itd.

Pri analizi dejanskih potencialov upoštevamo poleg dejanskega stanja tudi trajnost pridobivanja surovine za lesno biomaso. Pri analizah združenja za kmetijstvo in prehrano – FAO je bilo ugotovljeno, da je trajni potencial lesne biomase iz gozdov v Sloveniji okoli 1.400.000 m<sup>3</sup> letno. Trajnost pridobivanja je zelo pomemben dejavnik predvsem pri večjih sistemih npr.: daljinski sistemi ogrevanja, pri katerih moramo imeti zagotovljeno oskrbo z lesno biomaso tudi v prihodnosti, kar morajo projektanti tehnologij takšnih sistemov upoštevati. Podobna zahteva se poraja tudi v gospodinjstvu, ki načrtuje ogrevanje z biomaso, kjer mora posameznik vnaprej predvideti, kje bo dobival lesno biomaso.

V tem diplomskem delu smo v 5. točki predstavili stanje v gozdovih v Sloveniji. Les iz gozda pa je uporabljen v različne namene, ne samo v energetske, zato je stanje in poraba lesa različna. Namen prejšnje točke je bil predstaviti količine, potenciale in rezerve, ki jih ima gozd za uporabo v energetiki. To so osnovni podatki, iz katerih lahko izhajamo pri ocenjevanju potencialov lesne biomase.

Za oceno dejanskega potenciala lesne biomase je najbolj pomemben podatek o možnem poseku. Možni posek je določen v GGO načrtih in teoretično bi se toliko lesa lahko uporabilo v energetske namene. To je seveda samo teoretično, saj je določena količina od možnega poseka tudi les, ki bi ga bilo škoda uporabiti v energetske namene. Ta les je zaradi njegove kvalitete uporaben za druge namene, kjer se iz njega dobi višja dodana vrednost na enoto lesa. Glede na trenutne višine možnih posekov bi lahko iz naših gozdov za potrebe po energiji pridobili vsaj še milijon m<sup>3</sup> lesa, kar bi skupno znašalo 2 milijona m<sup>3</sup> (prikazano v preglednici 15). V to količino ni vključen kvalitetnejši les in bi se ta količina lahko dosegla brez zmanjšanja količine lesa, uporabljenega v drugih dejavnostih (lesno obdelovalna industrija, gradbeništvo). Letni prirastek vsako leto znatno preseže dovoljeni posek. Po ocenah naj bi se leta 2020 približali optimalni povprečni hektarski lesni zalogi v slovenskih gozdovih, v dolgoročnejših projekcijah je tako predvideno manj intenzivno akumuliranje prirastka kot ga določa program razvoja gozdov iz leta 1996. Po letu 2020 je realno pričakovati, da bi iz gozdov pridobili še več lesa za uporabo v energetiki. Koliko lesa bomo izkoristili v energetske namene, je odvisno tudi od razvoja tehnologij za pridobivanje gozdnih lesnih sortimentov in uspešnost uvajanja sodobnih tehnologij.

*Preglednica 15: Podatki o poraščenosti in najvišjem možnem poseku lesa iz gozdov, ki bi lahko bil uporabljen v energetiki (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007)*

Gozd, katerega je možno izkoriščati	1.104.794 ha
Dovoljen posek po GGO načrtih	4.100.000 m <sup>3</sup>
Les primeren za energetske rabo, ki je navadno uporabljen za ogrevanje	1.400.000 m <sup>3</sup>
Sortimenti vseh vrst, vključno z iglavci, primernimi za uporabo v energetiki.	2.150.000 m <sup>3</sup>

Pri načrtovanju ogrevalnih sistemov na lesno biomaso je potrebno oceniti vire v okolici, ki so na voljo, narediti analizo cen in dobro preučiti lokalni trg.

Po ocenah Zavoda za gozdove Slovenije je potencial iz slovenskih gozdov ocenjen na:

- 840.000 m<sup>3</sup> /leto oz. 7,4 PJ/leto, če se kot potencial upošteva le povprečje realiziranega poseka listavcev slabše kakovosti (najpogosteje uporabljene listavce za kurjavo: bukev, hrast, robinja, itd.).
- 1.300.000 m<sup>3</sup> / leto oz 11,4 PJ/leto, če je upoštevan potencial le realiziran posek sortimentov slabše kakovosti in drobni les vseh drevesnih vrst.

- 1.400.000 m<sup>3</sup> / leto oz 12,3 PJ/leto, če se kot potencial upošteva dopustni posek listavcev slabše kakovosti (najpogosteje uporabljene listavce za kurjavo: bukev, hrast, robinja, itd.).
- 2.150.000 m<sup>3</sup> / leto oz 18,9 PJ/leto, če je upoštevan potencial le dopustni posek sortimentov slabše kakovosti in droben les vseh drevesnih vrst.

Pri izračunih je bila uporabljena povprečna energetska vrednost 8801 MJ /m<sup>3</sup>. Ta vrednost je povprečna energetska vrednost enajstih najpogosteje uporabljenih drevesnih vrst v Sloveniji.

### 6.3 OSTANKI IZ LESNO OBDELOVALNE INDUSTRIJE

Ostanki iz lesno obdelovalne industrije so, tako kot les iz gozda, zelo različnih vrst in imajo tudi različne kurilne vrednosti. Ostanki se najprej razlikujejo po sestavi. Lahko so iz lesa ali pa iz različnih plošč in drugih tvorov, ki se uporabljajo v lesno obdelovalni industriji. Če so iz lesa, jih lahko ločimo po drevesni vrsti, vlažnosti, obliki, velikosti. V primeru, da pa niso samo iz naravnega lesa, ampak da samo vsebujejo les, pa je zelo pomembno, kakšna je sestava le-teh. Predvsem je pomembno, da nimajo vsebnosti škodljivih snovi za človeka in okolico (formaldehid itd). Uporaba ostankov iz lesno obdelovalne industrije je zelo pomembna, saj ima pozitivne učinke tako z okolje varstvenega kot tudi z ekonomskega stališča.

#### 6.3.1 Delitev nastalih lesnih ostankov

Nastali ostanki pri predelavi lesa se razlikujejo po namenu in sicer na reprodukcijske ostanke, ki so namenjeni za industrijsko-tehnično predelavo in na ostanke, ki so namenjeni za energetske namene, torej nereprodukcijske namene, kot so razne vrste goriv za lesno biomaso. Velika količina lesnih ostankov, ki nastanejo, se ne uporablja v energetske namene, saj so največji porabniki ostankov lesa proizvajalci celuloze, ivernih, vlaknenih in drugih plošč. V reprodukcijske namene se zaradi dezintegriranosti lesa ne uporablja ostankov končnih proizvodenj.

Pri sestavi iverne plošče je več kot 50 % ostankov iz odpadkov v lesno obdelovalni industriji, še večji 46 % pa je delež ostankov pri sestavi vezanih plošč. Delež lesa pa je manjši pri izdelavi celuloze, saj znaša le 10 % uporabljene surovine, teh 10 % ostankov je

izključno iz lesa iglavcev, brez ali z minimalnim deležem skorje. Skorja vsebuje estraktive in nizko molekularne ogljikove hidrate, ki imajo slabe lastnosti zaradi slabega vpliva na delignifikacijo in povzročanja nezaželenih primesi ter nečistoč v celulozi.

Tudi pri proizvodnji različnih plošč so bolj cenjeni ostanki brez skorje, čeprav vsebnost skorje ni tako moteča kot v celulozni industriji. Pri industrijah plošč se ostanke sortira glede na velikost sekancev, drevesno vrsto in čistost ostankov.

Manjša je še količina ostankov, ki jih uporablja zelo ozek krog uporabnikov in se obravnava kot alternativna možnost uporabe lesnih ostankov.

Za ostanke žaganega lesa iglavcev je značilno, da se 70 % teh ostankov uporabi v reprodukcijske namene. Za ostanke listavcev pa je obratno, saj se 87 % ostankov uporabi v nereprodukcijske namene. Tako so ostanki listavcev pogosteje uporabljeni kot lesna biomasa.

### **6.3.2 Ostanki iz žagarske industrije**

Polovica posekanega lesa se uporabi v žagarski industriji za predelavo v žagan les, petino se porabi za industrijo celuloze in papirja, desetino kot tehnični les in četrtno pridelanih gozdnih sortimentov se uporabi kot gorivo. Na žagarskih obratih je izkoristek lesa v povprečju približno 67 %. Pri listavcih nastaja manjša količina lesnih ostankov, ker jih ne robimo, zato kot ostanke dobimo samo žagovino in krajnike. Hlodovina listavcev se navadno ne lupi, zato je omejena tudi nadaljnja uporaba ostankov te hlodovine v tehnične namene.

Kot zaključek lahko izpostavimo, da so ostanki iglavcev veliko bolj uporabni (listavci imajo navadno slabše izkoristke kot iglavci).

Ob podatku, koliko je bilo določenega leta hlodovine, lahko ocenimo količino lesnih ostankov iz žagarskih obratov. Problem teh ostankov je lahko velika vlažnost, kar vpliva na njihovo uporabnost pri ogrevanju. Na žagarskih obratih nastajajo dve vrsti ostankov in sicer kosovni ostanki (krajniki, očelki, žamenje, lubje, trske) in manjši odpadki (žagovina, prah...). Lubje se v večji količini pojavlja v obratih, kjer imajo tehnologijo za strojno lupljenje hlodov.

Na količino ostankov najbolj vpliva vhodna surovina. Količina ostankov je odvisna od kvalitete vhodne surovine (premer hlodovine, kakovost hlodovine) vrste sortimentov, ki ga razrezujemo (deske, plohi, tramovi), načinov žaganja (prizma, prizmiranje...), tehnološkega postopka (kje razrezujemo-polnojarmenik, tračni ali krožni žagalni stroj) in širina reže. Splošno velja, da količina žagovine in prahu narašča s povečevanjem števila rezov. Na količino razžagane hlodovine v povprečju nastane 20 % kosovnih ostankov in 13 % žagovine.

Ostanke iz žagarske industrije na različno velikih žagarskih obratih različno uporabljajo in manipulirajo z njimi:

- na večjih žagarskih obratih, kjer razrežejo večje količine hlodovine, ima velika količina lesnih ostankov velik pomen za poslovanje obrata in je pomemben trgovski proizvod, saj je lesnih ostankov tudi vrednostno toliko, da je obvezna visoka stopnja predelave lesa in je potreba po visoki primarni obdelavi ostankov nujna.
- srednje veliki žagarski obrati so tisti, ki žagajo les za potrebe in imajo v svoji sestavi urejeno nadaljnjo predelavo lesa. Les, ki ne zadosti potrebam nadaljnje predelave lesa, prodajo drugim uporabnikom. Ker so kapacitete takih obratov toliko visoke, da nastajajo večje količine ostankov, imajo taki obrati navadno urejeno tehnologijo za predelavo ostankov. Smotrnost investicije v tako tehnologijo pa lahko povečajo še z odkupom in predelavo žagarskih ostankov iz drugih obratov.
- manjši obrati navadno nimajo opreme za tehnološko predelavo ostankov, ker ekonomsko ni upravičena investicija. Ostanke navadno uporabljajo samo za lastno pridobivanje toplotne energije.

#### 6.4 KOLIČINA IN UPORABA OSTANKOV IZ LESNO OBDELOVALNE INDUSTRIJE

Ker na količino lesnih ostankov v nadaljnji predelavi lesa vpliva veliko število dejavnikov, je količino teh ostankov zelo težko oceniti. Ti dejavniki so: tehnološki postopek izdelave, vrsta materialov ter njihovi izkoristki in vrsta končnega proizvoda. Ostanek je tako ves les, ki se ga ne vgradi v končen izdelek in je lahko tudi samo tretjina lesne mase, ki smo jo dobili na žagarski obrat. Problem spremljanja teh ostankov je tudi v razdrobljenosti industrije in velikega števila proizvodov.

Navadno količino lesnih ostankov iz nadaljnjih obdelav samo ocenjujemo. Ti podatki pa so zaradi načina ocenjevanja lahko tudi nenatančni. Vsekakor ostanki predelave lesa predstavljajo velik delež pri kurjenju na lesno biomaso. Največkrat se tako ogrevajo lastniki manjših žagarskih obratov in lastniki drugih obrti, povezanih z lesarstvom, ki imajo dovolj velik delež lesnih ostankov, da je investicija v dražje kurilne tehnologije smotrna. Ostanki lesno obdelovalne industrije lesa predstavljajo skoraj tretjino vse lesne biomase, ki se uporablja v energetske namene, saj lastniki lesno obdelovanih podjetij viške ostankov prodajo in se ostanki tako uporabljajo tudi v daljinskih sistemih.

Na Gozdarskem inštitutu so v letu 2004 izvedli obširno anketiranje lesno obdelovanih obratov. Glavni namen anketiranja je bil zbrati podatke o razpoložljivih količinah lesnih ostankov v Sloveniji. Iz pridobljenih podatkov anketirancev je bilo ugotovljeno, da je v Sloveniji letno nekaj več kot 850.000 t lesnih ostankov. Tukaj je potrebno odšteti še delež lesnih ostankov, ki ga podjetja uporabijo sama za pokrivanje svojih potreb po energiji. Iz tega sledi, da je letno na razpolago 510.000 t lesnih ostankov, med katerimi prevladujejo nekontaminirani kosovni ostanki, sledi žagovina, ostalo je lesni prah in druge oblike lesnih ostankov.



## 6.5 POTENCIALI LESNE BIOMASE S PODROČJA KMETIJSTVA

Tudi zaradi kmetijskih dejavnosti nastane nekaj lesne biomase, to so kmetijska zemljišča v zaraščanju, kmetijska zemljišča z mejicami, ostanki žetev, in ostanki v sadovnjakih ter vinogradih.

Lesna biomasa ni samo v samem gozdu, ampak je tudi na drugih območjih poraščenost dreves in grmičevja velika. Ocena količin biomase izven samih slovenskih gozdov (kmetijska zemljišča v zaraščanju in kmetijska zemljišča z mejicami) je bila ugotovljena z meritvami količin lesne biomase na vzorčnih ploskvah na različnih tipih rabe tal. S pomočjo teh meritev je bilo ocenjeno, da je skupna lesna zaloga na negozdnih površinah v Sloveniji 11.430.000 m<sup>3</sup>. Trajen potencial uporabne lesne biomase pa je bil ocenjen na 280.000 m<sup>3</sup>. Na slovenskih kmetijah je veliko površin, ki niso opredeljena kot gozdna ali kot zemljišča za neposredno kmetijsko uporabo. To so kmetijska zemljišča v zaraščanju in kmetijska zemljišča z mejicami. Količine takšnih zemljišč so ocenjene na 5.697.000 m<sup>3</sup> oziroma 193.000 m<sup>3</sup> (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007).

Potencial žetvenih ostankov s polj je ocenjen na 9.135 TJ bruto, oziroma 8.577 TJ neto. Vrednost žetvenih ostankov je manjša od potencialne zaradi tehnoloških in obratovalnih vzrokov.

Ostanki v sadovnjakih in vinogradih imajo nekaj potenciala zaradi rezov v vinogradih in sadovnjakih. Ocene odrazov v vinogradih so ocenjeni na 33.000 t biomase oziroma 589 TJ. Ostanki iz intenzivnih sadovnjakov so ocenjeni na 19 TJ/leto.

## 6.6 UVOZ IN IZVOZ LESA

S stališča pogleda lesa kot energenta je pomembno dejstvo, da je bila Slovenija v zadnjem obdobju neto izvoznik hlodov in lesa za kurjavo. Na drugi strani pa je bila Slovenija velik neto uvoznik lesa za celulozo, iverne in vlaknene plošče in drugega industrijskega lesa. Več lesa za kurjavo izvozimo predvsem zaradi višjih cen ogrevanja na lesno biomaso v nekaterih sosednjih državah.

Po nekaterih ocenah je bilo leta 2004 v Slovenijo uvoženo 52.000 m<sup>3</sup> hlodov, 351.000 m<sup>3</sup> okroglega lesa, lesa za celulozo, izdelavo plošč in za druge industrijske namene. Uvozili

smo tudi 8.500 m<sup>3</sup> lesa za energetske namene. Leta 2004 smo izvozili 108.000 m<sup>3</sup> hlodov za furnir in za druge razreze na žagah, 76.000 m<sup>3</sup> okroglega lesa za celulozo, izdelavo plošč in za druge industrijske namene. Za kurjavo pa je bil izvoz ocenjen na 63.000 m<sup>3</sup>. Tako je bilo za 165.000 m<sup>3</sup> več uvoženega lesa kot izvoženega, kar je predvsem posledica uvoza celuloznega lesa (Kranjc in Piškur, 2006).

## 6.7 PREDVIDENA UPORABA LESNE BIOMASE V PRIHODNOSTI

Na Gozdarskem inštitutu Slovenije je bila narejena študija Potencial lesne biomase v RS in možnosti za njeno energetsko izkoriščanje, v kateri je bila za leto 2004 narejena primerjava potencialov (virov) lesne biomase, ki so na voljo, in trenutne rabe (panorov) lesne biomase za štiri scenarije. Večina podatkov o trenutni rabi in potencialih lesne biomase so ocene, ki temeljijo na različnih virih podatkov in različnih ekspertnih ocenah (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007).

*Preglednica 16: Ocene potencialov in rabe lesne biomase v izbrani regiji po različnih scenarijih (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007)*

*a) ocena v 1000 m<sup>3</sup>/leto*

SCENARIJ I	TRENUTNA RABA			POTENCIALI (VIRI)		
	Gospodinjstva	Biomasn sistemi	Lesno- predelovalni obrati	Gozdovi	Negozdna zemljišča	Lesno- pred. obrati
	[1000 m <sup>3</sup> /leto]					
Scenarij 1	1.300	205	476	1.300	280	1.190
Scenarij 2	990	322	476	1.600	280	1.190
Scenarij 3	1.600	205	322	840	240	722
Scenarij 4	1.300	205	476	2.580	336	1.190
NAJVEČ	1.600	322	476	2.580	336	1.190
NAJMANJ	980	205	322	840	240	722
RAZLIKA	620	116	154	1.740	96	468

Prvi scenarij je najbolj verjeten, tretji je najneugodnejši, četrti najugodnejši, drugi pa najbolj optimističen, kar zadeva potenciale iz gozda ter trenutno rabo v gospodinjstvih.

b) ocena v PJ

	VIRI (POTENCIALI)		PANORI (RABA)		RAZLIKA= VIRI - PANORI	
	[1000 m <sup>3</sup> ]	[PJ]	[1000 m <sup>3</sup> ]	[PJ]	[1000 m <sup>3</sup> ]	[PJ]
<b>Scenarij 1</b>	2.770	24	1.981	17	789	7
<b>Scenarij 2</b>	3.070	27	1.788	16	1.282	11
<b>Scenarij 3</b>	1.802	16	2.127	19	-325	-3
<b>Scenarij 4</b>	4.106	36	1.981	17	2.125	19

Na osnovi štirih različnih scenarijev je ugotovljeno, da bi primanjkovalo biomase samo po tretjem scenariju, saj so ocenjeni potenciali najnižji, trenutna raba lesne biomase pa najvišja. V vseh drugih scenarijih je potencialov več, kot je trenutna raba. Prvi scenarij je ocenjen v trenutnih razmerah kot najrealnejši, kjer je pri potencialih iz gozdov upoštevan delež realiziranega poseka vseh sortimentov slabše kvalitete.

Raba lesne biomase v gospodinjstvih je ocenjena na osnovi ocene potrebe po energiji upošteva popis prebivalstva, gospodinjstev in stanovanj 2002. Podatki o rabi lesne biomase v industriji pa so ocenjeni na osnovi podatkov iz anketnega vprašalnika, ki je bil poslan lesno predelovalnim obratom ter dopolnjen s podatki iz emisijskega registra nepremičnih virov onesnaževanja REMIS Ministrstva za okolje in prostor. Podatki o obstoječih biomasnih sistemih pa so bili zbrani iz različnih dostopnih virov.

Najugodnejši je četrti scenarij, saj so potenciali iz gozdov najvišji. Pri tej oceni so bili upoštevani podatki o povprečnem načrtovanem poseku lesa slabše kvalitete iz gozdnogospodarskih načrtov (2001–2010; ZGS 2004). Treba je poudariti, da povprečni načrtovani letni posek v zadnjih letih ni bil dosežen (*poglavje 5.4*).

## 7 OVIRE PRI UPORABI LESNE BIOMASE V SLOVENIJI

Lesna biomasa ima veliko pozitivnih lastnosti, katere so bile v tem delu že večkrat izražene. Ima pa razvoj lesne biomase tudi veliko ovir pri širjenju porabe te vrste goriva, katere bomo opisali glede na vsebinske sklope (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007).

### 7.1 OVIRE PRI UPORABI LESNE BIOMASE

- Povprečje velikosti slovenskih kmetij je majhno, saj ima povprečna kmetija 6,3 ha kmetijske zemlje v uporabi in v večini primerov kmetijska dejavnost ni glavni vir prihodkov. Majhnost je sicer pri razpršeni rabi biomase v individualnih kuriščih prednost, medtem ko je za tržno izkoriščanje biomase to slabše,
- velika razdrobljenost gozdnih posesti na več majhnih in prostorsko nepovezanih enot, posledica tega pa so višji stroški gospodarjenja z gozdom. Mnogi lastniki nimajo interesa za svoje gozdove oziroma zanje preprosto ne vedo, kje se nahajajo. Tudi oprema za delo v gozdu predstavlja strošek, tako za nakup opreme kot za njeno vzdrževanje. Pri premajhnih posekih lesne biomase je gospodarjenje z gozdom finančno nezanimivo,
- zasebniki ekonomsko premalo izkoriščajo gozdove za pridobivanje sredstev iz gozdov, veliko lastnikov gozdov ga uporablja samo za domačo rabo,
- lastniki gozdov so premalo organizirani, kar predstavlja eno večjih težav. Premalo je sodelovanja in povezovanja med njimi, kar bi jim omogočilo lažje in bolj učinkovito gospodarjenje z gozdom,
- pomanjkljiva oprema in usposobljenost za delo v gozdu, predvsem pri zasebnih gozdovih,
- nizka realizacija najvišjega možnega poseka.

### 7.2 ADMINISTRATIVNE OVIRE

- Pridobivanje gradbene dokumentacije je zapleteno in dolgotrajno, posebej za sisteme moči nad 50 kW,
- obravnavanje okoljskih zahtev ni dovolj razumljivo; odsotnost regulative, standardov in tehničnih predpisov za načrtno izrabo lesne biomase,
- postopki za pridobitev nepovratnih sredstev za gospodinjstva so predolgi,

- nedorečenost zakonodaje pri izdaji gradbenih dovoljenj, predvsem za večje sisteme,
- zahtevan sistem koncesij za male sisteme daljinskega ogrevanja in nedorečenost zakonodaje.

### 7.3 INSTITUCIONALNE OVIRE

- Premalo je sodelovanja med ministrstvi, ki imajo vpliv na energetiko in na vire biomase (okolje, kmetijstvo in gozdarstvo, energija). Prav tako je premalo sodelovanja med državnimi in lokalnimi institucijami in premajhna povezanost znotraj sektorjev,
- med političnimi prioritetami uporaba lesne biomase v energetske namene ni v prvem planu, čeprav to področje vpliva na izpolnjevanje Kjotskega protokola in zagotavlja zanesljivost oskrbe z energijo. Še vedno imajo prednost tradicionalni viri energije. Razvoj lesne biomase pa je premalo upoštevan v kratko in srednjeročnih načrtih razvoja slovenskega podeželja. Tudi načrtovanje energetske oskrbe na lokalni ravni je premalo kritično in slabo načrtovano, saj pre pogosto daje prednosti drugim virom, kljub velikim potencialom lesne biomase v nekaterih krajih,
- energetska izraba lesne biomase ni upoštevana v javnih naročilih,
- malo narejenih raziskav na področju izrabe lesne biomase v energetiki – posledica tega so lahko neizpolnjeni potenciali. Slovenska podjetja bodo samo proizvajala sestavne dele naprav, kar ne omogoča večje dodane vrednosti, kot bi jo lahko imele lastne blagovne znamke z močnim trženjem,
- finančni inštrumenti državnih institucij niso usklajeni in so usmerjeni le na del verige oskrbe energije iz lesne biomase (iz gozda do uporabnika). Omejene so spodbude za čiščenje lesnih ostankov iz gozda, naložbe v naprave za strojno sečnjo in vozila za dostavo goriva (v Sloveniji še nimamo urejene distribucije peletov do hišnih vrat),
- premajhna širina finančnih spodbud, ki so usmerjene samo v uporabo tehnologij, ne pa tudi v spodbude za tehnološki in gospodarski razvoj na

tem področju (proizvodnja naprav za ogrevanje ipd.), kar ne prispeva k gospodarskemu razvoju,

- slab sistem nadzora nad okoljsko sprejemljivostjo in kakovostjo lesne biomase, uporabljene v energetiki.

#### 7.4 EKONOMSKE OVIRE

- Za enoto pridobljene energije je potrebna velika investicija, večja kot pri fosilnih gorivih. Zato je potrebna transparenta in usklajena cenovna energetska politika z ustreznimi investicijskimi subvencijami,
- fosilna goriva kljub večjemu onesnaževanju okolja niso dražja kot biomasa. Lahko bi imela večjo stopnjo davka zaradi večjega onesnaževanja - višja CO<sub>2</sub> taksa in vključitev okoljskih eksternih stroškov v ceno fosilnih goriv,
- cena biomase na daljši rok ni stabilna, kakor tudi ni gotovo razmerje do drugih energentov,
- veliki stroški priprave projektov zaradi nerazvitosti trga z opremo in storitvami za energetske izdelave lesne biomase, ter poleg tega tudi višji transakcijski stroški zaradi tipično manjše velikosti projektov,
- tveganje zaradi uvajanja novih tehnologij je večje, ker je zaradi majhne prisotnosti teh tehnologij njihovo poznavanje manjše,
- končno število odjemalcev, ki bi uporabljali biomaso iz daljinskega ogrevanja ni poznano, zato je investicija negotova,
- slabša ekonomika sistemov na lesno biomaso za mala in srednja podjetja,
- investicija v večje proizvodne enote so praviloma povezane z izgradnjo omrežij za daljinsko toploto, kar praviloma zmanjša ekonomičnost projektov.

#### 7.5 OVIRE NA PODROČJU FINANČNIH VIROV

- Zaradi višjih investicij je razpoložljivih lastnih sredstev malo: slab finančni status občin in lokalnih lesno obdelovalnih podjetij ne omogoča pridobitve kreditov,

- alternativni modeli financiranja so slabo razviti, (npr. pogodbeni oskrba z gorivom na lesno biomaso), kar je tudi posledica slabega poznavanja tega področja s strani finančnih ustanov,
- finančne spodbude ne sledijo načrtovanim obsegom ReNEP (Resolucija o Nacionalnem energetskem programu). Primanjkuje proračunskih sredstev za podporo in promocijo projektov za energetsko izrabo lesne biomase in njeno dolgoročno načrtovano uporabo,
- negotovosti s subvencijami – investitorji na nepovratna sredstva težko računajo, kot na zanesljiv finančni vir. Ni stabilnega, dolgoročnega finančnega mehanizma, ki bi spodbujal projekte za izrabo lesne biomase (trenutna vladna podpora je odvisna od sprejema letnega proračuna, kar ni zadostno dolgoročno zagotovilo),
- zapleten sistem spodbud, tudi informacij o možnih virih financiranja ni dovolj,
- CO<sub>2</sub> taksa ni inštrument spodbujanja uporabe biomase v energetiki in naj bi se tudi namensko uporabljala za financiranje tehnologij, ki zmanjšujejo emisijo CO<sub>2</sub>. Za namen spodbude pri uporabi obnovljivih virov energije naj bi bila namenjena tudi ekološka taksa,
- odkupne cene elektrike, pridobljene iz biomase, so nizke in posledica tega dejstva so negotovosti glede prilagajanja višine odkupnih cen glede na pogoje na trgu.

## 7.6 POZNAVANJE IN INFORMIRANOST

- Potencialni uporabniki niso seznanjeni s prednostmi sistemov kurjenja na lesno biomaso in ne poznajo cen vseh stroškov (naprave, vzdrževanje, kurivo), tako nimajo dovolj informacij za presojo celotnih stroškov sistemov na biomaso,
- premalo je ozaveščanja javnosti o vplivih na okolje biomase v primerjavi z drugimi gorivi, predvsem z novejšimi tehnologijami, kjer so izkoristki veliko večji kot pri starejših kotlih,
- premajhno poznavanje sodobnih načinov ogrevanja, z avtomatiziranim in okolju bolj prijaznim ogrevanjem,

- premajhno število javnih ogrevanj na lesno biomaso in daljinskih ogrevanj,
- slabo načrtovani projekti negativno vplivajo na zaupanje investitorjev in lahko povečajo transakcijske stroške,
- nepoznavanje možnosti oskrbe in zanesljivosti dobave predvsem sekancev, paletov in briketov,
- premalo promocije o rabi lesne biomase in premalo promocije za rabo biomase glede na različne tipe porabnikov,
- lokalne skupnosti premalo poznajo ogrevanje na biomaso. Tako ne poznajo socialnih in okoljskih prednosti biomase. Posledica tega je tudi slaba informiranost končnih uporabnikov glede stroškov, prihodkov, ovir in koristi pri spremembi individualnega ogrevanja na skupinsko in daljinsko ogrevanje.

#### 7.7 TRG Z LESNO BIOMASO

- Neizkoriščenost potencialov v zasebnih gozdovih,
- premajhen in slabo organiziran obseg trgovanja za določeno lesno gorivo, hkrati pa tudi zahtevnost vstopnih pogojev na že razvite trge za ogrevanje, predvsem zaradi močne konkurence dobaviteljev fosilnih goriv,
- konkurenca dobaviteljev opreme in storitev za energetske izdelave lesne biomase iz tujine.

#### 7.8 SLABA USPOSOBLJENOST IN PREMALO ZNANJA NA POSAMEZNIH PODROČJIH

- Pomanjkanje usposobljenega kadra v okviru lokalnih skupnosti, ki jim zakonodaja predpisuje obvladovanje nalog pri oskrbi in rabi energije,
- ni svetovalnih služb za različne potencialne uporabnike,
- izobraževalni programi ne vključujejo energetske izrabe lesne biomase,
- premalo izkušenih strokovnjakov z ustreznimi znanji za:
  - pripravo dokumentacij, potrebne za financiranje projektov,
  - pripravo študij izvedljivosti
  - projektiranje, vodenje in nadziranje izvajanja projektov za energetske izdelave lesne biomase.



## **8 TRG IN CENE PRODUKTOV ZA OGREVANJE NA LESNO BIOMASO**

### **8.1 TRG IN CENE LESNE BIOMASE**

V Sloveniji je zaradi velike poraščenosti z gozdom veliko ponudbe surovin za lesno biomaso. Na trgu se dobi vse vrste biomase, čeprav prevladuje trgovanje s poleni in cepanicami, ki se največ uporabljajo tudi zaradi starejših kurilnih naprav, saj nimajo možnosti uporabljati drugo obliko lesne biomase.

Trg lesnih sekancev, briketov, peletov in drugih lesnih ostankov je manj razvit. Kot je raznolik trg so raznolike tudi cene, ker v območju uporabe kuriva ni velikih prevoznih stroškov, se velika večina trgovanja odvija v lokalnem okolju ali regiji.

Trg na lesno biomaso je v veliki meri neorganiziran, kar povzroča nepregledno trgovanje zaradi nestandardiziranih meril za kakovost in enote trgovanja. Vse omenjeno pa je posledica ne transparentnosti cen lesnih produktov.

Leta 2004 je bila ustanovljena borza z lesno biomaso, na kateri poteka manjši del trgovanja, a kljub temu zagotavlja večjo preglednost trgovanja kot na neorganiziranemu trgu. Borza lesa pripomore tudi k pospešitvi trgovanja z lesnimi produkti, ob standardizaciji in kakovosti produktov lesne biomase (vlažnost in vrsta lesa), enotnost ponujenih količin in transparentnost cen različnih produktov. Ponuja tudi vse oblike lesne biomase (okroglice, cepanice, polena, okrogli les slabše kakovosti, sekance, stiskance (peleti in briketi), žagovino, krajnike, kosovne lesne ostanke, oglje, lubje).

Za količino in velikost trga ni veliko podatkov. Anketa o porabi energije in goriv v gospodinjstvih v letu 2002 (SURS 2006) kaže, da skoraj polovica (47 %) lesa iz gozdov za ogrevanje v gospodinjstvih zamenja lastnika, tako na trg vsako leto vstopi 450.000 m<sup>3</sup> neto lesa za kurjavo.

#### **8.1.1 Cene biomase v Sloveniji**

Cene biomase se razlikujejo glede na podatke, kateri so iz različnih virov. Upoštevati pa je potrebno tudi primerjavo cen v prodaji na drobno, kjer so omejitve zaradi različnih metodologij pri pridobivanju podatkov o cenah. Problem pri cenah lesa lahko nastane tudi

zaradi specifičnosti lesa in njegovih spremenljivih lastnosti (drevesna vrsta, kakovost, sestav, oblike lesa, količine nakupa ter višine in načina načrtovanja transporta).

V Sloveniji se s statističnim raziskovanjem o odkupu lesa spremlja cene drv, od začetka leta 2006 pa ceno lesa za kurjavo. Te cene se spremljajo v gozdarskih podjetjih, kmetijskih-gozdarskih zadrugah in podjetjih, ki kupčujejo z lesom (odkupujejo les od zasebnikov).

Statistično opazovanje cen je omejeno zgolj za cene na kubični meter neobdelanega lesa, saj SURS (Statistični urad republike Slovenije) ne zbira cen za preostale produkte iz lesne biomase.

V preglednici 17 so prikazane cene lesne biomase v juliju 2006. Cene so pridobljene pri aktivnih ponudnikih lesne biomase in delujočih sistemih DOLB. Iz pridobljenih cen je za vsak posamezni produkt izračunana povprečna cena in aritmetična sredina vseh pridobljenih cen za posamezni produkt.

V preglednici je razvidno, da so bili julija 2006 med produkti lesne biomase najcenejši sekanci, ki jih uporabljajo v daljinskih sistemih ogrevanja, in sicer 13,14 €/MWh, najdražji pa lesni paleti v prodaji na drobno s 38,31 €/MWh in s 35,64 €/MWh v prodaji na debelo.

Za ceno lesne biomase je največkrat značilno:

- cene biomase trajajo določen čas in ni vsakodnevnih spreminjanj cen,
- čas v letu vpliva na cene, ker pred kurilno sezono je veliko povpraševanja in so cene večje, v poletnih mesecih pa je zaradi nezanimanja trga lesna biomasa cenejša,
- kakšna je bila predhodna zima, ker če je zaradi mile zime ostalo dovolj lesne biomase, se jo potrebuje manj, kar povzroča manjše povpraševanje,
- cene so stabilne dalj časa, spremembe pa so posledica spremenjenih pričakovanj in cen konkurenčnih goriv,
- cene so pogosto geografsko določene na nekaterih območjih, glede na količino lesne biomase, ki jo območje premore.

Preglednica 17: Cene lesnih produktov z DDV (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007)

	CENA [€/enoto]	POVPREČNA CENA [€/enoto]	POVPREČNA CENA [cent€/kg]	POVPREČNA CENA [cent€/kg]
<b>Sekanci (prodaja na debelo) [nm<sup>3</sup>]</b>	7,5-12,5	9,81	4,47	1,10
<b>Sekanci (prodaja na drobno) [nm<sup>3</sup>]</b>	12,2-24,3	16,52	7,53	1,85
<b>Peleti (prodaja na drobno) [kg]</b>	0,15-0,17	0,16	16,07	3,21
<b>Peleti (prodaja na debelo) [kg]</b>	0,13-0,17	0,15	14,89	2,97
<b>Briketi [kg]</b>	0,07-0,17	0,12	11,82	2,50
<b>Polena (bukev, hrast) [prm]</b>	41,7-59,1	50,28	7,56	2,10

Pri izračunu so upoštevane kurilne vrednosti: sekanci 2682 kWh/m<sup>3</sup>, peleti 5,01 kWh/kg, briketi 4,72 kWh/kg, polena 3195 kWh/m<sup>3</sup>, les 2682 kWh/m<sup>3</sup>.

V preglednici 18 pa so prikazane primerjave cen lesne biomase med Slovenijo, Avstrijo in Italijo.

Preglednica 18: Cene lesne biomase v Sloveniji, Avstriji in Italiji junija 2006 (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007)

	(brez DDV) [€/kg]	(brez DDV) [€/MWh]	Stopnja DDV [%]	z DDV [€/MWh]
<b>SLOVENIJA</b>				
Lesni sekanci	0,045	10,97	20	13,16
Peleti (prodaja na debelo)	0,149	29,71	20	35,65
Peleti (prodaja na drobno)	0,160	30,82	20	36,98
Briketi	0,124	26,20	20	31,45
Polena	0,081	19,60	20	23,52
<b>AVSTRIJA</b>				
Lesni sekanci	0,067	18,07	10	19,88
Peleti (prodaja na debelo)	0,148	30,29	10	33,32
Peleti (prodaja na drobno)	0,195	40,04	10	44,05
Briketi	0,147	41,50	10	45,65
Polena	0,111	27,63	10	30,39
<b>ITALIJA</b>				
Lesni sekanci		19,50	10	21,45
Peleti (prodaja na debelo)		38,30	10	42,13
Peleti (prodaja na drobno)		38,30	10	42,13
Briketi				
Polena		26,95	10	29,65

V preglednici je razvidno, da so v primerjavi z Italijo in Avstrijo v Sloveniji v povprečju cene biomase nižje, kljub večji stopnji davka kot v Avstriji in Italiji. V Italiji in Avstriji imajo gospodinjstva pri nakupu lesne biomase samo 10 % davek, namesto običajnega 20 %. Davek je bil v omenjenih državah zmanjšan z namenom izboljšanja položaja rabe lesne biomase v primerjavi s kurilnim oljem in zemeljskim plinom za domača gospodinjstva. Na splošno imamo torej najnižje cene biomase, najvišje pa so v Italiji. Največja razlika med nami in omenjenima sosednjima državama je pri ceni lesnih sekancev, sledijo polena, najmanjša razlika pa je pri peletih, kjer so v prodaji na debelo celo dražji pri nas kot v Avstriji.

## 8.2 KONKURENČNI POLOŽAJ BIOMASE

Na trgu goriv za ogrevanje je najbolj vpliven dejavnik cena energenta, predvsem v primerjavi s konkurenčnimi gorivi.

Na položaj na trgu vplivajo tudi naslednji dejavniki:

- tehnologija kurilnih naprav (od nje odvisni izkoristki gorenja),
- investicija v kurilne naprave,
- stroški vzdrževanja in vzdržljivosti kurilnih naprav,
- morebitna nepovratna sredstva (subvencije, ugodni okoljski krediti).

### 8.2.1 Primerjava cen goriv

Cena goriva je največji dejavnik, ko se posameznik odloča, kakšen način ogrevanja bo uporabljal. V Sloveniji je bila lesna biomasa med najcenejšimi gorivi, skupaj z lignitom, rjavim premogom in daljinskim ogrevanjem. Najdražji način ogrevanja je bil leta 2006 utekočinjeni naftni plin (UNP) s 0,0767 €/kWh, nekoliko cenejša sta bila zemeljski plin (0,0507 €/kWh) in ekstra lahko kurilno olje (0,0647 €/kWh).

Pri lesni biomasi so cene zelo različne glede na obliko le-te. Najcenejši so lesni sekanci (0,0131 €/kWh do 0,0285 €/kWh) in polena s 0,0235 €/kWh. Briketi so nekoliko dražji z 0,0293 €/kWh, najdražji pa so paleti s 0,0356 €/kWh (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007).

Preglednica 19: Razmerja med posameznimi vrstami goriv leta 2006 (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007)

	<b>UNP<sup>1</sup></b>	<b>ELKO<sup>2</sup></b>	<b>ZP<sup>3</sup></b>	<b>DO<sup>4</sup></b>	<b>RP<sup>5</sup></b>
sekanci na debelo	5,83	4,92	4,10	2,70	2,07
sekanci mešani	3,46	2,92	2,44	1,61	1,23
polena - bukev	3,26	2,75	2,30	1,51	1,16
sekanci - bukev	2,69	2,28	1,90	1,25	0,96
briketi	2,61	2,21	1,84	1,21	0,93
paleti	2,15	1,82	1,51	1,00	0,76

- 
- <sup>1</sup> Utekočinjen naftni plin
  - <sup>2</sup> Ekstra lahko kurilno olje
  - <sup>3</sup> Zemeljski plin
  - <sup>4</sup> Daljinsko ogrevanje
  - <sup>5</sup> Rjavi premog

Razmerja v preglednici nam pokažejo velike razlike predvsem med ceno najdražjih fosilnih goriv in lesno biomaso. Najdražji utekočinjeni naftni plin je za kar 5,83-krat dražji od najcenejše biomase (sekanci) in 2,15-krat dražji od ene MWh peletov, ki so najdražja energija iz biomase.

Preglednica prikazuje, da so razmerja med biomaso na eni strani in ekstra lahkim kurilnim oljem, zemeljskim plinom in daljinskim ogrevanjem na drugi strani nekoliko manjša, a še vedno kar visoka, kar pomeni, da je biomasa z najpomembnejšega vidika cene energenta najbolj privlačno ogrevanje. Cenovno se lahko z biomaso primerja samo rjavi premog. Ker je les poceni energent, lahko z njim kot z domačim virom zmanjšujemo letne stroške ogrevanja. Tako omogoča samooskrbo gospodinjstev, ki imajo v lasti gozdove. Prav tako si tudi drugi posamezniki ob primerni usposobljenosti lahko delno sami zagotovijo energijsko neodvisnost z delno samo pripravo biomase (kupijo goli, jih razrežejo in razcepijo, razrežejo klaftre ipd.). Predvsem so tukaj mišljeni ljudje s podeželja, saj je za samo pripravo in skladiščenje biomase potreben prostor.

Za končno oceno stroškov ogrevanja pa ni pomembna samo cena goriva. Upoštevati je potrebno tudi predvideno amortizacijo in stroške delovanja sistemov. Struktura cen se med sistemi, ki uporabljajo različna goriva lahko zelo razlikuje, čeprav je za vse sisteme značilno, da največji delež stroškov nastane glede na vrsto goriva. Za fosilna goriva je značilen velik delež stroškov za goriva v končni ceni toplote, ki v povprečju znaša 90 %,

pri lesni biomasi pa strošek za goriva predstavlja v povprečju 64 % končne ocene ogrevanja.

### **8.2.2 Ekonomski in okoljski učinki biomase v Sloveniji**

Biomasa je v Sloveniji pomemben gospodarski vir, saj posredno in neposredno zaposluje veliko ljudi. Učinki na družbenoekonomski in okoljski položaj biomase so zato pomemben dejavnik, na katerega ima lesna biomasa vpliv. Najbolj pomembni družbenoekonomski vplivi so: pridobivanje novih delovnih mest, povečani prihodki lokalnega gospodarstva (regije), dodatne dejavnosti na kmetijah (več dobička za kmetije), zmanjšanje nezaposlenosti in povečana samooskrba z energijo.

Biomasa ima kot energija velik potencial za ustvarjenje novih delovnih mest predvsem zato, ker je za pridobivanje in predelavo lesne biomase značilna in potrebna večja delovna intenzivnost. V nasprotju pa je za samo proizvodnjo energije značilna večja kapitalaska intenzivnost, zato večjega učinka pri ustvarjanju novih delovnih mest ob povečanju rabe biomase ni pričakovati. (izjema je faza načrtovanja in graditve sodobnih sistemov za proizvodnjo energije, saj je povečanje zaposlenosti kratkotrajne narave). Vsekakor pa bo učinkovito delovanje proizvodnje energije (toplotne in električne v večjih sistemih) v obliki ustvarjenega dohodka imelo večji vpliv na ustvarjanje posrednih delovnih mest, to je delovnih mest v drugih dejavnostih in drugih produkcijskih verigah.

## **9 PROJEKTI IN SPODBUDE PRI IZRABI LESNE BIOMASE V ENERGETSKE NAMENE**

Na ravni EU je veliko pravnih in programskih podlag za izkoriščanje lesne biomase. V Sloveniji imamo belo knjigo, katera približuje uporabo lesne biomase evropski energetske politiki. EU načrtuje podvojitev deleža OVE (obnovljivih virov energije) na 12 % v celotni energetske oskrbi držav do leta 2010. Resolucija o strategiji rabe in oskrbe Slovenije z energijo določa povečanje lesne biomase v deležu primarne energije s 4,2 % (leta 1996) na 8-10 % leta 2010.

Za povečevanje rabe lesne biomase je zaradi nepoznavanja sodobnih (udobnejših) tehnologij kurjenja in nekoliko dražjih priprav za kurjenje na lesno biomaso v primerjavi s konkurenčnimi gorivi, potrebno spodbujanje za proizvodnjo toplote iz lesa. V Sloveniji je na tem področju najbolj dejavno Ministrstvo za okolje in prostor, katero ima dejavnosti podprte tudi z mednarodno donacijo GEF (Sklad za svetovno okolje), krediti ekološkega sklada RS, javnega sklada. Za električno energijo pridobljeno iz biomase pa je glavni spodbujevalni mehanizem shema zagotovljenih odkupnih tarif/premij za električno energijo iz OVE, za katerega je pristojno Ministrstvo za gospodarstvo.

Na Ministrstvu za okolje in prostor je sektor, ki skrbi za dejavnosti učinkovite rabe obnovljivih virov energije, usmerja projekt GEF, pripravlja programe za neposredne subvencije, namenjene investicijam v individualne kurilne naprave na lesno biomaso v podjetjih in pri posameznikih ter sofinancira pripravo investicijskih projektov za izrabo lesne biomase za energije. Ekološki sklad, javni sklad pa je sklad, ki podeljuje posojila s subvencionirano obrestno mero za sisteme daljinskega ogrevanja, mikrosisteme za daljinsko ogrevanje, individualne kotle na lesno biomaso ter za sisteme soproizvodnje toplotne in električne energije.

### **9.1 REZULTATI PROJEKTOV IN SPODBUD PRI IZRABI LESNE BIOMASE V ENERGETSKE NAMENE**

V zadnjem obdobju je bil osrednji projekt za povečevanje uporabe lesne biomase, projekt Odstranjevanje ovir za povečano izrabo biomase kot energetskega vira, ki je bil narejen kot projekt Vlade RS, zanj pa je bilo zadolženo Ministrstvo za okolje in prostor. Projekt je bil sofinanciran s strani GEF (Sklad za svetovno okolje) preko programa združenih narodov za razvoj (UNDP).

Projektne cilje je bil, da spodbudi večjo informiranje in uporabo lesne biomase v energetiki. V letih izvajanja projekta (2002 – 2007) so bili doseženi vidni rezultati, h katerim so pripomogle različne aktivnosti:

- pomoč projektom daljinskega ogrevanja na lesno biomaso (DOLB), ki so prejeli investicijsko podporo in s tem omogočanje osmih izgradenj daljinskega ogrevanja v Kočevju, Vranskem, Mozirju (2x), Lučah, Ločah (Slovenske Konjice), Solčavi in Črnomlju,
- izvedba skupnih ukrepov na področju odpravljanja institucionalnih ovir, ovir glede zavedanja in obveščenosti javnosti ter strokovne usposobljenosti,
- oblikovanje nabora potencialnih novih projektov DOLB v Sloveniji. Bilo je omogočeno s sofinanciranjem izdelave 40 študij izvedljivosti in v nekaterih primerih izdelavo projektne dokumentacije za izvedbo daljinskih sistemov ogrevanja.

Projekt je bil vreden 11,8 milijonov \$, pri tej ceni je sponzorstvo UNDP GEF znašalo 4,3 USD in sponzorstvo Ministrstva za okolje in prostor 2,5 milijonov USD.

### 9.1.1 Sistemi daljinskega ogrevanja, narejeni s pomočjo nepovratnih sredstev

V obdobju med letoma 2002 in 2007 je bilo s pomočjo projekta GEF dodeljeno 1,925 milijona evrov nepovratnih sredstev in investicij. V preglednici 20 so prikazani podatki o projektih DOLB, zgrajenimi v tem obdobju. Izvedeni projekti zmanjšujejo emisije CO<sub>2</sub> za 10.740 ton/leto.

*Preglednica 20: Sistemi in značilnosti sistemov DOLB zgrajeni v obdobju med 2002 in 2007 (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007)*

Projekt DOLB/občina	Moč kotla [MW]	Omrežje [ km ]	Investicija [DDV 0 %]
VRANSKO	2+1,2	4,7	2.210
KOČEVJE	4,5	3,6	2.170
MOZIRJE in LUČE:			
MOZIRJE/ŠOLA	0,5	0,175	225
MOZIRJE/PODROŽNIK	0,5+0,11	0,59	454
LUČE	0,5+0,11	0,79	787
SLOVENSKE KONJICE/LOČE	1	1,34	806
ČRNOMELJ/ČARDAK	2,2	1,84	2.020
SOLČAVA	0,22	0,43	190



Pri Kočevju je vključen kotlovni sistem na lesno biomaso in omejeno razširitev daljinskega omrežja.

Večina projektov je dobila tudi ugodne kredite s strani ekološkega sklada RS, javnega sklada. Znesek podeljenih kreditov znaša 1,778 milijona evrov.

Daljinska ogrevanja na lesno biomaso imajo pomembne prednosti, zato je spodbujanje take vrste energije pomembno zaradi:

- koristi za lokalno okolje (obnovljivo, CO<sub>2</sub> nevtralno in čisto gorivo),
- ekonomske prednosti (nizke cene goriv v primerjavi s konvencionalnimi fosilnimi gorivi,
- povečanje lokalne zaposlitve,
- prispevek h gospodarjenju z gozdovi,
- optimizacija proizvodnje energije, ki temelji na biomasi.

### **9.1.2 Ukrepi na področju odpravljanja institucionalnih ovir, ovir glede ozaveščenosti javnosti ter strokovne usposobljenosti**

Premajhno poznavanje prednosti in tehnologij za rabo lesne biomase gotovo pripomore, da se ta način ogrevanja ne uporablja v še večjem obsegu.

V okviru programa Odstranjevanje ovir za povečano izrabo biomase kot energetskega vira so bile v ta namen izvedene številne aktivnosti, ki so pripomogle k informiranju, večji ozaveščenosti in večji strokovni usposobljenosti na področju rabe lesne biomase.

#### **9.1.2.1 Šolanje in izobraževanje**

Izvedene so bile aktivnosti šolanja in izobraževanja domačih strokovnjakov za načrtovanje, vgradnjo, delovanje in vzdrževanje energetskih postrojenj na lesno biomaso ter organizirane ekskurzije in demonstracijski dogodki, ki so pomagali dvigniti nivo znanja in usposobljenosti slovenskih strokovnjakov.

#### **9.1.2.2 Širjenje informacij v medijih**

Širjenje informacij s pomočjo medijev, spletnih strani, z organiziranjem svetovalnih sestankov z lokalnimi skupnostmi in predstavniki industrije, je pripomoglo k večji

ozaveščenosti javnosti o lesni biomasi in o njenih potencialih v Sloveniji. Organizirani so bili tudi naravoslovni dnevi s tematiko lesne biomase za osnovnošolce na vseh nivojih.

### 9.1.2.3 Pripravljanje novih projektov

Pripravljanje novih projektov obsega:

- izdelavo 40 študij izvedljivosti daljinskega ogrevanja na lesno biomaso v slovenskih krajih,
- izdelani sta bili "Analiza možnosti izrabe lesne biomase za ogrevanje objektov srednjih šol v Sloveniji" in "Analiza možnosti izrabe lesne biomase za ogrevanje domov za starejše in varstveno delovnih centrov v Sloveniji" kot priprava projektov pogodbenega financiranja,
- izveden seminar "Pogodbeno financiranje oskrbe z energijo iz lesne biomase v evropski praksi" kot priprava potencialnih akterjev v pogodbenem financiranju,
- pripravljene podlage za model energetskega pogodbeništvaz oz. kapitalskega povezovanja lastnikov gozdov in kmetov za dobavo toplote iz lesne biomase,
- izdelana projektna naloga "Energija iz biomase v javnih zgradbah" za kandidiranje na sredstva švicarskega finančnega mehanizma,
- izdelana metodologija vrednotenja učinkov projektov v OVE na emisije toplogrednih plinov,
- izdelane so bile številne informacijske brošure, zloženske in učni materiali, ki so prosto dostopni na spletni strani [www.aure.si](http://www.aure.si), projekt GEF - Biomasa.

Navedene aktivnosti, skupaj z izvedeno promocijo, šolanji in izobraževanji ter pripravljenim predlogom Operativnega programa energetske izrabe lesne biomase, predstavljajo, poleg izkušenj, pridobljenih z investicijsko izgradnjo sistemov DOLB, kakovosten okvir za povečanje izrabe lesne biomase v Sloveniji, v skladu s sprejeto Resolucijo o nacionalnem energetske programu iz leta 2004.

## 9.2 PREDVIDENI PROJEKTI IN SPODBUDE ZA POVEČEVANJE UPORABE LESNE BIOMASE

Ekološki sklad Republike Slovenije bo v prihodnje spodbujal nove projekte DOLB preko naložbenega sklada, ki bo deloma financiran z vračili kapitalskih vložkov projekta GEF.

Ministrstvo za okolje in prostor pa je izdelalo operativni program rabe lesne biomase kot vira energije, katerega cilji so usklajeni s cilji Resolucije o Nacionalnem energetskem programu in kot taki podpirajo doseganje ciljev v tem programu (Ministrstvo za okolje in prostor, 2007).

V tem programu so naslednji cilji:

- Večja proizvodnja električne energije iz biomase. Cilj je povečanje proizvodnje električne energije, ki podpira izpolnjevanje izvedbenega cilja ReNEP (Resolucija o Nacionalnem energetskem programu) v povezavi z deležem električne energije, proizvedene iz obnovljivih virov v razmerju z bruto porabo električne energije v Sloveniji, to je 33,6 % do leta 2010. Za sklenitev tega cilja se je Slovenija obvezala tudi v pristopni pogodbi z EU. Doseganje cilja se bo spremljalo po neto proizvodnji električne energije, za katero bo osnova biomasa, kar izraža absolutno vrednost proizvodnje. Vrednost je po delovnih gradivih DRP – državnega razvojnega programa.
- Povečanje proizvedene toplote iz biomase. Tudi ta cilj podpira izpolnjevanje izvedbenega cilja ReNEB glede deleža obnovljivih virov energije v proizvodnji toplote v Sloveniji, to je 25 % do leta 2010. Ciljna vrednost je prav tako prevzeta po DRP.
- Zmanjševanje emisij toplogrednih plinov. Program podpira izvajanje resolucije Nacionalnega programa varstva okolja glede zmanjševanja emisij toplogrednih plinov in tako pomembno pripomore k izpolnjevanju obveznosti Kjotskega protokola.
- Diverzifikacija kmetijskega gospodarstva. Program upošteva splošne cilje Državnega programa razvoja podeželja 2007-2013, podpira tudi povečanje deleža nosilcev kmetij z nekmetijskimi viri dohodka.
- Povečanje zaposlenosti. Program upošteva cilje Strategije Razvoja Slovenije s povečevanjem zaposlenosti.

Rezultati omenjenih ciljev naj bi bili do leta 2013 povečanje proizvodnje toplote iz lesne biomase za 2,77 PJ (razlika med vrednostjo letnih bilanc leta 2006 in 2013), proizvodnje električne energije pa za 36 GWh. Zagotovili bi tudi 200 neposrednih delovnih mest, vključno z 120 kmetijami, ki bi svojo dejavnost dopolnile s pridobivanjem energije in pripravo kuriva.

Strategije programa pa z upoštevanjem Strategije razvoja Slovenije, z Nacionalnim programom varstva okolja in energetske politiko usmerjajo razvoj izrabe biomase v energetiki v:

- pripravo in sprejetje nove zakonodaje in uresničevanje stare zakonodaje in standardov,
- razvoj trga biomase in spodbujanje trajnostne oskrbe in porabe,
- spodbujanje tehnološkega znanja in raziskav za izkoriščanje konkurenčnih prednosti, ki jih imamo na področju biomase,
- ekonomsko politiko varstva okolja in spodbujanje konkurenčnosti tehnologij,
- povečanje ozaveščenosti, dialoga med vsemi akterji in sodelovanje javnosti.

Operativni program rabe lesne biomase kot vira energije ima pripravljene tudi podprograme prednostnih področji, med katerimi naj bi spodbujali:

- pridobivanje, zbiranje in distribucijo lesnih goriv, kar vsebuje pridobivanje in rabo biomase v kmetijstvu in gozdarstvu ter razvoj zbirnih centrov in distribucijo lesnih goriv,
- energijo iz biomase v široki rabi, to je tako v gospodinjstvih kot v javnem in storitvenem sektorju,
- energijo iz biomase v daljinskih ogrevanjih in v industriji,
- horizontalne programe med njimi: izobraževanja, raziskave, tehnološki razvoj, razvoj podjetništva, upravljanje kakovosti pri načrtovanju, izvedbi projektov ter kakovosti lesnih goriv, promocija.

## 10 POVZETEK IN ZAKLJUČEK

Diplomsko delo v prvem delu predstavlja najstarejšo obliko ogrevanja, ki je z razvojem sodobnih kurilnih naprav in večjo izbiro oblik lesne biomase, ostala konkurenčna tudi v začetku novega tisočletja. Novejše kurilne naprave imajo dobre izkoristke gorenja. V primerjavi z drugimi oblikami ogrevanja je prednost lesne biomase tudi pri skrbi za okolje, kar je vse bolj aktualna tema v svetu.

Uporaba biomase glede toplogrednih plinov je emisijsko nevtralna. Fosilna goriva pa so v svojo strukturo vezala ogljik v preteklosti, ki se sprošča šele in samo pri gorenju, medtem ko se pri biomasi sprošča tudi pri naravnem razpadanju – trohnenju lesa.

Za razumevanje procesov gorenja in vplivov na kurilnost lesa so opisane glavne značilnosti gorenja in lastnosti lesa, ki vplivajo na kakovostno gorenje. Na gorenje pa ne vpliva samo vrsta lesa, ampak tudi oblika lesne biomase, ki jo bomo uporabili za ogrevanje in vrsta kurilne naprave, v kateri bo biomasa izgorevala. Posamezne vrste lesnih biomas imajo različne merske enote, ki so med seboj v določenem razmerju.

Drugi del diplomske naloge pa je predvsem vpogled na stanje biomase v Sloveniji. Glavni vir biomase so gozdovi. Slovenija sodi s 57 % poraščenostjo med bolj poraščene države v EU. Naši gozdovi imajo velik prirastek, kar je posledica nedoseženega dovoljenega poseka. Vzrokov za nerealizirane poseke je več, najbolj pa k temu pripomorejo prav nedoseženi dovoljeni poseki pri zasebnikih, medtem ko je posek na državni ravni vedno blizu načrtovanega. Zaradi velike poraščenosti je raba lesne biomase v Sloveniji dokaj pogost način ogrevanja.

Vsega lesa iz gozdov pa ni smotrno izkoristiti v energetske namene, saj je les zaradi svoje kvalitete uporaben tudi v drugih panogah, kjer se iz njega dobi višja dodana vrednost na enoto. Glede na trenutne višine možnih posekov bi lahko iz naših gozdov za potrebe po energiji pridobili vsaj še milijon m<sup>3</sup> lesa, kar bi skupno znašalo 2 milijona m<sup>3</sup>.

K lesni biomasii pa ne štejemo samo les iz gozdov, ampak tudi ostanke lesno predelovalne industrije in les s kmetijskih zemljišč. Skupni potenciali in ocene potrjujejo, da je še veliko

rezerv pri uporabi lesne biomase, saj je biomase veliko več kot je dejansko porabimo v energetiki.

Širitev uporabe lesne biomase pri nas, kljub velikemu potencialu, spremlja mnogo ovir. Država s pomočjo različnih mednarodnih projektov, skladov in ustanov premaguje te ovire z nepovratnimi sredstvi, subvencijami, informiranjem in odpravljanjem ovir institucionalnega značaja.

Biomasa je v Sloveniji pomemben gospodarski dejavnik, saj posredno in neposredno zaposluje veliko ljudi. Učinki na družbenoekonomski in okoljski položaj biomase so zato pomemben dejavnik. Družbenoekonomski vplivi se kažejo predvsem pri pridobivanju novih delovnih mest, povečanih prihodkih lokalnega gospodarstva (regije), dodatnih dejavnosti na kmetijah (več dobička za kmetije), zmanjšanju nezaposlenosti, povečani samooskrbi z energijo in zmanjševanju energetske odvisnosti.

Ob morebitnem nadaljevanju trenda naraščanja cen fosilnih goriv bo lesna biomasa postala še privlačnejši energetski vir!

## 11 VIRI

1. Butala V., Stritih U., Zupan G. 2007. Daljinsko ogrevanje: Energijska alternativa lesna biomasa proti fosilnim gorivom. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo.  
<http://www.fs.uni-lj.si/opet/knjiznica/Daljinsko%20ogrevanje%20Energijska%20alternativa.pdf>. (20. september 2007)
2. Čokar M. 1992. Gozdarski priročnik 6. izdaja. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo: 21, 71-77
3. Čufar K. 2001. Opisi lesnih vrst: študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo: 49
4. Debevec M. 2005. Odpadna lesna biomasa, problem ali alternativni vir energije?: diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo, samozaložba: 31, 40-42
5. Dolenšek M., Golob A., Medved M., Pogačnik N., Šumenjak M. 1999. Kmetovalčev priročnik: Energija iz lesne biomase. Slovenj Gradec, Kmetijska založba Slovenj Gradec., d.o.o.: 9, 12-13, 14-19
6. Gornik Bučar D. 2000. Lesni ostanki kot bioenergetski potencial. Biomasa kot alternativni vir energije: strokovni posvet, Ljubljana, 9. junij 2000: 1-4, 6-8
7. Katalog produktov lesne biomase. Borzen – ove, organiziran trg z lesno biomaso. 2007.  
<http://www.borzen-ove.si>. (12. marec 2007)
8. Kranjc N., Kopše I. 2005. Les-domač, obnovljiv in okolju prijazen vir energije: brošura. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, Gozdarski inštitut Slovenije, Agencija za učinkovito rabo in obnovljive vire energije.
9. Kranjc N., Kovač Š. 2003. Lesna biomasa - okolju prijazen obnovljiv vir energije: brošura. Slovenska Bistrica, Občina Slovenska Bistrica: 8-14
10. Kranjc N., Piškur M. 2006. Tokovi okroglega lesa in lesnih ostankov v Sloveniji. Zbornik gozdarstva in lesarstva, 80: 40-41
11. KWB – Mi dajemo energijo za življenje. 2007. Predstavitev peči za ogrevanje na lesno biomaso iz skupine KWB.  
[http://www.kwb.at/si/index.php?option=com\\_frontpage](http://www.kwb.at/si/index.php?option=com_frontpage) (5. december 2007).
12. Ministrstvo za okolje in prostor, Svetovni sklad za okolje. 2007. Projekt GEF-biomasa. (22. april 2007).  
<http://www.aure.si/index.php?MenuID=114&MenuType=E&lang=SLO&navigacija=on> (20. maj 2007).
13. Oman J. 2005. Generatorji toplote. 1. izdaja. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo: 164-165, 171-174, 179-181, 189-192
14. Paungger J. 1995. Vse ob pravem času. 1. izdaja. Celje, Mavrica d.o.o.: 177-178, 181
15. Praktikum d.o.o., Zakaj lesna biomasa? (15. november 2007)  
<http://www.praktikum.si/prod01.htm> (17. maj 2007).
16. Program PHARE. 1999. Priročnik – Daljinsko ogrevanje na lesno biomaso.  
[http://www.aure.gov.si/eknjiznica/DOLB\\_prirocnik99.pdf](http://www.aure.gov.si/eknjiznica/DOLB_prirocnik99.pdf) (5. december 2007).
17. Republika Slovenija, Ministrstvo za okolje in prostor, Lesna biomasa.  
<http://www.biomasa.zgs.gov.si/index.php> (15. april 2007).

18. Republika Slovenija, Ministrstvo za okolje in prostor. 2007. Operativni program rabe lesne biomase kot vira energije (OP EN LES 2007-20103). Ljubljana, junij 2007.: 9-14, 17, 18, 21-27, 47-52, 61-63
19. Senegačnik A., Oman J. 2004. Lastnosti zraka, goriv in dimnih plinov. 1. izdaja. Ljubljana, Fakulteta za strojništvo: 33-34, 38-40, 43-44, 74,78
20. Veselič Ž., Drago R. 2005. Slovenia Wood Energy Information System. Annex final report, Zavod za gozdove Slovenije, Ljubljana.
21. Zavod za gozdove Slovenije. 2006. Ljubljana, Poročilo zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2005.: 8-15
22. Zavod za gozdove Slovenije. 2007. Ljubljana. Poročilo zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2006.: 8-15
23. Zavod za gozdove Slovenije. 2007. Razdelitev območnih enot.  
<http://www.zgs.gov.si/slo/obmocne-enote/index.html> (29. avgust 2007).
24. Žagar I, Kovač Š., Kranjc N., Turk J., Režonja R., Roblek I. 2003. Delavnica: Možnosti uporabe lesne biomase, državne subvencije ter ukrepi za spodbujanje investicij v izgradnjo sistemov za ogrevanje na lesno biomaso. Slovenska Bistrica, občina Slovenska Bistrica.
25. Žerjav J., Petač T. 2001. Program energetske izrabe lesne biomase v Sloveniji in operativni program za obdobje 2001-2004. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor: 4-7, 11, 13



## **ZAHVALA**

Za pomoč pri zasnovi in izdelavi diplomske naloge se zahvaljujem mentorju prof. dr. Janezu Omanu in recenzentki doc. dr. Dominiki Gornik-Bučar za recenzijo in dodatne nasvete v zvezi z nalogo.

Posebna zahvala staršem, družini in dekletu Niki za vso podporo, ki mi jo dajejo.

Zahvalil bi se tudi vsem, ki sem jih v letih šolanja spoznal in so mi pomagali prehoditi to pot.