

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jože KOŠMRLJ

EMISIJE PRI KURJENJU BIOMASE

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2009

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Jože KOŠMRLJ

EMISIJE PRI KURJENJU BIOMASE

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

BIOMASS BURNING EMISSIONS

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana 2009

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

Senat Oddelka za lesarstvo BF je dne 9.6.2005 odobril naslov diplomskega dela in za mentorja imenoval izr. prof. dr. Janeza Omana, za somentorja doc. dr. Andreja Senegačnika in za recenzenta prof. dr. Marka Petriča.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Diplomsko delo je rezultat lastnega raziskovalnega dela. Podpisani se strinjam z objavo svoje naloge v polnem tekstu na spletni strani Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete. Izjavljam, da je naloga, ki sem jo oddal v elektronski obliki, identična tiskani verziji.

KLJUČNA INFORMACIJSKA DOKUMENTACIJA

ŠD	Vs
DK	UDK 662.63
KG	lesna biomasa/ CO ₂ /Kjotski protokol
AV	KOŠMRLJ, Jože
SA	OMAN, Janez (mentor)/ SENEGAČNIK, Andrej (somentor)/PETRIČ, Marko (recenzent)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI	2009
IN	EMISIJE PRI KURJENJU BIOMASE
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	X, 59 str., 20 pregl., 12 sl., 26 vir.
IJ	sl
JI	sl/en
AI	Uporaba lesa in sploh biomase je okolju prijazna. Ta prednost je očitna, če primerjamo emisije CO ₂ pri zgorevanju biomase in fosilnih goriv. Pri gorenju lesa poteka reakcija med uskladiščenim C in O iz zraka. Količina nastalega CO ₂ je približno enaka kot pri gnitju lesa. Pri zgorevanju fosilnih goriv pa nastaja CO ₂ iz C, ki je bil vezan pred milijoni let. CO ₂ ni strupen plin, ima pa velik vpliv na nastajanje tople grede in globalnega segrevanja ozračja. V primeru popolnega izgorevanja ogljikovodikov nastajata samo CO ₂ in voda, bolj neugodno je nepopolno zgorevanje, ki nastane zaradi nepravilnega razmerja zraka in neustreznih pogojev v kurišču. Posledica tega so gost sajast dim, CO, CH ₄ , PAH, slab izkoristek energije. Slovenija je podpisnica Kjotskega protokola, kjer se je obvezala, da bo v 5 letih (2008-2012) zmanjšala emisije toplogrednih plinov za 8 % glede na leto 1990.

KEY WORDS DOCUMENTATION

- DN** Vs
- DC** UDC 662.63
- CX** wood biomass/CO₂/Kyoto Protocol
- AU** KOŠMRLJ, Jože
- AA** OMAN, Janez (supervisor)/SENEGACNIK, Andrej(co-supervisor)/PETRIČ, Marko (reviewer)
- PP** SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
- PB** University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Department of Wood Science and Technology
- PY** 2009
- TI** BIOMASS BURNING EMISSIONS
- DT** Graduation Thesis (Higher professional studies)
- NO** X, 59p., 20 tab., 12 fig., 26 ref.
- LA** sl
- AL** sl/en
- AB** Wood and biomass are considered to be environment friendly resources and their use is thus encouraged. The advantage is evident from comparison of CO₂ emissions emerging in the combustion of the biomass and of the fossil fuels. Burning of wood is a reaction when C stored in the wood combines with O from the air and CO₂, the same kind as in the process of wood rotting, is released. Also in the combustion of fossil fuels CO₂ is released, however, this CO₂ was taken from the atmosphere and bound millions of years ago. Although CO₂ is not a toxic gas it has a great impact on the greenhouse effect and global warming. In a complete combustion reaction the only products are CO₂ and water. Incomplete combustion is undesired. It occurs when there is not enough air available, and results in thick smoke full of soot (CO, CH₄, PAH) and poor energy efficiency. Slovenia has signed the Kyoto Protocol and is thereby obliged to reduce its greenhouse gas emissions from the year 1990 by 8 % in the next 5 years (i.e. by 2012).

KAZALO VSEBINE

str.

KLJUČNA INFORMACIJSKA DOKUMENTACIJA.....	IV
KEY WORDS DOCUMENTATION.....	V
KAZALO VSEBINE.....	VI
KAZALO SLIK.....	VIII
KAZALO PREGLEDNIC	IX
1 UVOD.....	1
2 RAZVRŠČANJE IN SESTAVA GORIV	2
2.1 PO NASTANKU JIH LOČIMO NA:	2
2.2 GLEDE NA AGREGATNO STANJE	2
2.3 RAZDELITEV GORIV PO IZVORU	2
3 ZNAČILNOSTI BIOMASE.....	3
3.1 KAJ JE BIOMASA?	3
3.2 OBLIKE LESNE BIOMASE	4
3.2.1 Polena	4
3.2.2 Cepanice.....	4
3.2.3 Sekanci	5
3.2.4 Peleti.....	5
3.2.4.1 Tehnologija izdelave peletov	5
3.2.5 Briketi.....	6
3.2.6 Lesni ostanki.....	7
3.3 KURILNE NAPRAVE NA LESNO BIOMASO	7
3.3.1 Peč na polena	7
3.3.2 Peč na sekance	9
3.3.3 Peč na pelete	9
3.4 BIOMASA V SVETU IN PRI NAS	11
3.5 DELEŽ LESNE BIOMASE V ENERGETSKI BILANCI.....	12
3.5.1 Stroški in prednosti povečane rabe OVE do leta 2010	14
3.6 BIOMASA IN OGLJIKOV DIOKSID.....	15
3.6.1 Vpliv na okolje.....	16
3.7 POLICIKLIČNI AROMATSKI OGLJIKOVODIKI (PAH).....	16
3.8 PLINASTO GORIVO IZ LESNE BIOMASE	17
3.9 SPECIFIČNE EMISIJE CO ₂ PRI RAZLIČNIH GORIVIH.....	17
4 ZGOREVANJE LESNE BIOMASE.....	19
4.1 KEMIČNA ANALIZA GORIV	19
4.1.1 Sestava goriv	20
4.2 STEHIOMETRIJA ZGOREVANJA	22
4.2.1 Stehiometrijski izračun	22
4.2.2 Zgorevanje ogljika	23
4.2.2.1 Popolno zgorevanje ogljika.....	23
4.2.2.2 Nepopolno zgorevanje ogljika	24
4.2.3 Zgorevanje žvepla	24
4.2.4 Zgorevanje vodika	25
4.3 POPOLNO ZGOREVANJE	25
4.4 NEPOPOLNO ZGOREVANJE.....	26
4.5 FAZE ZGOREVANJA	26
4.6 KURILNOST GORIVA	27
4.7 VSEBNOST VLAGE	28

4.8	VSEBNOST PEPELA	30
4.9	PRESEŽEK ZRAKA	30
5	KJOTSKI PROTOKOL.....	32
5.1	UKREPI ZA ZMANJŠANJE TOPLOGREDNIH PLINOV (TP).....	34
5.1.1	V Sloveniji.....	34
5.1.2	V Evropski uniji	34
5.1.3	Združene Države Amerike	35
5.2	DALJINSKO OGREVANJE	35
5.2.1	Primeri daljinskega ogrevanja.....	36
5.2.1.1	Avstrija.....	36
5.2.1.2	Finska	37
5.2.1.3	Švedska	38
5.2.1.4	Slovenija	38
5.3	KRČENJE GOZDOV IMA VELIK VPLIV NA KLIMATSKE SPREMEMBE	39
5.3.1	Travniki in polja	39
5.4	ODSTRANJEVANJE EMISIJ IZ DINMIH PLINOV	40
5.4.1	Odstranjevanje trdnih delcev	40
5.4.2	Zmanjšanje emisij NO_x – primarno kurilno tehnični ukrepi.....	42
6	KAKO INDUSTRIJA VPLIVA NA CO₂	43
7	ZAKONODAJA V SLOVENIJI.....	44
7.1	ZAKONODAJA, KI UREJA EMISIJE IZ KOTLOV NA LESNO BIOMASO.	44
7.2	IZKORIŠČANJE OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE	45
7.3	ODGOVORNA MINISTRSTVA	46
7.3.1	Naloge MOP so vezane na:.....	46
7.3.2	V pristojnosti MG so te relevantne naloge:	47
7.3.3	Naloge MKGP obsegajo:	47
8	PRIMER MERJENJA EMISIJ NA SREDNJE VELIKI NAPRAVI.....	49
8.1	NAMEN MERITEV	49
8.2	METODOLOGIJA MERITEV	49
8.3	IZVEDBA MERITEV, OBRATOVALNE RAZMERE IN POSEBNOSTI.....	51
9	RAZPRAVA IN SKLEPI	NAPAKA! ZAZNAMEK NI DEFINIRAN.
10	POVZETEK.....	54
11	VIRI.....	57
	ZAHVALA	

KAZALO SLIK

Slika 1:	Prikaz kroženja snovi v naravi	4
Slika 2:	Peleti.....	6
Slika 3:	Količina lesnih odpadkov po Sloveniji leta 2004.....	7
Slika 4:	Kotel na polena moči 15–80 kW.....	8
Slika 5:	Tovornjak za dostavo peletov	10
Slika 6:	Kotel na pelete z avtomatsko dozirno napravo.).....	10
Slika 7:	Površina gozda, letni prirastek, posek lesa in proizvodnja drv v Sloveniji (1990, 1995–2005)	12
Slika 8:	Kroženje snovi v naravi.....	15
Slika 9:	Tri faze zgorevanja lesne biomase: segrevanje, sušenje in piroliza (levo) oksidacija plinov (sredina), oksidacija oglja (desno).....	27
Slika 10:	Emisije in koncentracije CO ₂	34
Slika 11:	Shematski prikaz vrečastega filtra.....	41
Slika 12:	Shematični prikaz elektrofiltra	42

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1:	Količine posameznih OVE v EU (1995) in predvidene količine do leta 2010.....	13
Preglednica 2:	Predvideni stroški investicij in koristi strategije povečanja OVE do leta 2010.....	14
Preglednica 3:	Emisije škodljivih snovi za različne energente (kg/MWh).....	16
Preglednica 4:	Specifične emisije različnih goriv; energetska raba, SLO, leto 2004	18
Preglednica 5:	Lesne vrste in količina shranjenega ogljika v kg/m ³	21
Preglednica 6:	volumenskih (φ) in masnih deležev (ω) sestave suhega in vlažnega zraka	22
Preglednica 7:	Kurilne vrednosti različnih drevesnih vrst v primerjavi s kurilnostjo kurilnega olja.....	28
Preglednica 8:	Kurilnost lesa ob različni vlažnosti.....	30
Preglednica 9:	Lestvica 10 največjih svetovnih onesnaževalk z emisijami CO ₂	33
Preglednica 10:	Dokazane rezerve fosilnih goriv	36
Preglednica 11:	Goriva, uporabljena za daljinsko ogrevanje na biomaso.	37
Preglednica 12:	Izbira ogrevalnih sistemov v enodružinski hiši na Finskem.....	38
Preglednica 13:	Meteorološki pogoji v času merjenja.....	51
Preglednica 14:	Meteorološki pogoji v času merjenja.....	51
Preglednica 15:	Rezultati meritev emisije snovi v izpušnem plinu, preračunano na normiran suhi plin.	52
Preglednica 16:	Rezultati meritev emisije snovi v izpušnem plinu, preračunano na normiran suhi plin.	52
Preglednica 17:	Rezultati meritev emisije snovi v izpušnem plinu, preračunano na normiran suhi plin.	52
Preglednica 18:	Rezultati meritev emisije snovi v izpušnem plinu, preračunano na normiran suhi plin.	53
Preglednica 19:	Rezultati meritev emisije snovi v izpušnem plinu, preračunano na normiran suhi plin.	53
Preglednica 20:	Rezultati meritev emisije snovi v izpušnem plinu, preračunano na normiran suhi plin.	53

1 UVOD

V preteklosti je bil obnovljiv vir energije biomasa slabo ali napačno izkoriščen. Energija pridobljena iz obnovljivih virov bi lahko znatno prispevala k pozitivnemu prestrukturiranju pridobivanja primarne energije, omogoči lahko energetske neodvisnost posameznih držav katere potrebe po energiji viri biomase presegajo potrebe. Trenutna struktura pridobivanja primarne energije iz biomase se usmerja predvsem na energente, kot so les in lesni ostanki. V Sloveniji in predvsem na slovenskem podeželju je les tradicionalno pomemben vir energije. Najpomembnejši dejavniki, ki poudarjajo pomen lesnega kuriva na našem podeželju so socialno-ekonomski, pomen za samooskrbe z energijo, potencialni vplivi na skladnejši razvoj ter ohranjanje tradicije.

S hitrim razvojem industrije se je poraba energije povečala, zato se je začelo iskanje novih tehnologij, višjih izkoristkov. Tehnologija, ki je do danes temeljila večinoma na fosilnih gorivih se je začela spreminjati. Nestabilno politično ozračje in vojne v državah, ki imajo fosilna goriva, ki so v različnih oblikah, količini in kakovosti razširjena po svetu so razlogi, ki so pripeljali, do visokega dviga cen goriv. Za prehod na okoljsko čistejše vire pri sprejemanju svoje okoljske politike odloča vse več podjetij. Le-ta se zavedajo, da pri procesu pridobivanja tako energentov kot energije iz fosilnih goriv nemalokrat prihaja do velikega onesnaževanja naravnega okolja in uničevanja naravnih virov.

Zadnje stoletje je bila doba industrijskega razmaha in prevesilo se je v 21. stoletje, ko se začne doba ogljikovega gospodarstva. 16. februarja 2005 je začel, po sedmih letih pričakanj po sprejetju in po skoraj petnajstih letih pogajanj, veljati kjotski protokol. S podpisom protokola se je Slovenija, tako kot ostale države podpisnice zavezala, da bo v obdobju 2008 do 2012 za najmanj 5 % zmanjšala emisije antropogenih toplogrednih plinov (CO, CH, N O, HFC, PFC in SF), glede na stanje oz. emisijske vrednosti pred letom 1990.

Vse članice Evropske Unije in večina držav, ki čakajo na vstop v EU, morajo zmanjšati emisije vseh toplogrednih plinov za 8 % v prvem ciljnem 5-letnem obdobju (2008-2012) glede na izhodiščne emisije toplogrednih plinov TGP iz leta 1986. Slovenija je z ratifikacijo Kjotskega sporazuma sprejela tudi obveznost sodelovanja z organi v okviru kjotskega procesa. Zmanjševanje emisij TGP povezujemo predvsem z dodatnimi ukrepi v energetiki (pri rabi in pretvarjanju energije) in v prometu ter s strategijo ravnanja z gozdovi.

2 RAZVRŠČANJE IN SESTAVA GORIV

Goriva razvrščamo po nastanku, agregatnem stanju, izvoru in obnovljivosti.

2.1 PO NASTANKU JIH LOČIMO NA:

- ◆ **Obnovljiva** goriva; npr. les;
- ◆ **Fosilna** goriva, ki so nastala v zemlji iz primarnih goriv v daljšem geološkem obdobju z biokemičnimi in geokemičnimi procesi pod vplivom visoke temperature in tlaka brez zraka (premog, nafta)

2.2 GLEDE NA AGREGATNO STANJE

- ◆ **trda goriva** – les, premog, koks;
- ◆ **tekoča goriva** – nafta, bencin, kurilno olje;
- ◆ **plinasta goriva** – zemeljski plin, tekoči naftni plin, acetilen.

2.3 RAZDELITEV GORIV PO IZVORU

- ◆ **naravna goriva** – les, premog, nafta, zemeljski plin;
- ◆ **umetna goriva** – oglje, koks, bencin, kurilno olje, generatorski plin.

Vse pomembnejša tema energetskih razgovorov pa razdeli goriva na:

- ◆ **neobnovljive vire** – premog, nafta in zemeljski plin;
- ◆ in vedno bolj aktualne **obnovljive ali alternativne** viri – sončna energija, energija vetra, energija valovanja in lesna biomasa.

3 ZNAČILNOSTI BIOMASE

3.1 KAJ JE BIOMASA?

Z besedo biomasa označujemo obnovljive vire energije, ki so predvsem rastlinskega izvora. Sem prištevamo les, lesne sekance in palete, slamo, hitro rastoče energijske rastline, poljedelske odpadke, žita, pridelke...

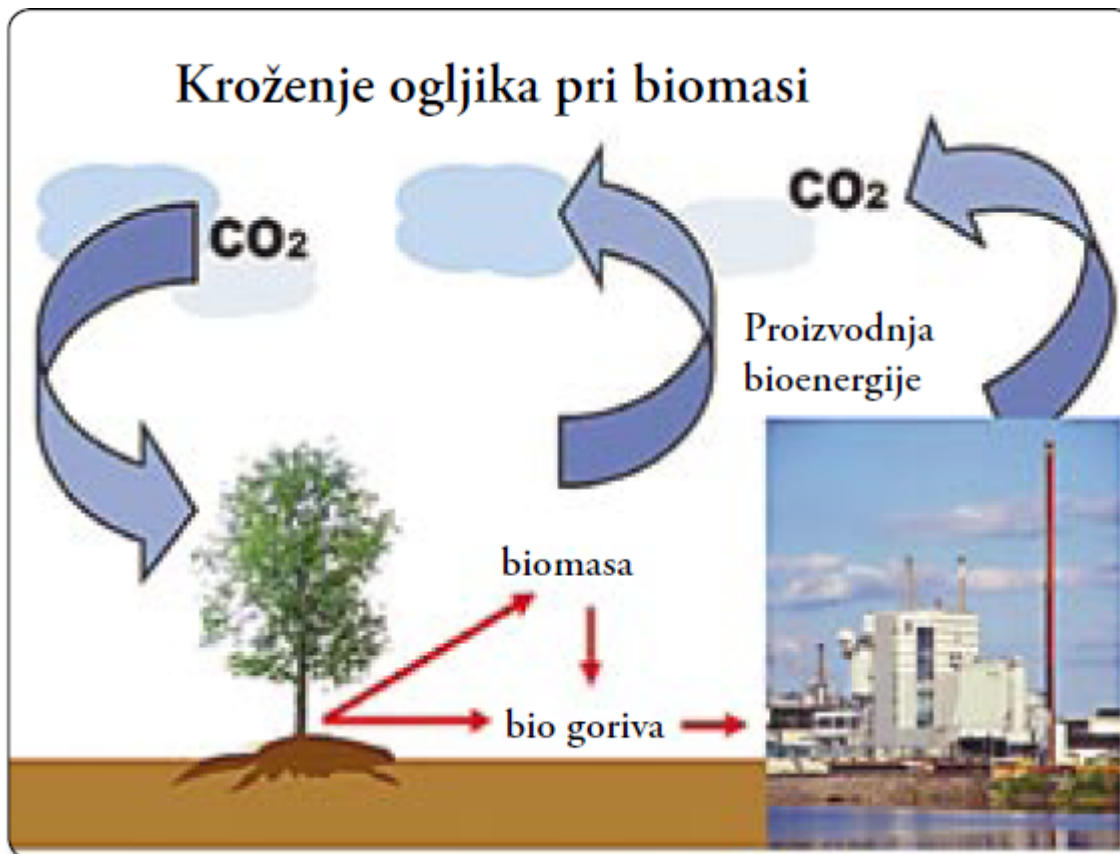
S pojavom naftne krize in ob spoznanju, da je količina fosilnih goriv omejena, ter ob večji zavesti, da je onesnaževanje okolja zaradi pridobivanja energije postalo že zelo nevarno za človeštvo, je večja pozornost ponovno posvečena lesu kot viru energije. Uporaba lesa in sploh biomase je okolju prijazna. Ta prednost je očitna, če primerjamo emisije ogljikovega dioksida (CO₂) pri zgorevanju biomase in fosilnih goriv. Pri zgorevanju fosilnih goriv se ogljikov dioksid, ki se je v njih skladiščil milijone let sprosti v zelo kratkem času, medtem ko je pri zgorevanju biomase sproščanje ogljikovega dioksida nevtralnno. Drevesa namreč pri rasti črpajo CO₂ iz zraka in namesto njega vračajo v atmosfero kisik. Pri zgorevanju lesa poteka reakcija med uskladiščenim ogljikom in kisikom iz zraka. Kot eden od produktov zgorevanja se spet sprošča ogljikov dioksid, količina sproščenega CO₂ pri zgorevanju pa je enaka količini, ki bi se sprostila pri naravnem razkroju lesa.

Pomena emisij CO₂ se zavedamo šele v zadnjem času, saj ima ta sicer nestrupen plin zelo velik vpliv na učinek tople grede in posledično globalno segrevanje ozračja. Je pa res, da zgolj z uporabo biomase tega problema ni mogoče v celoti rešiti, lahko pa je eden od temeljev za njegovo omilitev.

Pri pravilnem kurjenju z lesom, ki praktično ne vsebuje žvepla, ne onesnažujemo zraka. Je domač vir energije, ki je vedno na razpolago in je tako neodvisen od različnih energetske kriz. Pomembno je tudi to, da se izboljšuje vzdrževanje gozdov. Proizvodnja lesa nudi lahko tudi novo perspektivo za marsikatero slovensko kmetijo in odpira nova delovna mesta, še posebej na bolj oddaljenih področjih, saj pri predelavi lesa ostane približno 35 % vhodne surovine kot odpadki, ki ga je mogoče koristno uporabiti.

Na zemlji je najbolj uspešna živalska vrsta *Euphausia superba*, katere biomasa je ocenjena na okoli 500 milijonov ton, človeška vrsta obsega komaj 480 milijonov ton – 0,33 % celotne zemeljske biomase, domače živali 700 milijonov ton (1 %), ptiči okoli 2 milijardi (2,7 %), skupna biomasa na zemlji je ocenjena na 75 milijard ton.

Ogljik v organskih snoveh se pretvarja v ogljikov dioksid s pomočjo mikroorganizmov. Pri fotosintezi se ogljik v obliki ogljikovega dioksida vgrajuje v rastline, del pa se ga zaradi respiracije rastlin vrne v anorgansko obliko. Ostanek ogljika ostane kot neživa organska snov v zemlji ali pa ga asimilirajo živali.



Slika 1: Prikaz kroženja CO₂ v naravi (Bratkovič in Irdl 2006. Energy in minds)

3.2 OBLIKE LESNE BIOMASE

3.2.1 Polena

Polena so razžagani in razcepljeni kosi lesa, dolgi od 30 cm – 50 cm, ki jih pridobivamo neposredno iz okroglega lesa slabše kakovosti ali iz predhodno izdelanih metrskih okroglic ali cepanic. So tradicionalna oblika lesnega goriva.

3.2.2 Cepanice

Cepanice so 1m dolgi kosi lesa, ki jih pridobivamo iz okroglega lesa slabše kakovosti s premerom nad 10 cm.

3.2.3 Sekanci

Sekanci so kosi sekanega lesa, veliki do 10 cm. Običajno sekance izdelujemo iz drobnega lesa (les z majhnim premerom: npr. droben les iz redčenja gozdov, veje, krošnje), lesa slabše kakovosti ali iz lesnih ostankov. Kakovost sekancev je odvisna od kakovosti vhodne surovine in tehnologije drobljenja. Velikost sekancev se prilagaja kurilni napravi. V praksi les vrednotimo po prostornini in ne po masi, zato uporabljamo pri merjenju prostornine sekancev enoto nasuti meter (m^3). V enem nasutem kubičnem metru (m^3) je približno od 200 kg do 300 kg sekancev, odvisno od vrste lesa, velikosti in homogenosti kosov in vlage

3.2.4 Peleti

Peleti so stiskanci, narejeni iz čistega lesa. Proizvajajo se industrijsko s stiskanjem suhega lesnega prahu in žaganja. So valjaste oblike premera 8 mm in dolžine do 50 mm. V postopku izdelave se uporablja zgolj visokotlačna para. Za izboljšanje mehanske trdnosti se jim lahko doda še 1-3 % krompirjevega ali koruznega škroba. Lesni prah se stiska v stiskalnicah (peletirkah) pod velikim tlakom in pri povečani temperaturi. S tem se zmanjša vsebnost vode in prostornina, poveča pa se gostota. Zaradi večje gostote imajo višjo kurilno vrednost in sicer 4,9 kWh/kg (Ekstra lahko kurilno olje - ELKO 9,7kWh/l).

Peleti so zelo sipki in zato enostavnejši za pakiranje in transportiranje. V Avstriji, Nemčiji in še v nekaterih evropskih državah poteka transport lesnih peletov do uporabnikov v cisternah. Taka oblika transporta je za uporabnika prijazna, proizvajalci in transportna podjetja pa zagotavljajo hitrost in rednost dobave (kot pri kurilnem olju). Za manjše uporabnike (za kamine, sobne peči) so peleti pakirani v 10 kg ali 15 kg vrečah, ki so naprodaj v trgovinah. Proizvajalci peletov ponujajo tudi pakiranje v embalažah "Big bag" (1 – 1,5 m^3 pelet). Zaradi teže in velikosti in s tem povezanim transportom je ta embalaža primerna predvsem za transport peletov do trgovcev na drobno.

Ker lahko lesna biomasa za peletiranje vsebuje največ 17 % vlage, je potrebno surovine pred mletjem posušiti, oziroma uporabiti primerno suho lesno biomaso. Prevelika vsebnost vlage v vhodni surovini onemogoča kompaktnost končnega izdelka. Peleti s povečano vsebnostjo vlage so bolj drobljivi (nastaja prah) in ob daljšem skladiščenju plesnijo.

3.2.4.1 Tehnologija izdelave peletov

Tehnologija proizvodnje peletov v osnovi sestoji iz najmanj treh faz in sicer:

- ◆ Mletje vhodnega materiala

- ◆ Iztiskanje materiala skozi matrico
- ◆ Hlajenje končnih produktov

Največji proizvajalci peletov na svetu:

- ZDA 600.000 ton letno
- Švedska 550.000 ton letno
- Danska 130.000 ton letno
- Finska 64.000 ton letno
- Avstrija 45.000 ton letno



Slika 2: Peleti (Lesna biomasa – neizkoriščeni domači vir energije 2009)

Peleti so nova oblika lesne biomase, ki ima niz tehnoloških prednosti pred drugimi oblikami. V prihodnosti bodo lahko prav peleti domači vir obnovljive energije, ki bo v urbanih naseljih zamenjala fosilna goriva

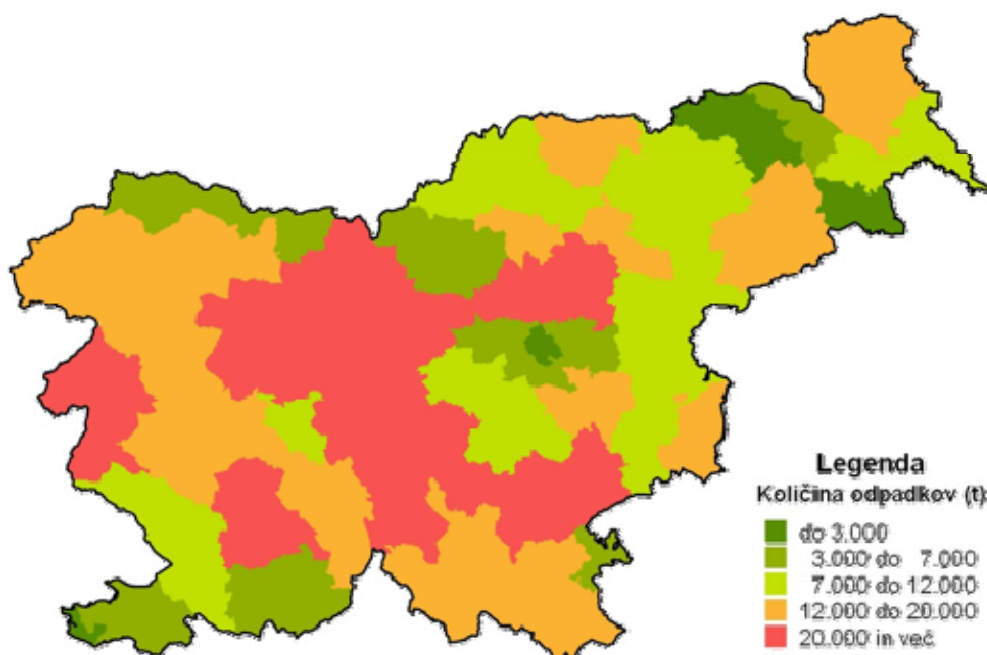
3.2.5 Briketi

Briketi so večji stiskanci, ki so narejeni s stiskanjem lubja, suhega lesnega prahu, žaganja, oblacev ter drugih neonesnaženih lesnih ostankov. So različnih oblik. V postopku izdelave

se uporablja zgolj visokotlačna para. Lesni briketi so posebej primerni za majhna oz. redko kurjena ognjišča, kot so kamini, savne in lončene peči.

3.2.6 Lesni ostanki

Na Gozdarskem inštitutu so v letu 2004 izvedli obširno anketiranje lesnopredelovanih obratov. Glavni namen anketiranja je bil zbrati podatke o razpoložljivih količinah lesnih ostankov v Sloveniji. Skupna količina lesnih ostankov je bila izračunana iz vrnjenih vprašalnikov (N=360). Ocenjujemo, da je v Sloveniji letno nekaj več kot 850.000 t lesnih ostankov. Če upoštevamo še delež lesnih ostankov, ki ga uporabijo podjetja sama za pokrivanje svojih potreb po energiji, potem je trenutno letno na razpolago še **510.000 T.** lesnih ostankov. Med njimi prevladujejo nekontaminirani kosovni ostanki, sledi žagovina, ostalo je lesni prah in druge oblike lesnih ostankov.



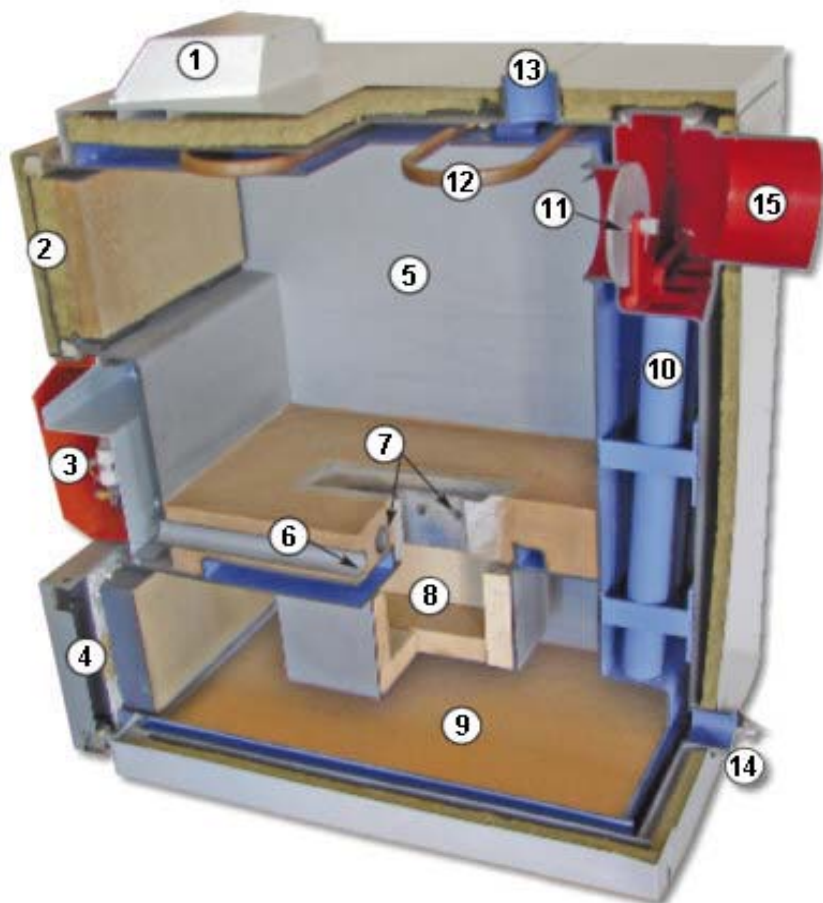
Slika 3: Količina lesnih odpadkov po Sloveniji leta 2004 (Ministrstvo za okolje in prostor 2007)

3.3 KURILNE NAPRAVE NA LESNO BIOMASO

3.3.1 Peč na polena

Sodobni kotli na polena omogočajo zelo dobre izkoristke oziroma zgorevanje, sistem avtomatskega vstavljanja polen v kurišče pa omogoča celodnevno neprekinjeno delovanje peči. Zaradi stopenjskega izgorevanja lesa se peči na polena težje prilagajajo sprotnim zahtevam za reguliranje toplotne moči. Potrebujemo hranilnik tople vode, kar zavzame veliko

prostora. Dodatna avtomatika preusmerja v hranilnik višek toplote, ki jo črpamo v času, ko v peči ne gori več. Pri takšnem sistemu običajno zadostuje nalaganje drv v peč enkrat dnevno. Za doseganje dobre kakovosti drv je potrebno dvoletno skladiščenje v suhem prostoru, s čimer znižamo vsebnost vlage pod 20 %. Ob nakupu kotla na polena je potrebno upoštevati naslednje: Za vsak kW moči, ki ga odda kotel na polena potrebujete med 70 l in 100 l vode v zalogovniku, po regulativi EU pa ne manj kot 55 l na kW kotla na polena.



Slika 4: Kotel na polena moči 15–80 kW (Ogrevanje s sodobnimi kotli na lesno biomaso 2009)

Oznake na sliki 4 imajo naslednji pomen:

1. **Regulacija AK2000 in programje AK20006D**, enostavno krmiljenje z regulacijo izpusta dimnih plinov
2. **Polnilna vrata** z odprtino za polnjenje
3. **Regulacija izgorevanja** s šobo za kontrolirano stopenjsko gorenje polen.
4. **Spodnja vrata** za čiščenje ostankov pepela iz peči.
5. **Komora gorišča** - glede na moč kotla oblikovana komora.
6. **Primarni zračni kanal** - pri polnjenju peči z ogretim zrakom zmanjšujemo temperaturo dimnih plinov.
7. **Keramična šoba in sekundarni zračni kanal** zagotavljata kvalitetno izgorevanje in usmerjeno izgorevanje polen.

8. **Izgorevalna komora** - visoko temperaturno odporna šamotna komora za dokončno zgorevanje ostankov polen.
9. **Zbiralnik pepela.**
10. **Izmenjevalec toplote dimnih plinov** - omogoča maksimalno izrabo toplote dimnih plinov, z oddajo le-te dovodu vode v kotel.
11. **Loputa komore** – Pri nalaganju peči preprečuje izhod dimnih plinov v prostor.
12. **Varnostni izmenjevalnik toplote** – V primeru pregretja uravnava in odvaja odvečno toploto v kotlu.
13. **Odvod vroče vode iz kotla**
14. **Dovod hladne vode v kotel**
15. **Odvod dimnih plinov**

3.3.2 Peč na sekance

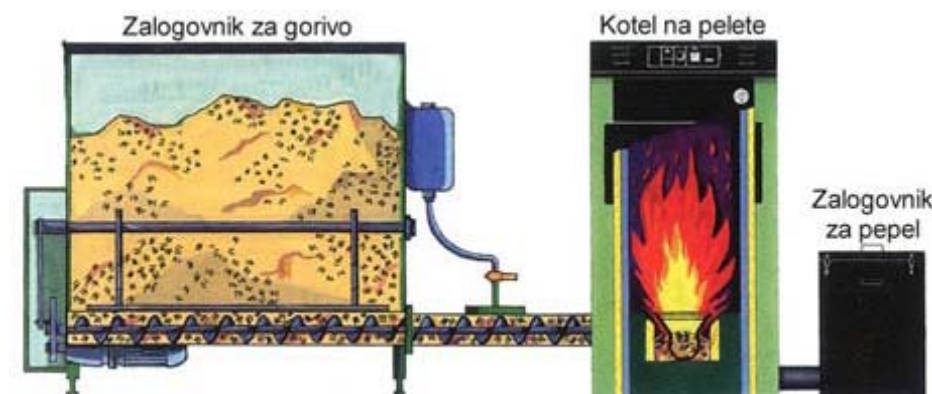
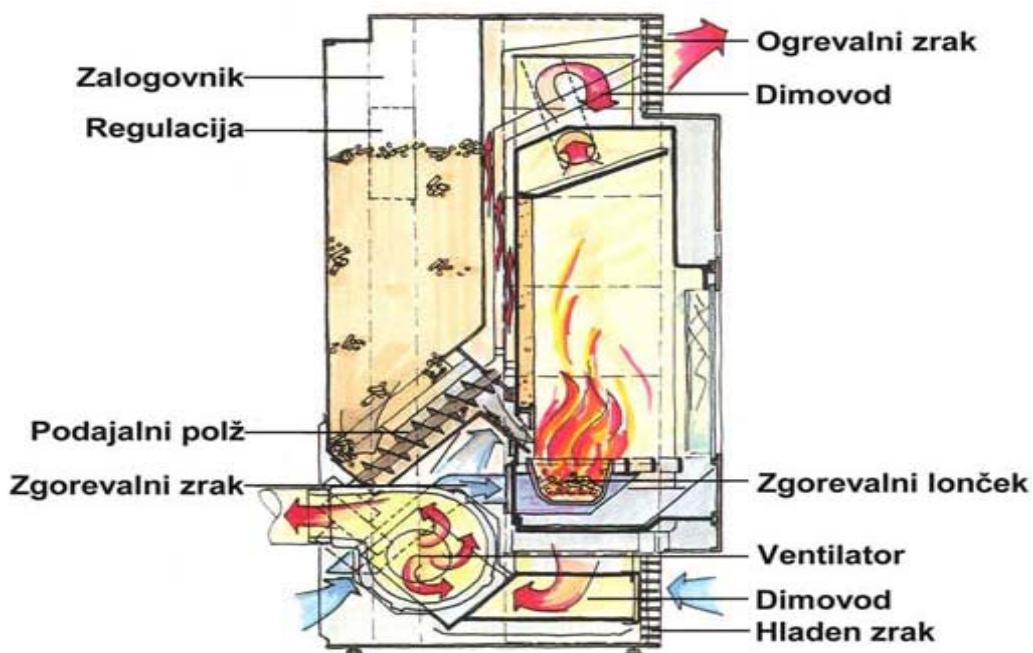
Lesni sekanci so strojno drobljen les za samodejno obratovanje sodobnih peči, ki omogočajo boljše in hitrejše uplinjenje lesa. Peč za kurjenje s sekanci je praktična, saj skoraj vse, vključno s čiščenjem kotla, poteka avtomatsko. Zalogovnik je pri peči za kurjenje s sekanci treba napolniti le na vsakih nekaj tednov. Najnovejši sistemi delujejo z elektronsko regulacijo, ki nadzoruje tako zgorevanje, kakor tudi razdelitev toplote. Kotel je opremljen tudi z varnostnim sistemom, ki preprečuje gorenje v smeri zalogovnika za sekance. Z neprekinjenim dovodom goriva in nadzorovanim dotokom zraka se trajno zagotovi visok izkoristek in prilagajanje procesa zgorevanja dejanskim potrebam po toploti. Največja slabost lesnih sekancev je, da tako skladišče kot zalogovnik zahtevata veliko prostora (precej več kot kotli na plin ali kurilno olje), zato se v zadnjem času v enodružinskih hišah bolj uveljavljajo lesni peleti, ki so ne le veliko bolj kompaktni od sekancev, temveč tudi veliko bolj homogeno gorivo.

3.3.3 Peč na pelete

Kotel na pelete deluje podobno kot kotel na lesne sekance. V primerjavi s sekanci ta tehnologija zahteva približno štirikrat manj prostora za skladiščenje, kar je bolj udobno za uporabo. Kurjenje s peleti je možno že v pečeh z močjo od 5 kW naprej in so torej razen za centralno ogrevanje primerni tudi za ogrevanje posameznih prostorov ali etaž.



Slika 5: Tovornjak za dostavo peletov (Ogrevanje s sodobnimi kotli na lesno biomaso 2009)



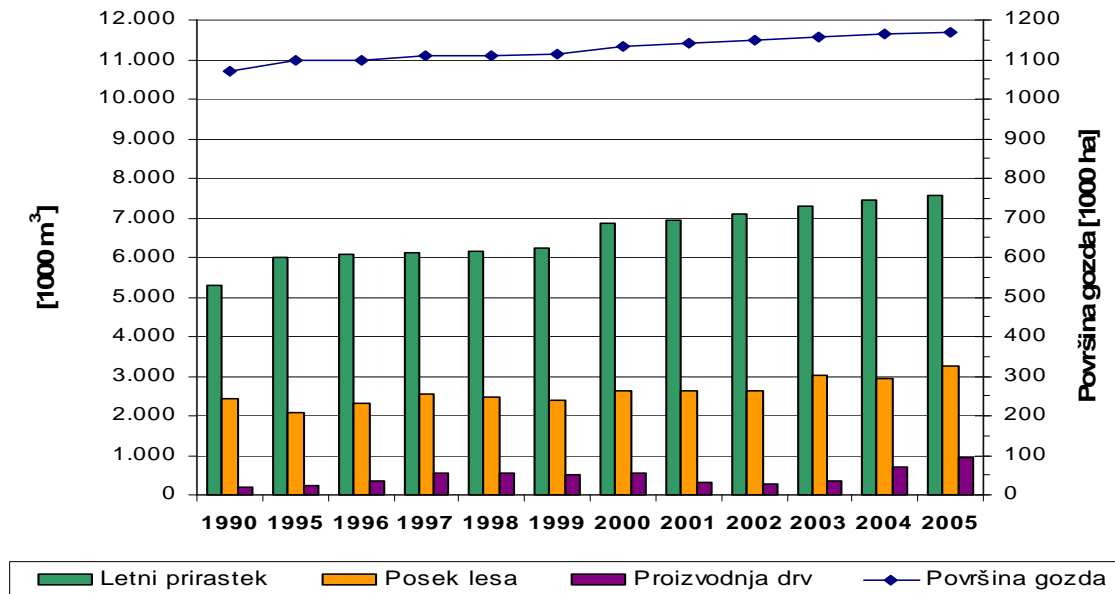
Slika 6: Kotel na pelete z avtomatsko dozirno napravo. (Ogrevanje s sodobnimi kotli na lesno biomaso 2009)

3.4 BIOMASA V SVETU IN PRI NAS

Uradni podatki organizacije FAO (Food and Agricultural Organisation) pri Združenih narodih se precej razlikujejo od raziskovalnih podatkov posameznih držav. Ocenjujejo, da znaša delež biomase približno 13 % celotne primarne energije v svetu oz. 50 EJ (Eksa= 10^{18}) na leto. V kmečkem okolju velik del biomase pretežno porabijo zunaj trga, zato je vloga biomase v globalni ekonomiji precej nepoznana. V državah v razvoju, kjer živi skoraj $\frac{3}{4}$ celotne zemeljske populacije, predstavlja biomasa prevladujoč vir energije (33 %), v posameznih državah pa dosega celo 80 % – 90 % delež. V razvitih državah je delež uporabe biomase manjši, v povprečju samo 3 %, pri čemer so tudi izjeme, kot npr. Finska z 21 % ter Švedska z 17 % deležem biomase v nacionalni energetske bilanci.

Ker Slovenija razpolaga z zelo malo viri fosilnih goriv, je les največje narodno in energetsko bogastvo. Gozdne površine v državi se povečujejo že od leta 1875, ko je bila zabeležena komaj 36 % gozdnatost ozemlja današnje Slovenije. Trend zaraščanja z gozdnimi površinami pa se še vedno nadaljuje na odmaknjenih in kmetijsko manj primernih zemljiščih. Z izdelavo novih gozdnogospodarskih načrtov gospodarskih enot leta 2005, je bilo še vedno zabeleženo povečanje površin gozdov. Uradni statistični podatki kažejo, da je letni prirast površin, pokritih z gozdovi v Sloveniji približno 5500 ha in se je od leta 1986 povečal za 105000 ha. Lesna zaloga gozdov se je v obdobju od leta 1960 do 2003 povečala za 102 %, to pa pomeni 2,37 % povprečno letno rast. Povečevanje lesne zaloge v gozdovih je posledica načrtnega gospodarjenja z gozdovi, delno pa tudi spremembe metodologije za določanje lesnih zalog v gozdovih. Tako spada Slovenija danes med najbolj gozdnate države v Evropi saj z 1.173.847 ha gozdov pokriva več kot polovico površine države, kar pomeni 57,9 % gozdnatost. Pretežni del slovenskih gozdov je v območju bukovih, jelovo-bukovih in bukovo-hrastovih gozdov (70 %), ki imajo razmeroma veliko proizvodno sposobnost.

Kljub temu, da se je posek gozda v zadnjih 10 letih povečeval in je po gozdno gospodarskih načrtih za obdobje 2001–2010 znašal najvišji možni posek 4.050.000 m³/leto, ta še vedno dosega le največ 75 % najvišjega možnega poseka v gozdovih. To pomeni, da se je v celotnem obdobju povečal le za 60 % oziroma za dobrih 1.200.000 m³. Posledica povečanja prirastka in lesnih zalog pa je poleg dejanskega povečanja na enoto površine, tudi zaraščanje kmetijskih površin z gozdovi in sprememba metodologije za določanje vrednosti.



Slika 7: Površina gozda, letni prirastek, posek lesa in proizvodnja drv v Sloveniji (1990, 1995–2005) (SURSTAT 2007)

3.5 DELEŽ LESNE BIOMASE V ENERGETSKI BILANCI

Letna raba primarne energije v Sloveniji je 250 PJ. Za energetske namene se porabi 1,2 mio m³ lesne biomase, kar predstavlja 4,5 % celotne primarne energije.

(Žerjav in Petač 2001, str. 14)

Trenutno 25 % svetovne populacije porabi 80 % vse energije. Več kot 60 % potrebne primarne energije proizvedejo iz fosilnih goriv, skoraj 20 % je vodne energije, ostali obnovljivi viri pa prispevajo le nekaj %. V prihodnosti naj bi se delež obnovljivih virov povečal na 20 %. Za tako veliko povečanje so potrebni številni ukrepi.

Svetovni energijski svet (World Energy Council) je v svoji publikaciji »Energy for tomorrow« napovedal (1994), da bodo svetovne potrebe po energiji narasle iz 8,86 Gtoe v letu 1990 na 11 do 17 Gtoe v letu 2020. Obnovljivi viri naj bi po njihovih projekcijah prispevali 20 % celotne preskrbe s primarno energijo. V mnogih deželah bo obseg uvedbe novih – obnovljivih virov odvisen od podpore vlad. Brez vladne podpore bodo novi – obnovljivi viri energije prispevali le 5 % preskrbe z primarno energijo (v letu 2020). Komisija Evropske unije je leta 1997 sprejela Belo knjigo v kateri so zapisane glavne usmeritve za pospeševanje in učinkovitejše uveljavljanje obnovljivih virov energije, ki trenutno predstavljajo le 5,3 % v skupni rabi energije v Evropski uniji. Ta delež naj bi se do leta 2010 povečal na 12,5 %. Povečanje deleža obnovljivih virov naj bi pozitivno vplivalo na samooskrbo z energijo, na zmanjšanje emisij CO₂, na zaposlovanje, zmanjšali naj bi se

stroški za goriva. Politika pospeševanja izrabe obnovljivih virov energije naj bi vplivala, spremenila in povezala številne skupne politike EU kot so: energetika, varstvo okolja, zaposlovanje, takse, raziskovanje, tehnološki razvoj, kmetijstvo, regionalni razvoj ter razvoj podeželja.

Med obnovljive vire energije (OVE) v EU prispevajo v primarni energiji največji delež velike hidroelektrarne, ki pa so v prihodnosti zaradi velikih posegov v okolje nesprejemljive. V prihodnje naj bi največji delež k povečanju prispevala biomasa (90 Mtoe ali 70 % povečanja), kar predstavlja potrojitev trenutne izrabe. S 40 GW naj bi veter prispeval drugi največji delež. Na tretjem mestu naj bi bili sončni kolektorji z 100 milijoni m² novih površin. Hidro energija bo sicer ostala drugi najpomembnejši OVE vendar z zelo majhnim povečanjem v prihodnosti (le za 13 GW)

Preglednica 1: Količine posameznih OVE v EU (1995) in predvidene količine do leta 2010 (Obnovljivi viri energije 2009)

Vrsta energije	Količine obnovljivih virov v EU (1995)	Predvidene količine do leta 2010	Indeks povečanja
1. Veter	2,5 GW	40 GW	16
2. Voda	92 GW	105 GW	1,1
velike elektrarne	82,5 GW	91GW	0,01
male elektrarne	9,5 GW	14 GW	1,5
3. Fotovoltaične celice	0,03 GW	3 GW	100
4. Biomasa	44,8 Mtoe	135 Mtoe	3
5. Geotermična			
Elektrika	0,5 GW	1 GW	2
toplota	1,3 GW	5 GW	3,8
6. Sončni kolektorji	6,5 milijonov m ²	100 milijon m ²	15,3
7. Pasivna sončna energija		35 Mtoe	-
8. Druge		1 GW	-

3.5.1 Stroški in prednosti povečane rabe OVE do leta 2010

Povečana raba OVE naj bi do leta 2010 pripomogla k

- ◆ Ustvarjanju novih delovnih mest (po projekciji v Beli knjigi naj bi do leta 2010 pridobili od 500000 do 800000 novih delovnih mest)
- ◆ Zmanjšanju stroškov za goriva (3 milijarde /leto)
- ◆ Zmanjšanju uvoza energije (17,3 % manjši uvoz)
- ◆ Zmanjšanju emisij CO₂ (402 milijonov ton/leto)

Preglednica 2: Predvideni stroški investicij in koristi strategije povečanja OVE do leta 2010 (KRAJNC 2003)

Stroški investicij	Vse vrednosti so v EUR
Skupna vrednost investicij v energetske sektor	249 milijard
Skupna vrednost investicij v OVE predvidena v akcijskem programu	165 milijard
Neto vrednost investicij v OVE predvidena v akcijskem programu	95 milijard
Povečanje investicij v energetske sektor	29,7 %
Prednosti oziroma koristi	
Nova delovna mesta do 2010	od 500.000 do 800.000
Zmanjšani letni stroški za goriva	3 milijarde
Skupno zmanjšanje stroškov goriv (od 1997 do 2010)	21 milijard
Zmanjšanje uvoza energije (glede na leto 1994)	17,40 %
Redukcija emisij CO ₂ (glede na leto 1997)	do 402 t/leto
Letne koristi od zmanjšanja emisij CO ₂	od 5 do 45 milijard

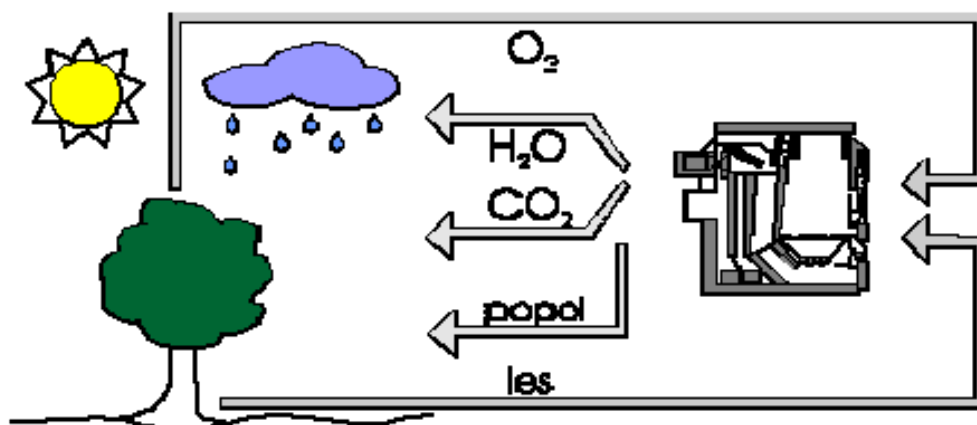
3.6 BIOMASA IN OGLJIKOV DIOKSID

Les je CO₂ nevtralen: pri izogrevanju lesa se v ozračje spušča ogljik, ki je del naravnega kroženja ogljika, pri izogrevanju fosilnih goriv pa se sprošča ogljik, ki je bil vezan v fosilna goriva pred milijoni let.

V primeru, da biomase ne uporabimo za energetske namene s sežiganjem, bi se ta naravno razgradila in ob tem v zrak oddala toplogredne pline. Pri naravnem razkroju ali sežiganju lesne biomase se sproščajo toplogredni plini, ki so tako del naravnega kroženja ogljika v atmosferi in so v ravnovesju s sposobnostmi gozdov za absorpcijo CO₂. Sposobnost zelenih rastlin je, da preko fotosinteze ogljikov dioksid razgradijo v kisik in ogljik. Celoten postopek fotosinteze je predstavljen v enačbi:



Pri gorenju ali razkroju biomase poteka fotosintezi inverzen proces, pri čemer se ob porabi kisika in oddajanju CO₂ sprošča shranjena energija v obliki toplote. Delež CO₂ v atmosferi se z uporabo fosilnih goriv nenehno povečuje (za približno 5 milijard ton na leto), kar vodi do učinka tople grede. Še pred nedavnim je prihajalo tudi do negospodarnega upravljanja z biomaso, saj so bili biomasni ostanki brez kakršnekoli vrednosti ali so celo predstavljali strošek. Prihajalo je do nesmiselnih uničevanj gozdov s požiganjem in pospešenega povečanja količine CO₂ v atmosferi. Lesno biomaso se lahko uporablja tako materialno kot energetsko, pri čemer ob materialni uporabi biomase ostaja CO₂ vezan dalj časa.



Slika 8: Kroženje snovi v naravi (Ogrevanje z lesno biomaso 2009)

3.6.1 Vpliv na okolje

Tudi les ni okolju popolnoma neškodljivo gorivo, vendar lahko škodljive emisije, ki se sproščajo pri gorenju z ustrezno tehnologijo zmanjšamo. Pri popolnem zgorevanju nastajata CO₂ in vodna para. Ker les vsebuje le majhno količino žvepla so emisije SO₂ nizke, še posebej ker se 90 % žvepla izloči v pepelu.

Zaradi nepopolnega zgorevanja nastajajo emisije škodljivih snovi kot so: ogljikov monoksid CO, dušikovi oksidi NO_x – i, raznei ogljikovodiki (C_xH_y) ter majhne količine težkih kovin (Hg, Pb, Cu, Zn, Cr;As...) ki jih vsebuje les. NO_x – i nastajajo ob vezavi dušika iz zraka ali dušika, ki je kemično vezan v lesu s kisikom pri temperaturah zgorevanja med 1300 °C in 1400 °C. Pri nepopolnem zgorevanju nastajajo tudi policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH). Les zgoreva pri temperaturah 800-1100C, zato emisije NO_x – ov običajno ne presegajo 150mg/m³. Emisija NO_x- a je manjša kot pri fosilnih gorivih.

Z razliko od fosilnih goriv, ki so ogljikov dioksid vezala že pred milijoni let, ob gorenju pa se sproščajo sedaj, se CO₂ pri gorenju biomase veže v nove rastline. Zaključen krog CO₂ pri sežiganju biomase ne prispeva k porastu CO₂ v atmosfero, zato pravimo, da je uporaba biomase glede toplogrednih plinov emisijsko nevtralna dokler je poraba enaka prirastku.

Preglednica 3: Emisije škodljivih snovi za različne energente (kg/MWh) (Daljinsko ogrevanje na lesno biomaso 1999)

Energent	NO _x	SO ₂	CO ₂	Delci
Premog	1,30	3,67	338	3,96
Kurilno olje	0,90	4,75	270	0,18
Zemeljski plin	0,68	0,00	202	0,00
Les	0.36	0,18	0*	0,36

3.7 POLICIKLIČNI AROMATSKI OGLJIKOVODIKI (PAH)

Policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH) so organske spojine sestavljene iz dveh ali več aromatskih obročev. Nekateri PAH so zelo obstojni, nekateri pa občutljivi na svetlobo in so podvrženi fotodegradaciji. So topni v maščobah in se nahajajo v nafti, premogu in katranu, nastajajo pa tudi kot stranski produkt pri nepopolnem izgorevanju biomase (npr. les, tobak, razna kadila) in fosilnih goriv ter v živilih (predvsem mastnem mesu) med pripravljanjem pri

visoki temperaturi (npr. pečenje na žaru) razgradnji maščob in pri nekaterih tradicionalnih postopkih dimljenja živil.

3.8 PLINASTO GORIVO IZ LESNE BIOMASE

Toplota se lahko pridobi sorazmerno enostavno s sežiganjem lesa in lesnih ostankov, vendar se izkaže, da ima v današnjih razmerah tak starodavni način pridobivanja toplote kar nekaj slabosti. Lesna biomasa v katerikoli obliki potrebuje na enoto svoje kurilnosti velike volumne, torej veliko prostora za skladiščenje, naprave za kontinuirno doziranje in transport pa so tudi sorazmerno drage. Razvoj postopkov s katerimi bi iz lesne biomase pridobili ceneno plinasto gorivo, ki se lahko uporabljajta na enak način in z enakimi napravami kot fosilna, plinasta goriva bi vsekakor pospešilo posredno uporabo lesne biomase za ogrevanje družinskih hiš in tudi večjih objektov.

3.9 SPECIFIČNE EMISIJE CO₂ PRI RAZLIČNIH GORIVIH

Goriva se med seboj razlikujejo tudi po emisijah ogljikovega dioksida. Lignit emitira kar 80 % večjo količino CO₂ z upoštevanjem energijske vrednosti kot zemeljski plin. Emisija CO₂ pri gorenju lesa so velike, če bi les ne bil obnovljivi vir energije.

Preglednica 4: Specifične emisije različnih goriv; energetska raba, SLO, leto 2004 (Letna energetska statistika 2004)

Gorivo	Emisije	Emisije	TJ	GJ	Količina proizvedene emisije CO ₂ v Sloveniji v kg	Količina C v emisijah CO ₂ v Sloveniji v kg	potrebna količina letnega prirastka za ponor v 1000 m ³ lesa
	[kgCO ₂ /kWh]	[kgCO ₂ /GJ]					
Les	0,39	109,6	2.761	2.761.000	302.605.600	82.528.800	330
Lignit	0,36	101,2	1.454	1.454.000	147.144.800	40.130.400	161
Črni premog	0,34	94,6	1.914	1.914.000	181.064.400	49.381.200	198
Kurilno olje	0,28	77,4	4.484	4.484.000	347.061.600	94.653.164	379
Dizel	0,27	74,1	1.830	1.830.000	135.603.000	36.982.636	148
Tekoči naftni plin	0,23	63,1	904	904.000	57.042.400	15.557.018	62
Zemeljski plin	0,2	56,1	21.416	21.416.000	1.201.437.600	327.664.800	1,311
Skupaj			34.763	34.763.000	2.371.959.400	646.898.018	2,588

Obrazložitev preglednice 4: V letu 2004 se je v Sloveniji (brez prometa) porabilo skušaj 34763 TJ okolju neprijazne energije. Količina proizvedene energije povzroči izpust okoli 2,4 Gt CO₂ oziroma okoli 647 Mt ogljika. Za ponor navedene količine CO₂ je potreben minimalni letni prirastek 2.588.000 m³ lesa, kar je okoli 35 % letnega prirastka v Sloveniji. V izračun niso vzeta goriva za pogon in druga onesnaževala organskega izvora.

4 ZGOREVANJE LESNE BIOMASE

Učinkovito in popolno zgorevanje je prvi pogoj za uporabo goriva kot okolju prijaznega. Poleg visokega izkoristka mora proces zgorevanja zagotavljati popolno odgorevanje lesne biomase. Za kakovostno zgorevanje mora biti zagotovljena ustrezna mešanica goriva in zraka (kisika) z možnostjo nadzora, hkrati pa mora zgorevalni proces (plamen) v kurišču del svoje toplote prenesti na gorivo zaradi zagotavljanja neprekinjenega zgorevanja. Pri tem hlapne substance zgorevajo v obliki plamena, trdni delci pa žarijo. Pri zgorevanju lesne biomase se okoli 80 % energije sprosti z gorenjem hlapljivih substanc goriva, preostali del pa z žarenjem. V zgorevalnem prostoru je potrebno zagotoviti kakovostno mešanje kisika z gorljivimi substancami goriva. Boljše kot je mešanje goriva in zraka, hitrejša in popolnejša je zgorevanje. Če je gorivo v obliki plina (zemeljski plin) lahko pripravimo optimalno mešanico, saj dva plina lahko zmešamo v točno določenem razmerju. Zgorevanje je zato zelo dobro. Za enako zgorevanje lesne biomase bi jo morali zmleti v prah, kar bi zagotovilo dobro mešanje in s tem gorenje, podobno plinastim gorivom ali kurilnega olja. Proizvodnja lesnega prahu je zaradi posebnih tehničnih zahtev relativno draga kar omejuje uporabo takega načina zgorevanja lesne biomase.

4.1 KEMIČNA ANALIZA GORIV

Pri stehiometrijskem računanju zgorevanja spremljamo le procese oksidacije aktivnih snovi v gorivu. Kemijsko delovanje goriva je odvisno od njegove aktivne mase. Če hočemo predvideti potek reakcij, moramo najprej poznati koncentracije snovi v gorivu, ki lahko sodelujejo v procesu zgorevanja. Zato je za gorivo treba najprej ugotoviti njegovo kemično sestavo. Pri kemični analizi trdnih in tekočih goriv se določa koncentracija posameznih izbranih elementov v gorivu. Kemična analiza goriv je kvantitativna analiza pri kateri določamo sestavine in deleže sestavin, ki so pomembni za analizo procesa zgorevanja izbranega goriva. Pri trdnih in tekočih gorivih določamo naslednje masne deleže v 1kg goriva: $w(C)$ - masni delež ogljika, $w(H)$ - vodika, $w(S)$ - žvepla, $w(O)$ - kisika, $w(N)$ - dušika, $w(\text{pep})$ - masni delež pepela in $w(v)$ - masni delež vode. Masni deleži se določajo na dostavljeno stanje. Lahko se preračunajo tudi na suho stanje, na stanje brez pepela, na stanje brez vode in pepela. Pomemben podatek, ki ga v kemijskem laboratoriju dodajo rezultatom kemične analize goriva, je kurilnost goriva, ki je določena eksperimentalno s kalorimetrom.

4.1.1 Sestava goriv

- **Ogljik** je osnovni element gorljive mase trdnih in kapljevih goriv. Najmanj ga je v organski masi lesa 50 %, največ pa v antracitu do 94 %. Pri popolnem zgorevanju čistega ogljika v CO_2 se sprosti 33915 kJ/kg toplote, pri nepopolnem zgorevanju v ogljikov monoksid pa le 9800 kJ/kg.
- **Vodik** je koristen del goriva, kadar se pojavlja v prosti obliki kot H_2 ali v obliki ogljikovodikov C_mH_n . Vezan s kisikom v vodo H_2O pa je v gorivu nezaželen, saj voda za izparevanje pri tlaku okolice porablja okoli 2500 kJ/kg toplote. Pri popolnem zgorevanju vodika se sprosti 143923 kJ/kg toplote, če vodo, ki nastane pri zgorevanju, kondenziramo, oziroma 121423 kJ/kg, če voda ostane v obliki pare (se pravi 15 % manj).
- **Kisik** v gorivu ni zaželen, ker je negorljiv in ker se v gorivu veže z vodikom in ogljikom ter s tem že pred zgorevanjem zmanjšuje razpoložljivo toploto goriva.
- **Dušik** je v vseh oblikah pri vseh vrstah goriv balast, saj pri procesu zgorevanja načelno ni udeležen. Vedeti pa moramo, da se pri visokih temperaturah in drugih primernih pogojih del dušika veže v različne dušikove okside NO_x . Vsi so strupeni za ljudi in živali.
- **Žveplo** je v gorivu v organskem in neorganskem stanju. Neorgansko žveplo je v obliki mineralov v piritni (železov kršec, FeS_2) ali sulfatni obliki (sadra). H gorljivemu žveplu S_g spadata organsko in piritno žveplo, ki je navadno v piritni obliki z žveplom (Fe_2S) ali z bakrom kot CuFeS_2 . Negorljivo žveplo je že vezano s kisikom v sulfate (CaSO_4 , FeSO_4 ...), ki so kemično neaktivni in se brez nadaljnjih kemičnih reakcij s pepelom odstranijo iz procesa zgorevanja. Ko gorljivo žveplo zgori v SO_2 se sprosti 104675 kJ/kg toplote, če pa zgori v SO_3 pa 13800 kJ/kg. SO_3 je anhidrid žveplene (VI) kisline. Ta nastaja ob prisotnosti vode v dimnih plinih. Žveplena (VI) kislina je v vseh koncentracijah zelo korozivna, zaradi česar je žveplo zelo nezaželen sestavina goriva.

Preglednica 5: Lesne vrste in količina shranjenega ogljika v kg/m³ (Čufar 2001)

IME VRSTE	Gostota lesa (povprečje, pri φ =12) [kg/ m³]	Vsebnost C [kg/ m³]
Macesen	550	275
Smreka	420	210
Jelka	410	205
Bor	490	245
Ostali iglavci povpr.	490	245
Javor	590	295
Hrast	650	325
Bukev	680	340
Kostanj	560	280
Jesen	650	325
Jelša	490	245
Topol	450	225
Vrba	450	225
Gaber	790	395
Lipa	490	245
Platana	550	275
Trepetlika	450	225
Divji kostanj	510	255
Oreh	640	320
Brest	640	320
Robinija (Akacija)	730	365
Gaber	maks	395
Jelka	min	205

4.2 STEHIOMETRIJA ZGOREVANJA

Ker je zgorevanje burna oksidacija s kisikom iz zraka, moramo pri analizah zgorevanja poznati tudi sestavo zraka za zgorevanje, ki ga jemljemo iz okolice. V spodnji tabeli so navedene vrednosti volumenskih (φ) in masnih deležev (ω) sestave suhega in vlažnega zraka, ki se uporabljajo v natančnejših stehiometrijskih preračunavanjih. Sestava vlažnega zraka v tabeli je pri vlažnosti $x = 0,0065$ kg/kg, kar je povprečna vlažnost okoliškega zraka v Sloveniji v zadnjih dvajsetih letih.²

Preglednica 6: volumenskih (φ) in masnih deležev (ω) sestave suhega in vlažnega zraka (Oman in Senegačnik 2004)

	Suhi zrak		Vlažen zrak	
	φ /%	ω /%	φ /%	ω /%
N₂	78,11	75,55	77,30	75,06
O₂	20,94	23,13	20,72	22,98
Ar	0,92	1,27	0,91	1,26
H₂O	0,00	0,00	1,04	0,65
CO₂	0,03	0,05	0,03	0,05

Ker dušik, ogljikov dioksid in argon načelno pri procesu zgorevanja niso aktivni, jih pri računanju teoretičnih vrednosti lahko upoštevamo skupaj, kot inertni plin. S to predpostavko upoštevamo, da pri stehiometrijskih izračunih zgorevanja uporabljamo suh zrak sestavljen zaokroženo iz $0,79 \text{ m}^3/\text{m}^3$ dušika in $0,21 \text{ m}^3/\text{m}^3$ kisika oziroma $0,77 \text{ kg/kg}$ dušika in $0,23 \text{ kg/kg}$ kisika. Sestava izražena v volumenskih deležih je torej $79 \% \text{ N}_2$ in $21 \% \text{ O}_2$, v masnih pa $77 \% \text{ N}_2$ in $23 \% \text{ O}_2$.

4.2.1 Stehiometrijski izračun

Stehiometrijski računi upoštevajo zakon o ohranitvi mase in zakon o stalnih masnih razmerjih. Pri prikazanih preračunih zgorevanja je predpostavljeno, da se vse reakcije izvršijo do konca. Osnova stehiometrijskih izračunov je razmerje med masama dveh snovi, ki sodelujeta v reakciji:

$$\frac{m_A}{m_B} = \frac{n_A N_A}{n_B N_B} \quad (2)$$

Razmerje med masama dveh snovi, ki sodelujeta v reakciji, je enako razmerju med produkti množine n v molih in molske mase $M/(\text{kg mol}^{-1})$ obeh snovi.

Pri stehiometrijskih izračunih uporabljamo molske veličine. Molski volumni plinov so vedno pri normalnem stanju:

$$T_n = 273,15 \text{ K ali } 0^\circ \text{C}$$

$$P_n = 101325 \text{ kPa ali } 1013,25 \text{ mbar}$$

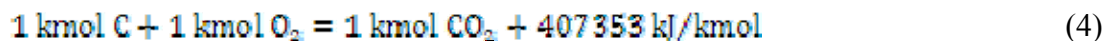
P_n – Normalni tlak

4.2.2 Zgorevanje ogljika

Pri zgorevanju ogljika razlikujemo popolno in nepopolno zgorevanje. Pri popolnem zgorevanju ogljika dobimo ogljikov dioksid CO_2 pri nepopolnem pa ogljikov monoksid 2CO .

4.2.2.1 Popolno zgorevanje ogljika

Kemična reakcija popolnega zgorevanja ogljika je prikazana z enačbo (3) količina energije, ki se sprosti pri tej reakciji pa v enačbi (4).



Pri zgorevanju enega mola ogljika v ogljikov dioksid se sprosti 407353 kJ toplote.

Masna bilanca reakcije:



Za realne pline računamo specifični molski volumen po enačbi (Operšnik, 1978):

$$v_\mu = \frac{T_\mu}{p_\mu} R_\mu k \quad (6)$$

Kjer je k faktor realnosti. Za idealne pline je $k=1$, za realne pline pri normalnem stanju pa je njegova vrednost:

$$k = \frac{P_g}{P_g R T_g} \quad (7)$$

In je v splošnem različna od 1.

Pri računanju z vrednostmi za realne pline je dejanski molski volumen kisika v normalnem stanju, $22,39 \text{ m}^3/\text{kmol}$ ($R=259,58\text{J}/(\text{kg K})$, $\rho_0 = 1,4290 \text{ kg}/\text{m}^3$), vrednost dejanskega molskega volumna za ogljikov dioksid pa $22,26 \text{ m}^3/\text{kmol}$ ($R= 187,63\text{J}/(\text{kg K})$, $\rho_0 = 1,9770 \text{ kg}/\text{m}^3$).

4.2.2.2 Nepopolno zgorevanje ogljika

Nepopolno zgorevanje ogljika v ogljikov monoksid 2CO opišemo s stehiometrijsko enačbo:

Reakcija:



Za tako vrsto zgorevanja je za en atom ogljika potreben en atom kisika.

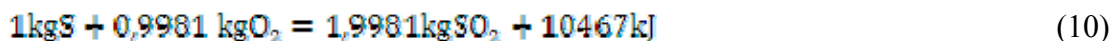
4.2.3 Zgorevanje žvepla

Žveplo lahko zgori v žveplov dioksid SO_2 ali v žveplov trioksid SO_3 . Zgorevanje v žveplov dioksid poteka po enačbi:

Reakcija:



Masna bilanca reakcije:

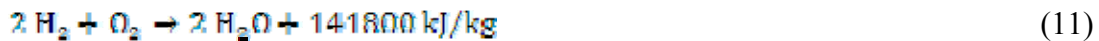


Če pride do sprememb v zgorevanju in se spremenijo temperatura zgorevanja, presežek zraka, vrsta goriva, vsebnost žvepla v gorivu, itd. lahko del žvepla zgori tudi v žveplov trioksid SO_3 .

4.2.4 Zgorevanje vodika

Vodik zgori v vodo H_2O . V dimnih plinih je voda v obliki pregrete ali nasičene pare. Sproščena toplota je torej za uparjalno toploto vode nižja kot v primeru, če bi voda iz reakcije ostala v tekočem stanju. Stehiometrijska enačba vodika je po tem:

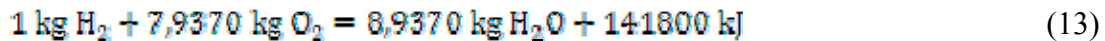
Reakcija:



Zapišemo enačbo z molskimi masami:



Masna bilanca reakcije:



Stehiometrična enačba reakcije:

$$V_{\text{H}_2\text{O}} = 11,1191 w_{\text{H}} + 1,2442 w_{\text{H}_2\text{O}} \text{ m}^3/\text{kg} \quad (14)$$

$$m_{\text{H}_2\text{O}} = 8,9370 w_{\text{H}} + w_{\text{H}_2\text{O}} \text{ kg/kg} \quad (15)$$

4.3 POPOLNO ZGOREVANJE

Pri popolnem zgorevanju je oksidacija gorljivih snovi dokončana. To je mogoče samo pri zadostni količini kisika in zadostnem času trajanja ugodnih razmer za gorenje. Pri popolnem zgorevanju izhaja iz dimnika značilen prozoren dim, ki postane bel, ko se iz njega izloča vodna para.

4.4 NEPOPOLNO ZGOREVANJE

Nepopolno zgorevanje je proces, pri katerem oksidacija gorljivih snovi ni dokončana zaradi neugodnih pogojev za gorenje. Vzroki za to so: premalo kisika, slabo mešanje, intenzivno hlajenje plamena. Za nepopolno zgorevanje je značilen črn, sajast dim in produkti nepopolne oksidacije (CO , CH_4). Nepopolno zgorevanje je slabo z energetskega vidika, saj se pri takem zgorevanju sprosti malo toplote, lahko le tretjino razpoložljive energije. Takšno gorenje je seveda nesprejemljivo tudi z okoljskega vidika. Med procesom zgorevanja se snovi pretvarjajo preko niza vmesnih procesov, kemičnih reakcij, ki so povratne, vzporedne, verižne. Sprošča se kemična vezana notranja energija goriva, ki se pojavi kot kalorična notranja energija produktov zgorevanja. Za ponazoritev procesa opišimo potek zgorevanja v kurišču kotla s kurjavo na premogov prah. Zmes zraka in delcev premoga vstopi skozi gorilnike v spodnjem delu kurišča, kjer se delci premoga najprej hitro segrevajo od okoliških vročih plinov, nato pa začnejo iz njih izparevati hlapne sestavine goriva, ki jih imenujemo volatili. Izpareli plini se vnamejo, sami delci pa pričnejo greti in se drobiti. Lokalno se v plamenu pojavijo delci saj kot ostanek težkih, nezagorelih ogljikovodikov v hlapnih substancah. Po končanem izparevanju hlapnih substanc iz premoga ostane v delcih še nehlapljivi ogljik in nehlapljive mineralne snovi - pepel. To so v bistvu koksni delci, ki gorijo z žarom, torej počasneje od plinov. Zaradi počasnega odgorevanja koksni delcev moramo podaljševati njihov čas zadrževanja v coni gorenja. Po dokončanem gorenju ostanejo od premoga produkti zgorevanja v trdni in plinasti obliki. V trdni obliki so negorljive mineralne snovi (in morebitni nezagoreli ogljik), v plinasti pa predvsem ogljikov dioksid in vodna para. CO , SO_2 in NO_x se pojavljajo v manjših koncentracijah, medtem ko sta kisik in dušik v dimnih plinih ostanek zraka za zgorevanje.

4.5 FAZE ZGOREVANJA

Pri procesu zgorevanja lesne biomase poznamo tri faze zgorevanja: sušenje, uplinjanje, gorenje ter dogorevanje oglja. Ko se lesna biomasa segreva, začne iz goriva izparevati vlaga. Sledi druga faza zgorevanja uplinjanje na površini – **piroliza**, v notranjosti pa se temperatura goriva postopoma dviguje, kar povzroči izhlapevanje notranje vlage iz goriva. Ko se izparevanje vlage konča, se piroliza razširi v notranjost. Ostanek po uplinjanju imenujemo žareče oglje, ki zgori v pepel.



Slika 9: Tri faze zgorevanja lesne biomase: segrevanje, sušenje in piroliza (levo) oksidacija plinov (sredina), oksidacija oglja (desno). (Lesna biomasa-neizkoriščeni domači vir energije 2009)

4.6 KURILNOST GORIVA

Kurilnost je razlika entalpij udeleženih snovi pred zgorevanjem in po njem pri konstantnem tlaku. Kurilnost navajamo na enoto mase goriva in jo označimo s H . Točne vrednosti za kurilnosti goriva dobimo z merjenjem v posebnem kalorimetru, izračunane vrednosti pa so le približne. Razlikujemo zgorevalno toploto, ki jo imenujemo tudi zgornjo kurilnost H_s (indeks s-superior, latinsko zgornji) in kurilnost, ki jo po analogiji imenujemo spodnja kurilnost H_i (indeks i-inferior, latinsko spodnji). Zgorevalna toplota je količina toplote, ki jo dobimo, če pri hlajenju dimnih plinov, ki so nastali pri popolnem zgorevanju 1 kg goriva, izkoristimo kondenzacijsko toploto vodne pare v teh plinih. Pri 0°C in 1 bar je kondenzacijska toplota 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. Zgornja in spodnja kurilnost sta torej povezani z izrazom:

$$H_s = H_i + 2499w_{H_2O} \text{ kJ/kg} \quad (20)$$

Preglednica 7: Kurilne vrednosti različnih drevesnih vrst v primerjavi s kurilnostjo kurilnega olja (Krajnc in Kovač, 2003)

Drevesna vrsta	Masa lesa pri 15 % vlažnosti		Kurilna vrednost 1 m ³	
	Povpr. kg/ m ³	Povpr. kg/m ³	v kWh	v l. Kurilnega olja
Smreka	605	454	2,178	218
Rdeči bor	610	458	2,196	220
Zeleni bor	460	345	1,656	166
Jelka	730	548	2,628	263
Macesen	680	510	2,448	245
Duglazija	740	555	2,664	266
Breza	770	578	2,772	277
Bukev	855	641	3,078	308
Beli gaber	950	713	3,420	342
Hrast – dob	920	690	3,312	331
Hrast - graden	790	593	2,844	284
Veliki jesen	820	615	2,952	295
Črna jelša	605	454	2,178	218
Robinja	810	608	2,916	292
Pravi kostanj	870	653	3,132	313

4.7 VSEBNOST VLAGE

Najprej moramo določiti razliko med vsebnostjo vode v lesu in lesno vlažnostjo.

Vsebnost vode v lesu pomeni razmerje med maso vode in skupno maso lesa in vode.

Vlažnost lesa pa je razmerje med maso vode in maso popolno suhega lesa.

Ena izmed pomembnih, če ne najpomembnejša lastnost kuriva, je kurilna vrednost. To je količina toplote, ki jo vsebuje masna ali prostorninska enota pri določeni vsebnosti vode (kWh/m³). Kurilnost je med različnimi drevesnimi vrstami različna, prav tako na kurilnost vpliva vsebnost vlage v lesu.

Za ugotavljanje vlažnosti se v praksi poslužujemo dveh načinov in to sta metoda tehtanja in metoda merjenja električne prevodnosti lesa.

Vlažnost lesne biomase močno vpliva na energijsko vrednost že v fazi skladiščenja. Na lesni biomasi z vlažnostjo nad 25 % lahko zaradi kuhanja v zalogovniku pride do pojava plesni, ki povzroči trohnenje sekancev. Pri tem se delež prahu močno poveča in povzroči padec energijske vrednosti lesne mase. V procesu zgorevanja lesa se zaradi prevelike vlažnosti za izparevanje vode porablja dodatna energija, ki bi jo drugače lahko uporabili za ogrevanje. Gorivo z vsebnostjo vlage nad 55 % - 60 % ni primerno za kurjenje, saj z njim ne moremo zagotoviti neprekinjenega procesa zgorevanja.

Les – suh

Za informativni podatek lahko privzamemo, da je povprečna spodnja kurilnost suhega lesa brez vlage pri listavcih 18100 kJ/kg in pri iglavcih 19300 kJ/kg. Zračno posušen les ima spodnjo kurilnost do 15000kJ/kg. Kot podatek za povprečno elementno sestavo popolnoma suhega lesa brez vode lahko privzamemo naslednje masne deleže: ogljik 50 %, vodik 6 % in kisik 44 %.

Les – vlažen

Spodnja kurilnost svežega lesa ali pravkar posekane lesne biomase, ki so ji delno primešane še zemlja, površinska voda (dež) in druge negorljive primesi, se giblje do 8000kJ/kg. Kot primer je obravnavan svež moker lese s 47,4 % vlage (npr. 500 kg/m³ suhe lesovine vsebuje 237 kg/m³ vode) in kurilnostjo 8000kJ/kg.

Svež les – lesna vlažnost smrekovine je lahko od 150 % do 200 %, bukve pa do 50 %.

Delno osušen les – ima vlažnost od 25 % do 35 %.

Zračno sušen les – pa do 15 %. Da se doseže tako nizka vlažnost, moramo smrekovino sušiti na zraku npr.3 mesece, bukovino pa tudi do nekaj let.

Tehnično sušen les – je tisti z vlažnostjo od 7 % do 12 %.

Absolutno suh les – dobimo s sušenjem od 24 ur do 48 ur pri temperaturi 103°C.

Preglednica 8: Kurilnost lesa ob različni vlažnosti (Lesna biomasa – neizkoriščeni domači vir energije 2009)

Vsebnost vode (%)	Lesna vlažnost (%)	Kurilnost (kJ/kg)
61,5	160	5880
54,6	120	7350
50,0	100	8400
43,5	80	9660
37,6	60	10920
33,3	50	11970
23,0	30	14070
17,0	20	15540
9,8	10	16800

4.8 VSEBNOST PEPELA

Pepel je produkt zgorevanja, nastala količina pa je odvisna od vrste kurjene lesne biomase. Pri kurjenju v kurilnih napravah se zahteva čiščenje letočih delcev iz dimnih plinov ter čiščenje sten kotla. Pepel vsebuje tudi manjše količine soli in težkih soli, ki jih rastlina absorbira med rastjo, vendar pa so količine manjše kot pri drugih trdnih gorivih. V pečeh na lesno biomaso ustvari plast pepela grelno površino ki vzdržuje toploto za končno izgorevanje ogljika. Pri kotlu z rešetko je pepel pomemben tudi zato, ker varuje rešetko pred toploto plamena. Gorivo vsebuje tudi razne nezaželene snovi, ki so prisotne zaradi spravila lesa. Po gorenju te snovi ostanejo v pepelu.

4.9 PRESEŽEK ZRAKA

Teoretično zahteva popolno zgorevanje nekega goriva (stehiometrično zgorevanje), dovajanje ustrezne količine zraka. To razmerje opisujemo s tako imenovanim razmernikom zraka λ (lambda) m ki ima vrednost 1. Če dovedemo več kisika, kot ga določa razmernik zraka $\lambda = 1$, bo kisik prisoten tudi v dimnih plinih. V praksi bo zgorevanje potekalo vedno pri vsebnosti lambda večji od 1, ker je skoraj nemogoče doseči popolno zgorevanje pri stehiometrični količini zraka. Na potrebni razmernik zraka vplivata predvsem vrsta goriva in konstrukcija

kurišča. Presežek zraka v procesu zgorevanja lahko merimo s posebno napravo »lambda« sonda.

5 KJOTSKI PROTOKOL

Industrijske države so se v japonskem Kjotu zavezale, da bodo v obdobju med letoma 2008 in 2012 zmanjšale izpuste šestih glavnih toplogrednih plinov za najmanj pet odstotkov v primerjavi z letom 1990. Da ne bo vse tako preprosto, se je pokazalo zelo kmalu. Svet se je razdvojil, razdelil se je na tiste za in tiste proti. Tako so se države Evropske unije obvezale, da bodo v obdobju 2008–2012 zmanjšale emisije šestih plinov, ki povzročajo učinek tople grede, za skupaj osem odstotkov glede na raven emisij leta 1990

Bistvo protokola je njegov 3. člen, v katerem je določeno, za koliko morajo posamezne države, navedene v aneksu B, zmanjšati oz. omejiti svoje emisije toplogrednih plinov. Kot je znano, je obveznost Slovenije zmanjšanje emisij povprečno za 8 % v petletnem ciljnem obdobju 2008-2012 glede na izhodiščno leto. V aneksu A so navedeni toplogredni plini, ki jih ta protokol zajema (CFC-jev ne vključuje, ker jih pokriva Montrealski protokol); ti so: CO₂, CH₄, N₂O, HFC-ji, PFC-ji in SF₆. Obveznost se nanaša na vse te pline skupaj.

S Kjotskim protokolom številni niso zadovoljni, češ da je zmanjšanje emisij, ki ga določa, premajhno. Mnogi z njim niso zadovoljni, ker od držav zahteva preveč. Številni so mnenja, da je izredno pomemben prvi korak k zmanjšanju emisij toplogrednih plinov, ki mu bodo sledili še drugi in očitno je največ, kar se je v tem trenutku dalo doseči.

Kot drugi sklop členov protokola po pomembnosti lahko navedemo člene 6, 12 in 17, ki določajo t.i. kjotske mehanizme: skupna izvajanja (projektne dejavnosti za zmanjšanje izpusta toplogrednih plinov med državami aneksa B), mehanizem čistega razvoja (podobne dejavnosti, vendar med državami aneksa B in državami v razvoju, ki nimajo obveznosti zmanjševanja emisij) ter trgovanje z emisijami (med državami aneksa B, torej tistih z obveznostmi). To so mehanizmi, ki naj bi pomagali industrializiranim državam izpolniti njihove obveznosti ob čim manjših stroških. Eno spornih vprašanj v zvezi z njimi je, kakšen delež obveznosti bodo smele države izpolniti na ta način, kakšnega pa bodo morale pri sebi doma. V načelu namreč za podnebje ni važno, kje se zmanjšanje emisij doseže, ker imajo vsi ti plini dolgo življenjsko dobo (od desetletja do več tisoč let) in se v tem času enakomerno razporedijo oz. premešajo v ozračju.

Zelo pomembni pa so tudi tisti člani protokola, ki govorijo o sistemih za spremljanje emisij, poročanju o njih in preverjanju teh poročil v mednarodnih institucijah. Ta del protokola sicer ni tako atraktiven kot zgoraj omenjeni, je pa tudi zelo pomemben in v marsikateri državi ne bo lahko uresničljiv. Doslej je Kjotski protokol podpisalo 84 držav, ratificiralo pa 16. Med

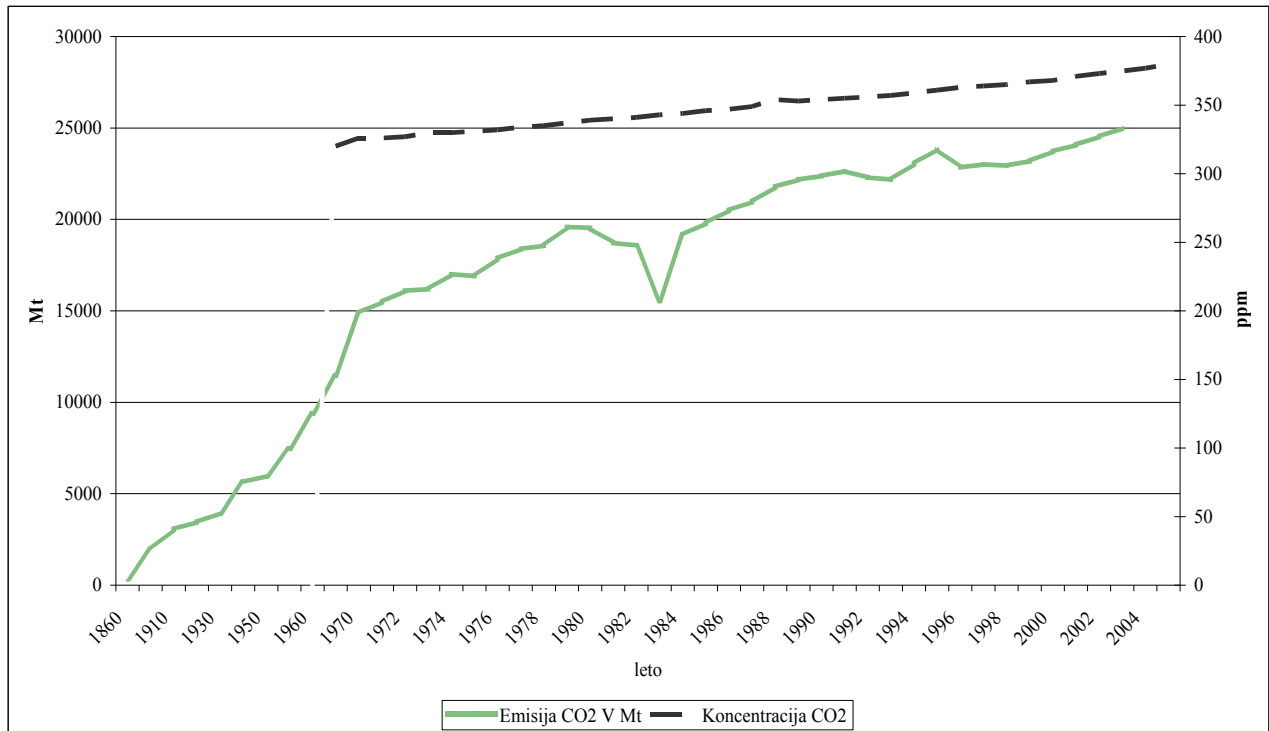
podpisnicami je tudi Slovenija (21.10.1998), ministrstvo za okolje in prostor pa je tudi že začelo postopek za njegovo ratifikacijo.

Samo 10 držav je odgovornih za okoli dve tretjini globalnega onesnaženja z ogljikovim dioksidom. ZDA proizvede skoraj eno četrtno emisij. Število prebivalcev, pomnoženo s količino proizvedenega ogljikovega dioksida na prebivalca tvori celotno emisijo države. Tako Američani proizvedejo dvakrat več ogljikovega dioksida kot Nemci in kar 20 krat več kot Indijci. Globalne emisije ogljikovega dioksida in koncentracije ogljikovega dioksida v atmosferi nenehno naraščajo. Od leta 1960 so se podvojile in podeseterile od začetka prejšnjega stoletja. Če se bo trend nadaljeval so klimatske spremembe neizogibne.

Preglednica 9: Lestvica 10 največjih svetovnih onesnaževalk z emisijami CO₂ (Center za energetska učinkovitost 2009)

	Država	Emisije CO₂ [Mt]	Emisije CO₂ na prebivalca [t]
1	ZDA	5 729	19.68
2	Kitajska	3 719	2.89
3	Rusija	1 527	10.64
4	Japonska	1 201	9.41
5	Indija	1 050	0.99
6	Nemčija	854	10.35
7	Kanada	553	17.49
8	Velika Britanija	540	9.10
9	Italija	453	7.80
10	Južna Koreja	448	9.36

Slovenija ima približno 7 ton CO₂ na prebivalca.

Slika 10: Emisije in koncentracije CO₂ (Center za energetska učinkovitost 2009)

5.1 UKREPI ZA ZMANJŠANJE TOPLOGREDNIH PLINOV (TP)

5.1.1 V Sloveniji

Tudi v Sloveniji je obdelanih že precej načinov za zmanjšanje emisij toplogrednih plinov in nekatere že izvajajo, npr. z ukrepi racionalne rabe energije, z boljšo toplotno izolacijo stavb, prehajanjem s premoga na zemeljski plin itd. Trenutno je v izdelavi nacionalna strategija zmanjševanja emisij toplogrednih plinov v skladu s Kjotskim protokolom, tej pa bo sledil podrobnejši program. Poleg sektorja proizvodnje energije je znaten potencial za zmanjšanje emisij tudi v industriji, gospodinjstvih, kmetijstvu, veliko pa pričakujemo tudi od odpadkov, če bodo uresničeni načrti za izgradnjo ene ali dveh sežigalnic odpadkov. Pri sežiganju odpadkov se namreč sprošča CO₂, ki ima za faktor 21 manjši toplogredni potencial kot CH₄, ki izhaja iz deponij, s sežigom pridobljena energija pa nadomesti energijo, ki bi jo sicer pridobili iz fosilnih goriv. Precej rezerve je še pri skupni proizvodnji toplote in elektrike.

Določen potencial predstavljajo tudi obnovljivi viri energije, predvsem biomasa, ter veter, sonce in geotermalna energija.

5.1.2 V Evropski uniji

Evropska komisija je 7. februar 2007 predstavila dolgo pričakovano strategijo o izpustih toplogrednih plinov v cestnem prometu, s katero želi izpuste ogljikovega dioksida (CO₂) iz

novih avtomobilov do leta 2012 omejiti na 120 gramov na kilometer. Proizvajalci avtomobilov bodo morali izpuste zmanjšati na 130 g/km, preostalih 10 g/km pa naj bi prispevala večja učinkovitost klimatskih naprav, večja uporaba biogoriv ter drugi ukrepi. Omejitev emisij ogljikovega dioksida na 120 g/km v praksi pomeni porabo 4,5 litra goriva na 100 kilometrov za dizelska vozila oziroma pet litrov goriva na 100 kilometrov za bencinska vozila, kar pomeni 25-odstotno znižanje trenutne ravni porabe.

"Stroški za čistejše avtomobile bodo več kot uravnoteženi z manjšo porabo goriva. Tako se bo potrošniku na dolgi rok splačalo kupiti okolju bolj prijazen avto," je komisar za okolje Stavros Dimas poskušal obrazložiti ocene, da se bodo zaradi novih, okolju prijaznejših tehnologij cene avtomobilov dvignile. Kot poudarja komisija, so novi avtomobili od leta 1995 že zmanjšali emisije CO₂ za 12 odstotkov, njihova cena pa je narasla precej manj, kot je znašala inflacija.

5.1.3 Združene Države Amerike

Drugi blok vidno predstavljajo ZDA, ki so leta 2001 od podpisa protokola odstopile, čeprav so odgovorne za približno četrtno vseh izpustov toplogrednih plinov, in tudi Avstralija. ZDA menijo, da je Kjotski protokol politični sporazum brez znanstvene podlage.

5.2 DALJINSKO OGREVANJE

Daljinsko ogrevanje je način preskrbe z energijo, pri katerem se medij (voda) na enem centralnem mestu greje (toplarni, termoelektrarni – toplarni) in se s pomočjo črpalk in razvodne mreže distribuira do porabnika. Nosilec toplote v vročevodnem sistemu je kemično pripravljena vroča voda. Temperatura sistema je odvisna od temperature zunanjega zraka in je v dovodnem vodu največ 130 °C in najmanj 70 °C.

Daljinsko ogrevanje na lesno biomaso daje pomembne prednosti:

- Okoliške koristi (CO₂ nevtrarno, obnovljiv vir energije, čisto gorivo...)
- Ekonomske prednosti (nizke cene goriv v primerjavi s konvencionalnimi fosilnimi gorivi; 1,5 do 4 krat ceneje)
- Povečanje lokalne zaposlitve
- Prispevek h gospodarjenju z gozdovi
- Optimizacija proizvodnje energije, ki temelji na biomasi

Energija je osnovni pogoj za razvoj neke dežele. Razvitost države se kaže v splošni rabi energije in rabi na enoto proizvoda. Večino toplote za ogrevanje stavb pridobimo na osnovi

zgorevanja fosilnih goriv. Zaloge fosilnih goriv so omejene. Dokazane dosegljive rezerve fosilnih goriv in njihova primerjava s sedanjim črpanjem rezerv so podane v preglednici.

Preglednica 10: Dokazane rezerve fosilnih goriv (Butala in sod.,2004. daljinsko ogrevanje na lesno biomaso)

	OCENA KUMULATIVNE PROIZVODNJE DO 1990 (gtoe)	OCENA REZERV LETA 1990 V ODNOSU NA LETNO PROIZVODNJO	OCENA DOKAZANIH REZERV V LETU 1990 (gtoe)
Premog	Ni podatkov	197	496
Lignit	Ni podatkov	293	110
Nafta	86	40	137
Zemeljski plin	40	56	108

5.2.1 Primeri daljinskega ogrevanja

5.2.1.1 Avstrija

Celotna raba primarne energije v Avstriji znaša 1187 PJ (leta1998), kjer prevladujejo fosilna goriva. Kar 23 % (275 PJ) celotne rabe predstavljajo obnovljivi viri energije. Več kot 57 % od vse biomase je samo lesnih polen, ki so tako glavni vir biogoriv v Avstriji.

Okoli 11 % primarne energije v Avstriji je pridobljeni z biomaso. Največji del te energije se rabi v tradicionalnih pečeh in kotlih (kurjenje z lesnimi poleni). V zadnjih 20 letih je bila vpeljana nova tehnologija za pridobivanje toplote – daljinsko ogrevanje, za katero se kot gorivo uporabljajo lesni sekanci, industrijski lesni ostanki in slama. Do leta 2001 je bilo postavljenih več kot 600 sistemov daljinskega ogrevanja na lesno biomaso. V 501 sistemu daljinskega ogrevanja se proizvede približno 1720 GWh daljinske toplote. Okoli 300 majhnih in zelo majhnih sistemov (pod 100kW) je bilo zgrajenih predvsem v zadnjih nekaj letih in niso vključeni v statistiko.

Preglednica 11: Goriva, uporabljena za daljinsko ogrevanje na biomaso.(Butala in sod.,2004. daljinsko ogrevanje na lesno biomaso)

GORIVO	PORABA V 1000 srm	PORABA V %
Lubje	808	40
Žamanje	465	23
Lesni sekanci	462	23
Žaganje	232	11
Ostalo	61	3
skupaj	2028	100

Pregled stanovanjskih ogrevalnih sistemov v Avstriji kaže, da je od začetka 90 –ih opazen večji padec v rabi biomase v zelo pomembnem področju rabe: ogrevanju in oskrbi s toploto individualnih hiš, porast je opazen na področju daljinskega ogrevanja z lesno biomaso. Avstrijske vasi s sistemom daljinskega ogrevanja na biomaso imajo med 500 in 4000 prebivalcev. Toplotna moč sistemov daljinskega ogrevanja se giblje med nekaj 100kW do 8MW, z omrežjem med 100m in 20km. Dve tretjini vseh sistemov ima moč manjšo od 1500kW

5.2.1.2 Finska

Cilj finske energijske strategije je povečanje rabe lesa in ostalih obnovljivih virov energije. Celotna raba primarne energije je bila 1318,19 PJ leta 2001, od katere je 131,8 PJ energije pridobljeno z lesnimi gorivi. Od celotne rabe primarne energije na Finskem je 20 % bioenergije. Ker je na Finskem mrzlo podnebje, traja ogrevalna sezona približno 9 mesecev. Za ogrevanje stavb se porabi ena petina energije. Kar 48 % celotnega ogrevanja predstavlja daljinsko ogrevanje (leta 1999) Polovico manjše je bilo ogrevanje s kurilnim oljem.

Danes se na Finskem uporablja daljinsko ogrevanje v več kot 200 občinah, v več kot 50 občinah pa je vgrajen sistem soproizvodnje toplotne in električne energije. Celotna proizvodnja električne energije v soproizvodnjih sistemih, kjer uporabljajo kot gorivo les, je 2000 MW. Večina teh sistemov je opremljena s kurilnimi napravami, v katerih se lahko kuri več vrst goriv (npr. šota in les). V letu 1999 je proizvodnja toplote v soproizvodnjih sistemih predstavljala 75 % celotne daljinske toplote, ki je znašala 29 TWh. Število enodružinskih hiš na Finskem, ki se ogrevajo s pomočjo daljinske toplote je vsako leto več.

Preglednica 12: Izbira ogrevalnih sistemov v enodružinski hiši na Finskem (Butala in sod.,2004. daljinsko ogrevanje na biomaso)

Ogrevalni sistem	1996	1997	1998	1999	2000
Olje	1500	1800	2000	2100	2200
Elektrika	4100	5800	6600	6800	7000
Daljinsko ogrevanje	400	600	800	900	1000
Okoliška toplota	200	400	600	900	1500
Ogrevanje na les	1100	1400	1200	900	800
Skupaj	7300	10000	11200	11600	12500

5.2.1.3 Švedska

V sektorju daljinskega ogrevanja na Švedskem je raba energije na osnovi biomase ustvarila trg biogoriv. Raba biogoriv je leta 1996 znašala 43 % (82,4PJ) v daljinskem ogrevanju. Raba najbolj pogostega biogoriva – lesa je bila primerjana z lokalnim položajem trga z lesnimi gorivi. Rezultati kažejo, da je uporaba lesa znotraj sistemov daljinskega ogrevanja odvisna od lokalne oskrbe z lesnimi gorivi in konkurence sosednjih sistemov daljinskega ogrevanja.

Leta 1996 je več kot 100 sistemov daljinskega ogrevanja uporabljalo biogoriva, predvsem lesna goriva (23 % vseh goriv), občinske trdne ostanke (9 %) in šoto (6 %) ter biogoriv z ostalimi viri energije, kot so olje, premog, zemeljski plin, toplotne črpalke in indijska odpadna toplota.

V celoti je bilo leta 2001 vloženo za proizvodnjo toplotne in električne energije 57,6 TWh. Glavno vir so bila trdna biogoriva, ki so znašala 28 % celotne porabe goriv, celotna učinkovitost soproizvodnjih sistemov je bila 87 %.

Do konca leta 2001 je število odjemalcev daljinskega ogrevanja naraslo na 177.500, daljinska toplota je bila dovedena 1.750.000 stanovanjem in stanovanjskim stavbam ter 153.000 enostanovanjskim hišam. Oskrba z daljinsko toploto je 2001 dosegla 46,6 TWh (leto 2001 je bilo nenavadno toplo, zato bi bila realna vrednost v normalnem letu še višja).

5.2.1.4 Slovenija

Najbolj pomemben nosilec energije v Sloveniji je kurilno olje s 34,3 % deležem, delež premoga je 21 %, nuklearne energije 20 %, plinastih goriv pa 12,5 %. Delež obnovljivih

virov energije v primarni energijski bilanci je bil približno 6,6 % v 2001. Kar 63,8 % obnovljivih virov energije so predstavljali les in lesni ostanki. Slovenska energijska odvisnost od uvožene energije je približno 48,2 %.

V Sloveniji je les narodno in tudi energetske bogastvo, saj je od skupne površine 20.253 km² kar 55 % ozemlja poraščenega z gozdovi. Zaloge lesne mase se iz leta v leto povečuje, saj sedanji letni posek predstavlja le 38 % etata. V primerjavi z letom 1947 se je lesna masa v gozdovih povečala za 87 % (podatek za leto 1990).

5.3 KRČENJE GOZDOV IMA VELIK VPLIV NA KLIMATSKE SPREMEMBE

V gozdu so tla največji shranjevalec ogljika, humus vsebuje od 110 do 150 (srednja vrednost 130) ton ogljika na hektar. Samo v lesu debla – brez listov, vej, korenin...je v povprečju v slovenskih gozdovih shranjenega 63 ton ogljika na hektar. Rast biomase in povečanje humusa v tleh vodita do večjega skladiščenja ogljika, s tem pa razbremenimo zrak (atmosfera). Korenine in krošnje pri popisu prirastka niso vštete in se količinsko razlikujejo glede na rastišče, na splošno je koreninskega sistema 20 % krošnje pa 15 % glede na hlodovino. Listi dreves v hrambo ogljika niso všteti, sodelujejo pri fotosintezi. Listavci v zmerno toplem pasu listi jeseni odpadejo vsako leto, pri iglavcih, ki so, razen macesna, zimzelene rastline pa se menjajo na dve leti. Listki, iglice, vejice, poganki in odmrlo drevje so osnova za gozdno humus. Od njih je odvisno skladiščenje ogljika v gozdnih tleh.

Vendar drevo ne more neskončno dolg sprejemati velike količine CO₂. Vsako drevo enkrat odraste, preneha rasti in odmre ali pa ga posekamo in uporabimo za kurjavo oziroma nadaljno predelavo. Z uporabo lesenih izdelkov se ogljik še naprej skladišči, dokler izdelka ne zavržemo. Pri razkroju ali gorenju se sprosti enaka količina ogljika v obliki ogljikovega dioksida ali monoksida, kot ga je sprejel v času rasti, kar imenujemo naravno kroženje CO₂.

Če ni posekali samo toliko lesa, kot ga porabimo za energetske namene, je les CO₂ nevtralno gorivo. Da bi zaščitili spreminjanje podnebja na dolgi rok, je edina rešitev prehod na CO₂ nevtralne vire energije in na vire, ki ne emitirajo CO₂ – to pa so obnovljivi viri energije.

5.3.1 Travniki in polja

Travine in poljščine shranjujejo ogljik kratkotrajno (povprečno do enega leta). Krajše v posušenih delih stebel, listo in korenin, dlje v gomoljih sadežih semenih. Vsebujejo okoli (podatek ni preverjen) 0,45 kg ogljika na kg suhega pridelka, kar je potrebno pravilno upoštevati tudi pri izračunih. Velik del pridelka se uporabi za prehrano ljudi in živali, manjši

del pridelka pa za druge namene. Ogljik vezan v pridelkih, uporabljen v prehrani ljudi, živali in mikroorganizmov, menja lastnika. Novi »lastniki ogljika« velik del ogljika vežejo v hlapne spojine metana, CO₂ in ostalih ogljikovih spojin.

5.4 ODSTRANJEVANJE EMISIJ IZ DIMNIH PLINOV

Največji delež električne energije danes še vedno pridobivamo iz fosilnih goriv, pri tem pa je neizogiben stranski proizvod ogljikov dioksid (CO₂). Količine CO₂ sproščenega v ozračje presegajo sposobnost rastlin, da ga absorbirajo. Delež CO₂ v zraku se zato opazno povečuje, izkazalo pa se je tudi, da ima to povečanje deleža CO₂ v zraku pomemben vpliv na globalne klimatske razmere. Da bi v prihodnosti preprečili hujše posledice vpliva CO₂, je nujno zmanjšati emisije CO₂ v ozračje. Ena možnost je zmanjševanje uporabe fosilnih goriv, druga pa odstranjevanje CO₂ iz dimnih plinov. Pri slednji je potrebno rešiti tudi problem, kam s CO₂, ki ga izločimo iz dimnih plinov.

5.4.1 Odstranjevanje trdnih delcev

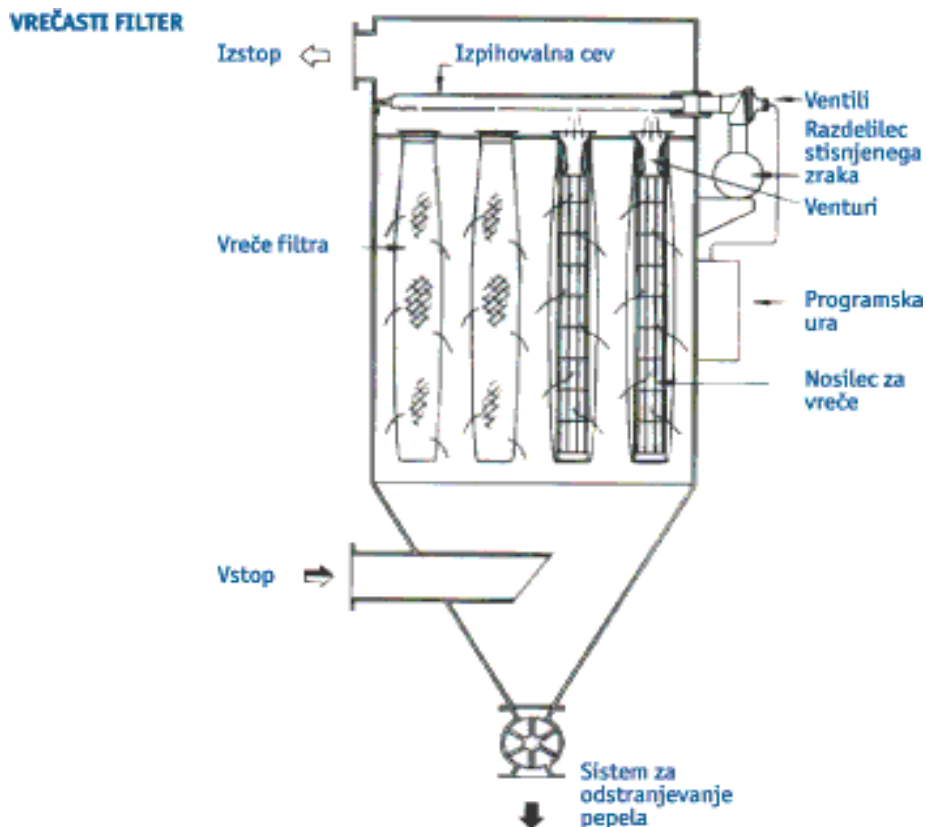
Za odstranjevanje prašnih delcev iz dimnih plinov so na izstopu iz kurišč kotlov prigrajene sodobne odpraševalne naprave, ki zagotavljajo visoko stopnjo (>99,5 %) izločanja prahu. Vgrajeni sta dve vrsti odpraševalnih naprav:

- Elektro filter
- Vrečasti filter

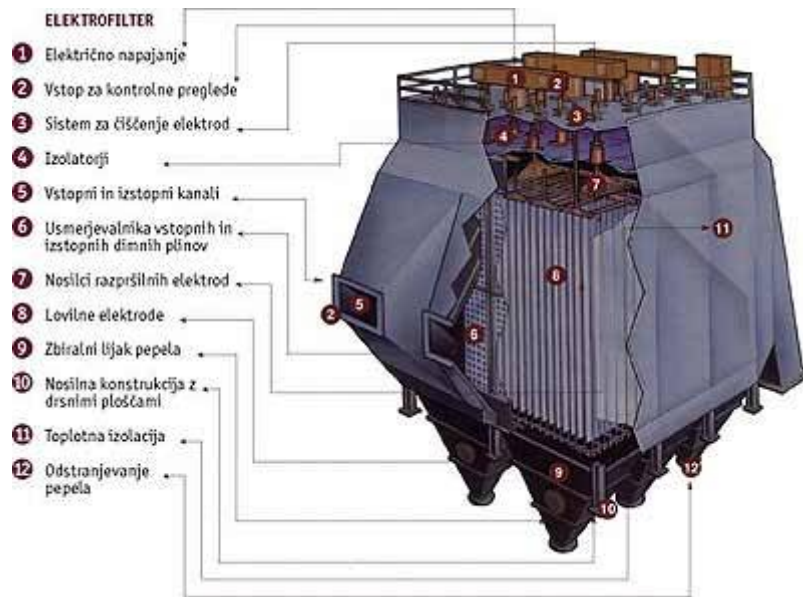
Vrečasti filtri delujejo popolnoma avtomatično po načelu filtracije dimnega plina skozi tkanino. Ventilator, ki je vgrajen izza filtra, vleče dimne pline skozi filtrske vreče v dimnik. Prah se nabira na zunanji strani vreč, prečiščen zrak pa prehaja skozi stene vreč. Filtrske vreče so narejene iz posebne tkanine, ki je odporna na visoke temperature in na oksidirajoče plinaste primesi (SO₂, NO₂) v dimnih plinih. V vsakem vrečastem filtru je 2160 filtrskih vreč, velikosti 6000 x 150 mm, ki so nameščene v toku dimnih plinov, ki vstopajo v vreče s spodnje strani. Čiščenje oziroma otresanje vreč se izvaja v nasprotni smeri s pomočjo sunkov komprimiranega zraka od znotraj vreč navzven. Na vrečah ujet prah se zbira v lijakih na dnu filtra, od koder se transportira v silose, kjer se nalaga na posebne zaprte kamione in odvažna komunalno deponijo mesta Ljubljana.

Princip delovanja **elektrofiltra** (elektrostatični filter) temelji na Coulombovem zakonu, ki pravi, da se električno nasprotno nabita delca privlačita z določeno silo. Ta filter ni primeren za lesno biomaso, ker se naboj v magnetnem polju spremeni in gre naprej.

Prah, ki ga plin nosi s seboj, se električno nabije in se pod vplivom električnega polja v smeri pravokotno na smer toka transportira na lovilno elektrodo. Na lovilni elektrodi se prah nabira v bolj ali manj debele plasti, ki potem zaradi lastne teže ali pa zaradi periodičnega stresanja elektrod padejo v lijak elektrofiltra. Od tu naprej je postopek enak kot pri vrečastem filtru. Za preprečevanje prašenja se med nalaganjem pepel moči z vodo.



Slika 11: Shematski prikaz vrečastega filtra (Emisije v zrak 2009)



Slika 12: Shematični prikaz elektrofiltra (Emisije v zrak 2009)

5.4.2 Zmanjšanje emisij NO_x – primarno kurilno tehnični ukrepi

NO_x nastajajo v glavnem iz dušika, prisotnega v gorivu, in dušika v izgorevalnem zraku (termični dušikovi oksidi). Ukrepi, s katerimi lahko zmanjšamo nastajanje termičnih NO_x, so nižanje temperature zgorevanja in skrajševanje časa zadrževanja dimnih plinov v področju temperatur nad 1300 stopinj Celzija. Nastajanje NO_x iz dušika, prisotnega v gorivu, pa z daljšanjem zadrževanja dimnih plinov v področju nižjih temperatur brez prebitnega kisika, kjer namesto NO v glavnem nastaja N₂.

V TE-TOL u so bile v letih 2000-2004 v kuriščih kotlov blokov 1, 2 in 3 izvedene rekonstrukcije v smislu kurilno tehničnih (primarnih) ukrepov z namenom znižanja emisijskih koncentracij NO_x pod zakonsko določene vrednosti.

Rekonstruiran je bil sistem kurjave, ki je obsegal zamenjavo konvencionalnih sevalnih gorilnikov z novimi RS (nizko emisijskimi NO_x) gorilniki, izgradnjo novih kanalov izgorevalnega zraka, novih kanalov premogovega prahu, predelavo mlinov ter spremembo sistema meritev, regulacije in upravljanja posameznega kotla. Za dodatno zmanjšanje emisij smo na bloku kotla 3 prigradili dodatni zračni sistem za dogorevanje.

6 KAKO INDUSTRIJA VPLIVA NA CO₂

Zavest o prekomernih emisijah CO₂ in njihovih škodljivih vplivih na okolje je v razvitem svetu vedno bolj prisotna. Glavni vir CO₂ so procesi zgorevanja različnih fosilnih goriv, s katerimi pridobivamo energijo za potrebe v vsakdanjem življenju. Tudi industrijski proizvodi obremenjujejo okolje z emisijami CO₂, čeprav posredno. V vsak izdelek je vložena določena količina energije, pri proizvodnji katere se sprošča CO₂, če je seveda proizvedena iz fosilnih goriv. Tudi v materialu in polizdelkih za končni izdelek je vsebovana energija in posredno emisije CO₂. Enako velja za transport proizvodov do porabnikov itd. Na poti od surovin do končnega izdelka na večjih stopnjah nujno prihaja tudi do porabe energije in s tem produkcije CO₂.

7 ZAKONODAJA V SLOVENIJI

7.1 ZAKONODAJA, KI UREJA EMISIJE IZ KOTLOV NA LESNO BIOMASO

Mejne emisijske vrednosti za kurilne naprave za biomaso urejajo spodaj navedeni akti. Zakonodaja še ne predpisuje minimalnih izkoristkov kurilnih naprav na biomaso, vendar je napovedana uvedba usklajenih pravil EU na tem področju v sklopu direktive v pripravi o obnovljivi energiji za ogrevanje in hlajenje.

Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja (Ur. l. RS, št. 73/1994, 68/1996, 109/2001, 41/2004-ZVO-1)

- začetek veljavnosti: 10.12.1994;
- določbe te uredbe se uporabljajo za vse nepremične vire onesnaževanja, če za posamezno vrsto naprav ali za posamično emitirano snov oziroma vsoto emitiranih snovi, navedenih v tabelah 1, 2, 3 in 4 priloge, ki je sestavni del te uredbe, poseben predpis posameznih vprašanj ne ureja drugače. mejne vrednosti emisije snovi v zrak,
 - vrednotenje emisije snovi v zrak,
 - stopnje zmanjševanja emisije in druge ukrepe v zvezi z izpuščanjem snovi v zrak,
 - prilagoditve obstoječih virov določbam te uredbe.

(Ur. l. RS, št. 73/1994 (83/1998 - popr.), 51/1998, 105/2000, 50/2001, 46/2002, 49/2003, 41/2004-ZVO-1, 45/2004)

- začetek veljavnosti: 10.12.1994;
- ta uredba določa posebne zahteve v zvezi z emisijo snovi v zrak za kurilne naprave, in sicer:
 - mejne emisijske vrednosti,
 - določitev goriv, ki jih je dovoljeno kuriti v kurilnih napravah,
 - ukrepe v zvezi z zmanjševanjem emisije v zrak,
 - prilagoditev obstoječih kurilnih naprav določbam te uredbe.

Uredba o mejnih vrednostih emisije snovi v zrak iz velikih kurilnih naprav (Ur. l. RS, št. 73/2005)

- začetek veljavnosti: 16.08.2005;
- ta uredba določa v skladu z Direktivo 2001/80/ES Evropskega parlamenta in Sveta z dne 23. oktobra 2001 o omejevanju emisij nekaterih onesnaževal v zrak iz velikih kurilnih naprav (UL L št. 309 z dne 27. 11. 2001) posebne zahteve v zvezi z emisijo snovi v zrak za velike kurilne naprave, in sicer:
 - mejne vrednosti emisij,
 - vrste goriv, katerih emisije zaradi zgorevanja v velikih kurilnih napravah ureja ta uredba,
 - ukrepe v zvezi z zmanjševanjem emisije v zrak,
 - prilagoditev starih in obstoječih velikih kurilnih naprav določbam te uredbe.

Pravni akti EU:

- Direktiva o sežiganju odpadkov (2000/76/ES)
- Direktiva o omejevanju emisij nekaterih onesnaževal v zrak iz velikih kurilnih naprav (2001/80/ES)
- Direktiva o nacionalnih zgornjih mejah emisij za nekatera onesnaževala zraka (2001/81/ES)

7.2 IZKORIŠČANJE OBNOVLJIVIH VIROV ENERGIJE

V Sloveniji obnovljive vire energije in promocijo le-teh načelno obravnava Energetski zakon Energetski zakon, UPB, (26/2005) Zakon o spremembah in dopolnitvah Energetskega zakona /EZ-B/ (Ur. l. RS, št. 118/2006), ki predvideva nekatere instrumente za spodbujanje. Zakon o varstvu okolja (uradno prečiščeno besedilo) /ZVO-1-UPB1/ (Ur. l. RS, št. 39/2006) je pravna osnova vrsti instrumentov, ki spodbujajo uporabo obnovljivih virov energije, kot sta CO₂-taksa in trgovanje z emisijami, in uvršča povečevanje rabe obnovljivih virov energije med naloge varstva okolja, ki se lahko financirajo iz sredstev proračuna za varstvo okolja in iz sredstev Ekološkega sklada RS.

Položaj kvalificirane proizvodnje v Sloveniji urejajo ti akti:

- Energetski zakon (Ur. l. RS, št. 26/2005), Zakon o spremembah in dopolnitvah Energetskega zakona /EZ-B/ (Ur. l. RS, št. 118/2006)
- Zakon o varstvu okolja, UPB (Ur. l. RS, št. 39/2006)
- Uredba o okoljski dajatvi za onesnaževanje zraka z emisijo ogljikovega dioksida (Ur. l. RS, št. 43/2005, 58/2005, 87/2005, 20/2006)
- Pravilnik o ravnanju z odpadki (Ur. l. RS, št. 84/1998, 45/2000, 20/2001, 13/2003, 41/2004-ZVO-1)

7.3 ODGOVORNA MINISTRSTVA

Ministrstvo za okolje in prostor (MOP) in Ministrstvo za gospodarstvo (MG) imata ključne naloge za nadaljnji razvoj izrabe biomase za energijo. Poleg MOP in MG imata na ravni vladnih dejavnikov pomembno vlogo še Ministrstvo za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano (MKGP) in Ministrstvo za finance (MF).

7.3.1 Naloge MOP so vezane na:

- odločanje o potrebnosti celostnih presoj varstva okolja, presojanje sprejemljivosti vplivov na okolje in sodelovanje v postopkih, povezanih s čezmejnimi vplivi na okolje, ter vodenje teh in predpisovanje postopkov za presojanje vplivov na okolje in izdajo okoljevarstvenih dovoljenj in soglasij;
- pripravo predlogov za proračunska sredstva in izvedbo razpisov za nepovratna sredstva občanom in pravnim osebam in drugih oblik finančnih spodbud (kapitalski vložki);
- pripravo predpisov v zvezi z emisijami snovi v zrak iz kurilnih naprav in nadzorom nad dimnimi plini;
- priprava politike ravnanja z odpadki, izdaja koncesij za ravnanje z odpadki in inšpekcijski nadzor nad njim;
- pripravlja kriterije za »zelena javna naročila«;
- sofinancira dejavnosti za ozaveščanje, obveščanje in izobraževanje.
- pripravo politike in programov za varstvo okolja in nadzor nad njimi,

Večino programskih nalog, povezanih z lesno biomaso, v MOP vodi Sektor za aktivnosti učinkovite rabe in obnovljive vire energije.

7.3.2 V pristojnosti MG so te relevantne naloge:

- opredelitev načinov vzpodbujanja za okolje primernejših goriv, predpisov za spodbujanje učinkovite rabe energije (URE) in OVE ter spodbud za URE in OVE;
- izdajanje javnih pooblastil za izvajanje programov OVE izvajalcem gospodarskih javnih služb;
- izdaja energetske dovoljenj in izvajanje energetske inšpekcije;
- priprava predlogov predpisov, ki urejajo področje kvalificirane proizvodnje električne energije;
- opredeljuje obvezne vsebine in metodologije lokalnih energetskih zasnov in lahko določi vrsto oskrbe in energenta za oskrbo s toplotno energijo na določenem področju;
- programi za spodbujanje podjetništva, konkurenčnosti, internacionalizacije podjetij in pritoka tujih neposrednih investicij;
- dodeljevanje neposrednih razvojnih finančnih vzpodbud gospodarstvu za odpravljanje strukturnih neskladij.
- zbiranje relevantnih podatkov ter priprava energetskih bilanc in energetske politike;

7.3.3 Naloge MKGP obsegajo:

- pripravo državnega programa za razvoj podeželja,
- oblikuje in izplačuje spodbude za dopolnilne in nadomestne dejavnosti kmetov,
- potrjuje gozdnogospodarske načrte, izvaja gozdarsko inšpekcijo,
- razpisuje in dodeljuje spodbude za gojitvena in varstvena dela v gozdovih ter za programe izobraževanja in promocije.

Agencija Republike Slovenije za kmetijske trge in razvoj podeželja, ki je organ v sestavi MKGP upravlja s sredstvi Evropskega kmetijskega usmerjevalnega in jamstvenega sklada.

MF ureja trošarine za energente, potrjuje okoljske davke, odkupne cene/premije za kvalificirano proizvodnjo električne energije ter predloge namenskih proračunskih postavk MOP in MKGP ter predlaga zakonske okvire za javno – zasebno partnerstvo. Pozabiti ne smemo tudi Službe vlade za lokalno samoupravo, ki koordinira pripravo državnega razvojnega programa in nacionalnega strateškega referenčnega okvira ter naloge menedžmenta evropskih skladov (sklada za regionalni razvoj, socialnega sklada in kohezijskega sklada). Kot institucija, ki jo je ustanovila vlada in jo vlada tudi upravlja, ima na ravni vladnih akterjev pomembno vlogo tudi Ekološki sklad RS, ki pripravlja in izvaja

razpise za dodeljevanje proračunskih sredstev za okoljsko infrastrukturo, spodbujanje rabe OVE in soproizvodnje toplotne in električne energije ter izvajanje strokovnih nalog za dodeljevanje sredstev EU za te namene, poleg tega pa za te namene razpisuje in dodeljuje posojila ter promovira za okolje prijazne produkte in storitve.

Akterji na ravni gospodarskih subjektov so zelo raznoliki in le delno ustrezno mrežno povezani in interesno organizirani. Zlasti velika je razpršenost številnih majhnih lastnikov gozdov, med katerimi jih del izrablja lesno biomaso le za lastno oskrbo in deloma za prodajo na sivem trgu. Gozdnogospodarska podjetja se vključujejo v mednarodne institucionalne in kapitalske povezave pri proizvodnji lesnih stisnjencev (peletov). Borzo z različnimi produkti lesne biomase organizira Borzen, vendar se sooča s problemi likvidnosti. Dobro so organizirani proizvajalci v lesnopredelovalni industriji, ki so predvsem zainteresirani za konkurenčno oskrbo z lesnimi asortimenti na eni ter za spodbude za soproizvodnjo električne energije in toplote na osnovi lesne biomase na drugi strani. Podjetja za oskrbo z daljinsko toploto so večinoma v občinski lasti in večinoma delujejo na eni lokaciji v okviru režima izbirne javnogospodarske službe lokalnega pomena. Na ravni storitvenih dejavnosti se kažejo konflikti interesov, ker projektanti nastopajo tudi v interesu dobaviteljev opreme, kar zmanjšuje zaupanje. Proizvajalci opreme oz. zastopniki (tujih) proizvajalcev opreme delujejo zgolj na ravni medsebojnih konkurentov, povezovanja v grozde in sodelovanja pri razvojni projektih praktično ni. Kmetijska svetovalna služba izvaja izobraževanje za kmete in lastnike gozdov ter svetovanje v zvezi z energijo za občane/ke. Maloštevilne nevladne organizacije na osnovi državnih naročil občasno izvajajo kampanje za ozaveščanje in obveščanje.

Na podlagi povpraševanja je mogoče sicer reči, da se je povečalo zanimanje gospodinjstev za oskrbo s toploto, pridobljeno iz lesne biomase, to pa še ne velja za graditev stanovanj za trg, saj še ni opaziti trženja ogrevanja z lesno biomaso kot sestavnega dela ponudbe. Logika najnižjih investicijskih stroškov in standardnih tehnologij ogrevanja na kurilno olje in zemeljski plin prevladuje tako pri novogradnjah in prenovah večstanovanjskih stavb v zasebni lasti kot tudi pri zidavi neprofitnih stanovanj v okviru stanovanjskega sklada in občin. Institucionalno neopredeljena odgovornost za oskrbo z energetske storitvami in stroški zanje ter navezanost na tradicionalne dobavitelje je ena od ključnih značilnosti v javnem sektorju, to pa bo tudi ena od največjih ovir, tudi ko se bodo začela izvajati zdaj šele načeloma opredeljena zelena javna naročila.

8 PRIMER MERJENJA EMISIJ NA SREDNJE VELIKI NAPRAVI

8.1 NAMEN MERITEV

Meritev in ocena vsebnosti škodljivih snovi v zrak iz merjenih odvodov, na emisijskem merilnem mestu. Večina merilnih mest na merjenih odvodih ni v skladu s standardom EN 13284-1, pred merilnim mestom ni 5Dh in za merilnim mestom ni 3Dh ravnega dela odvoda. Vsled tega lahko merilna negotovost pri merjenih parametrih odstopa od izračunane.

Glede na značilnosti vira emisije lahko v izstopnem zraku pričakujemo naslednje škodljive snovi in relativne parametre:

- Prašne delce, kot skupni prah
- Hlapne organske snovi, kot HOS
- Skupni organski ogljik, kot TOC
- Posamezne organske spojine (butilacetat, etilacetat, butanon, etanol, akrilati)
- Dimni plini, kot so ogljikov oksid (CO), dušikovi oksidi (NO_x), žveplovi oksidi (SO₂)
- Relativne parametre, kot sta kisik (O₂) in vlaga (H₂O), temperatura plinov, hitrost plinov v odvodniku, tlak, dimenzije odvodnika

8.2 METODOLOGIJA MERITEV

Metodologija meritev je povezava po »Pravilniku o prvih meritvah in obratovalnem monitoringu emisije snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja ter o pogojih za njihovo izvajanje« in po postopkih za delo IVD Maribor p.o.

Volumenski pretok izpušnih plinov so merili na osnovi hitrosti izpušnih plinov v merilni mreži celotnega preseka odvoda in meritve dimenzij odvoda. S Pitotovo cevjo smo izmerili lokalne hitrosti v več točkah odvoda in nato izračunali srednjo hitrost izpušnih plinov. Metoda po standardu SIST ISO 10780. Merilna negotovost metode je +-15 %.

Koncentracijo vlage (H₂O) v dimnih plinih smo določili s kondenzacijsko metodo tako, da smo segrete pline izokinetično črpali preko hlajenega kondenzacijskega sistema, količino vlage v plinih smo nato določili iz spremembe volumna vode in teže silikagela v kondenzacijskem sistemu (EN 14790). Merilna negotovost metode je +-12,5 %.

Koncentracijo prašnih delcev smo izmerili tako, da smo znani volumen izpušnih plinov izokinetično prečrpali skozi odvzemno sondo in filter iz steklenih vlaken. Koncentracijo prašnih delcev smo nato določili gravimetrično iz razlike tež filtra pred vzorčenjem in po njem. (EN 13284-1). Merilna negotovost metode je $\pm 8\%$.

Koncentracijo žveplovega dioksida (SO₂) smo določili z analizatorjem TESTO-360, ki omogoča kontinuirano merjenje v koncentracijskem območju od 0 do 3000 ppm. Metoda po standardu SIST ISO 12039. Merilna negotovost metode je $\pm 15\%$.

Koncentracijo dušikovih oksidov (NO + NO₂ NO_x) smo določili z analizatorjem TESTO-360, ki omogoča kontinuirano merjenje dušikovega monoksida (NO) v koncentracijskem območju od 0 do 1000 ppm, dušikovega dioksida (NO₂) v koncentracijskem območju od 0 do 200 ppm in celokupnih dušikovih oksidov (NO_x) v koncentracijskem območju od 0 do 1000 ppm. (SIST ISO 12039). Merilna negotovost metode je $\pm 15\%$.

Koncentracijo ogljikovega oksida (CO) smo določili z analizo TESTO-360, ki omogoča kontinuirano merjenje v koncentracijskem območju od 0 do 3000 ppm. (SIST ISO 12039). Merilna negotovost metode je $\pm 7\%$.

Koncentracijo kisika (O₂) smo merili kontinuirano z analizatorjem TESTO-360. Koncentracijsko območje merjenja, ki ga omogoča dvoelektrodni kisikov senzor, je med 0 in 21 % kisika (O₂). (SIST ISO 12039). Merilna negotovost metode je $\pm 3\%$.

Koncentracijo organskih spojin in skupnega organskega ogljika (TOC) izpušnih plinov merimo s plamensko ionizacijskim detektorjem FID SIGNAL 3030 MP. Metoda delno po smernici SIST EN 12619. Merilna negotovost metode je $\pm 20\%$.

Koncentracijo hlapnih organskih spojin in skupnega organskega ogljika (VOC) izpušnih plinov merimo s plamensko ionizacijskim detektorjem FID SIGNAL 3030 MP. Metoda delno po smernici SIST EN 13526. Merilna negotovost metode je $\pm 6\%$.

Koncentracijo posameznih organskih snovi (posamezne organske spojine) smo določili z adsorpcijo na cevke z aktivnim ogljem in kasnejšo analizo v laboratoriju. Metoda po standardu SIST EN 13649. Merilna negotovost metode je $\pm 20\%$.

8.3 IZVEDBA MERITEV, OBRATOVALNE RAZMERE IN POSEBNOSTI

V času meritev so kurilne naprave obratovalale s polno močjo, s tem je bila obremenitev okolja z škodljivih snovi maksimalna.

V času meritev je proizvodnja potekala normalno, s tem je bilja emisija snovi v okolje maksimalna.

Meritve se izvajajo na kurilni napravi Wv term tip v15 in se primerjajo z vrednostmi pri stari kurilni napravi Binder.

Preglednica 13: Meteorološki pogoji v času merjenja.(Brest pohištvo 2005)

PARAMETER	ENOTA	VREDNOST	VREDNOST	VREDNOST
Datum		30.11.2005	01.12.2005	02.12.2005
Čas		12:00-19:30	07:15-16:00	07:30-15:15
Temperatura zraka Tz	C	3.6	1.2	2
Relat. Vlažnost zraka	%	72	89	55
Hitrost gibanja zraka	m/s	do 0.5	do 0.5	do 1
Zračni tlak	mbar	955	956	954

Preglednica 14: Meteorološki pogoji v času merjenja.(Brest pohištvo 2005)

PARAMETER	ENOTA	VREDNOST	VREDNOST	VREDNOST
Datum		24.01.2006	25.01.2006	20.02.2006
Čas		11:30-14:00	07:45-16:00	14:30-16:45
Temperatura zraka Tz	C	-5	-10	6
Relat. Vlažnost zraka	%	63	69	86
Hitrost gibanja zraka	m/s	1	do 1	0.5
Zračni tlak	mbar	970	964	960

Preglednica 15: Rezultati meritev emisije snovi v izpušnem plinu, preračunano na normiran suhi plin.(Brest pohištvo 2005)

Kisik (CO ₂)		Binder	Wv term tip v15	
Izmerjena koncentracija	%	12.54	6.94	
Referenčna vrednost	%	11	11	

Preglednica 16: Rezultati meritev emisije snovi v izpušnem plinu, preračunano na normiran suhi plin.(Brest pohištvo 2005)

Skupni prah		Binder	Wv term tip v15	
Izmerjena koncentracija	mg/m ³	51.77	40.13	
Emitirana količina	g/h	138.1	143.2	
Mejna vrednost	mg/m ³	150	150	
Odstopanje		-98.2	-109.9	
Opomba		NI presežena	NI presežena	

Preglednica 17: Rezultati meritev emisije snovi v izpušnem plinu, preračunano na normiran suhi plin.(Brest pohištvo 2005)

Dušikovi oksidi (NO _x)		Binder	Wv term tip v15	
Izmerjena koncentracija	mg/m ³	719.14	453.26	
Emitirana količina	g/h	1918.6	1617.2	
Mejna vrednost	mg/m ³	650	650	
Odstopanje	mg/m ³	69	-197	
Opomba		JE presežena	NI presežena	

Preglednica 18: Rezultati meritev emisije snovi v izpušnem plinu, preračunano na normiran suhi plin.(Brest pohištvo 2005)

Ogljikov monoksid (CO)		Biner	Wv term tip v15	
Izmerjena koncentracija	mg/m ³	10.40	75.91	
Emitirana količina	g/h	27.8	270.8	
Mejna vrednost	mg/m ³	250	250	
Odstopanje	mg/m ³	-240	-174	
Opomba		NI presežena	NI presežena	

Preglednica 19: Rezultati meritev emisije snovi v izpušnem plinu, preračunano na normiran suhi plin.(Brest pohištvo 2005)

Žveplove oksidi (SO ₂)		Binder	Wv term tip v15	
Izmerjena koncentracija	mg/m ³	24.79	0.75	
Emitirana količina	g/h	66.1	2.7	
Mejna vrednost	mg/m ³	2000	2000	
Odstopanje	mg/m ³	-1975	-1999	
Opomba		NI presežena	NI presežena	

Preglednica 20: Rezultati meritev emisije snovi v izpušnem plinu, preračunano na normiran suhi plin.(Brest pohištvo 2005)

Skupne organske spoine		Binder	Wv term tip v15	
Izmerjena koncentracija	mg/m ³	19.25	17.68	
Emitirana količina	g/h	51.3	63.1	
Mejna vrednost	mg/m ³	50	50	
Odstopanje	mg/m ³	-31	-32	
Opomba		NI presežena	NI presežena	

9 RAZPRAVA IN SKLEPI

Lesna biomasa namenjena za energetska izrabo je manjvreden les, ki ni uporaben za tehnološko predelavo. Kurilne naprave za energijsko izrabo lesne biomase so prilagojene glede na vrsto goriva. Goriva iz lesne biomase so: cepanci, sekanci, peleti, polena, briketi. Kurilna naprava mora zagotoviti čim bolj popolno zgorevanje s čim manj škodljivih emisij ob čim višjem energijskem izkoristku.

Slovenija ima zelo malo virov fosilnih goriv, zato je les, poleg vodne energije naše največje naravno in energetska bogastvo. Gozdne površine se povečujejo že od leta 1875, ko je bila zabeležena komaj 36 % gozdnatost ozemlja današnje Slovenije. Les je domač obnovljiv vir energije, ki je vedno na razpolago in neodvisen od energetskih kriz. V prihodnje naj bi se delež obnovljivih virov energije povečal, s čemer se bo povečala tudi pomembnost lesne biomase.

Pri popolnem zgorevanju lesne biomase se sprošča ogljikov dioksid in vodna para, ki predstavljata del naravnega kroženja CO₂ in vode zato pravimo da je les CO₂ nevtralen. Pri zgorevanju fosilnih goriv pa nastaja CO₂ iz ogljika, ki je bil vezan pred milijoni let, zato se koncentracija CO₂ v zraku povečuje.

Pri nepopolnem zgorevanju lesa, ki so posledica neustreznega vodenja procesa zgorevanja nastajajo emisije škodljivih snovi kot so: ogljikov monoksid (CO), hlapni ogljikovodiki (C_xH_y) in policiklični aromatski ogljikovodiki (PAH), saje ter prašni delci. Te snovi so strupene in nekatere tudi rakotvorne. Zgorevanje v sodobnih kurilnih napravah se izvaja pri visokih temperaturah ob zadostni količini kisika, s čemer se minimizira nastajanje škodljivih snovi. Dušikovi oksidi v dimnih plinih so predvsem posledica dušika, ki je vezan v gorivu.

Ker je energijska izraba lesne biomase CO₂ nevtralna z njeno uporabo zmanjšujemo emisije toplogrednih plinov in prispevamo k izpolnjevanju Kjotskega protokola.

Mejne vrednosti emisij za kurilne naprave na biomaso so predpisane z zakonom oziroma (ur. l. RS, št. 73/2005), ta uredba določa dopustne emisije na velikih in malih kurilnih napravah.

Za pravilno določitev emisij je lokacija merilnega mesta zelo pomembna. Dimovodni kanal mora biti pred in za merilnim mestom raven, da je zagotovljeno ustrezno hitrostno in koncentracijsko polje. Meri se volumenski pretok izpušnih plinov, koncentracijo vlage,

koncentracijo prašnih delcev, koncentracijo žveplovega oksida, koncentracijo dušikovih oksidov, ogljikovega oksida itd.

V nalogi so predstavljeni rezultati meritev emisij kurilnih naprav v lesnopredelovalni industriji. Meritve so bile izvedene na dveh kurilnih napravah; vročevodni kotel Binder (1998), toplotne moči 2 MW in vročevodni kotel wv term tip v 15 (2004), toplotne moči 2,5 MW. Obe napravi sta kurjeni z lesnimi ostanki iz proizvodnje. Prikazani rezultati kažejo na to, da dopustne emisije niso bile prekoračene razen v enem primeru, ko je bila prekoračena mejna koncentracija dušikovih oksidov za 69 mg/m^3 (10 % prekoračitev), kar ne predstavlja večje nevarnosti za okolje.

10 POVZETEK

Biomasa predstavlja obnovljive vire energije rastlinskega izvora, kot so les, slama, poljedelski odpadki, poljedelski pridelki, žita. Lesna biomasa je različnih oblikah: polena, cepanice, sekanci, peleti. Za kurjenje lesne biomase imamo različne kotle, ki imajo specifične lastnosti glede na vhodno surovino. V državah v razvoju, kjer živi skoraj $\frac{3}{4}$ celotne zemeljske populacije, predstavlja biomasa prevladujoč vir energije (33 %), v posameznih državah pa dosega celo 80 % – 90 % delež. V razvitih državah je delež uporabe biomase manjši, v povprečju samo 3 %, pri čemer so tudi izjeme, kot npr. Finska z 21 % ter Švedska z 17 % deležem biomase v nacionalni energetski bilanci. Trenutno 25 % svetovne populacije porabi 80 % vse energije. Več kot 60 % potrebne primarne energije proizvedejo iz fosilnih goriv, skoraj 20 % je hidro energije, ostali obnovljivi viri pa prispevajo le nekaj %. V prihodnosti naj bi se delež obnovljivih virov povečal na 20 %. Povečana raba obnovljivih virov energije naj bi do leta 2010 pripomogla k zmanjšanju emisij CO₂, zmanjšanju uvoza energije, ustvarjanju novih delovnih mest.

Pri zgorevanju biomase se sprošča ogljikov dioksid, ki je del naravnega kroženja ogljika. V primeru, da biomase ne uporabimo za energetske namene s kurjenjem, bi ta naravno zgnila in ob tem v zrak prav tako oddala toplogredne pline. Pri gorenju ali razkroju biomase poteka fotosintezi inverzen proces, pri čemer se ob porabi kisika tvori CO₂ in vodna para ter sprošča toplota. Delež CO₂ v atmosferi se z uporabo fosilnih goriv nenehno povečuje (za približno 5 milijard ton na leto), kar vodi do učinka tople grede. Zaradi nepopolnega zgorevanja nastajajo emisije škodljivih snovi kot so: ogljikov monoksid, dušikovi oksidi – i, razne organske neciklične (C_xH_y) in ciklične spoine (PAH) ter majhne količine težkih kovin (Hg, Pb, Cu, Zn, Cr;As...). PAH (Policiklični aromatski ogljikovodiki) So topni v maščobah in se nahajajo v nafti, premogu in katranu, nastajajo pa tudi kot stranski produkt pri nepopolnem izgorevanju biomase (npr. les, tobak, razna kadila). PAH nastaja tudi pri dimljenju živil. Pri procesu zgorevanja lesne biomase poznamo tri faze zgorevanja: sušenje, uplinjanje, gorenje ter dogorevanje oglja. Ko se lesna biomasa segreva začne iz goriva izparevati vlaga. Sledi druga faza zgorevanja uplinjanje na površini – piroliza, v notranjosti pa se temperatura goriva postopoma dviguje, kar povzroči izhlapevanje notranje vlage iz goriva. Ko se izparevanje vlage konča se piroliza razširi v notranjost. Ostanek po uplinjanju imenujemo žareče oglje, ki zgori v CO₂ in pepel.

11 VIRI

1. Bratkovič A., Irgl R. 2006. Daljinski sistemi ogrevanja na lesno biomaso. Ljubljana : Enecon, 2006: 28 str.
http://www.energy-in-minds.si/download/Daljinski_sis_monitor.pdf
2. Brest pohišstvo d.o.o. Podatki meritev emisij. Št. poročila: CEVO-397/2005
3. Butala V., Stritih U., Zupan G. 2004. Daljinsko ogrevanje na lesno biomaso. Eges, 1: 24-28
<http://www.fs.uni-lj.si/opet/knjiznica/Daljinsko%20ogrevanje%20Energijska%20alternativa.pdf>
4. Center za energetska učinkovitost. Institut Jožef Stefan, 2009.
<http://www.rcp.ijs.si/ceu/sl/content/zmanj%C5%A1evanje-emisij-tgp>
5. Čufar K. 2001. Opisi lesnih vrst: študijsko gradivo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
6. Daljinsko ogrevanje na lesno biomaso. Priročnik. Gornji Grad: 27 str.
7. Debevc M. 2005. Odpadna lesna biomasa, problem ali alternativni vir energije? Diplomsko delo. Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za kemijo in kemijsko tehnologijo 31, 40-42
8. Emisije v zrak. Te-Tol. 2009.
http://www.te-tol.si/index.php?sv_path=2456,2477
9. Energetski zakon (EZ). str. 12378, Ur. l. RS 79/1999
10. Krajnc N., Kovač Š. 2003 Lesna biomasa okolju prijazen vir energije. Slovenska Bistrica, Občina Slovenska Bistrica: 23 str.
11. Krajnc N. 2003. Lesna biomasa in politika Evropske unije na področju izrabe obnovljivih virov energije. Gospodarjenje z odpadki, 12, 46 : 19-22
12. Lesna biomasa – neizkoriščeni domači vir energije. 2009
<http://www.aure.gov.si/eknjiznica/V5-biomasa.pdf>
13. Lesna biomasa
http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/ESP/Koc_biomasa.htm (20.1.2009)
14. Letna energetska statistika
http://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=1888
15. Ministrstvo za okolje in prostor 2007. Projekt GEF-biomasa:
www.aure.si/index.php

16. Nacionalni program varstva okolja (NPVO). Ur.l.RS 83/12765/99
17. Obnovljivi viri energije (2009).
http://www.lea-d.si/index.php?page_id=31
18. Ogrevanje z lesno biomaso (2009)
<http://gcs.gi-zrmk.si/Svetovanje/Publikacije.URE/URE1-08.htm>
19. Ogrevanje s sodobnimi kotli na lesno biomaso (2009)
<http://www.aure.gov.si/eknjiznica/IL13-biomamsa.pdf>
20. Oman J. 2005. Generatorji toplote 1. izdaja Ljubljana, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo: 280. str.
21. Pogačnik N., Krajnc R. 2000. Potencial lesne biomase uporabne v energetske namene. Gozdarski inštitut Slovenije.
<http://www.biomasa.zgs.gov.si/files/Literatura/potencial-LB2.pdf?PHPSESSID=a07ee570e9b6655c343e5678430a7055>
22. Pozitivne strani uporabe lesne biomase v energetske namene (2009)
http://www.se-f.si/uploads/B6/oV/B6oV-uOiFh1Cq5Nl5zO_0A/les_pozitivno.pdf
23. Senegačnik A., Oman J. 2004. Lastnosti zraka, goriv in dimnih plinov. 1. izdaja Ljubljana, Fakulteta za strojništvo: 135 str.
24. Šolinc H 2006. Daljinsko ogrevanje na lesno biomaso. Ljubljana, Ministrstvo za okolje in prostor, GEF.: 68 str.
25. Uredba o emisiji snovi v zrak iz nepremičnih virov onesnaževanja. Ur. l. RS, št. 73/1994, 68/1996, 109/2001, 41/2004-ZVO-1)
26. Zavod za gozdove Slovenije. 2007. Ljubljana. Poročilo zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih za leto 2006.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorju doc.dr. Andreju Senegačniku za strokovno vodenje in pomoč pri izdelavi diplomskega dela. Zahvalil bi se tudi recenzentu prof.dr. Marku Petriču za opravljeno recenzijo. Hvaležen sem tudi vsem, ki so kakorkoli pomagali pri nastajanju tega dela.