

UNIVERZA V LJUBLJANI
EKONOMSKA FAKULTETA

DIPLOMSKO DELO

MOŽNOSTI IZKORIŠČANJA LESNE
BIOMASE KOT ENERGIJSKEGA VIRA
V SLOVENIJI

Ljubljana, maj 2003

MLADEN SAMOHOD

IZJAVA

Študent _____ izjavljam, da sem avtor tega diplomskega dela, ki sem ga napisal pod mentorstvom _____, in dovolim objavo diplomskega dela na fakultetnih spletnih straneh.

V Ljubljani, dne _____

Podpis: _____

1. Uvod	1
2. Predstavitev biomase kot obnovljivega vira energije	2
2.1. Možnosti energetske izrabe biomase	4
2.1.1. Lesna biomasa.....	4
2.1.2. Energetski posevki	4
2.1.3. Bioplin.....	4
2.2. Prednosti uporabe biomase v energetske namene	4
2.2.1. Vplivi na okolje.....	4
2.2.2. Gospodarski vplivi	6
2.3. Pomanjkljivosti biomase in okoliščine, ki zavirajo njen hitrejši razvoj	7
2.3.1. Ekonomski razlogi	7
2.3.2. Ekološki razlogi	8
3. Lesna biomasa	9
3.1. Viri lesne biomase	9
3.2. Energijska vrednost lesne biomase	9
3.3. Priprava lesne biomase	10
3.4. Sodobne naprave za zgorevanje lesne biomase	10
3.4.1. Kotli na polena s prezračevalnim kuriščem.....	11
3.4.2. Kotli na lesne sekance	12
3.4.3. Kotli na pelete	12
3.5. Potencial lesne biomase v Sloveniji in po svetu	13
3.5.1. Pogozdenost	13
3.5.2. Letni prirastek in letni posek	13
3.5.3. Potencial lesne biomase glede na izvor	14
3.5.4. Delež lesne biomase v energetske bilanci.....	15
4. Program energetske izrabe lesne biomase v Sloveniji od leta 2001 do 2010	17
4.1. Vsebina programa	17
4.2. Narodnogospodarski učinki izvedbe programa	18
4.3. Financiranje programa	20
4.4. Dosedanje izvajanje programa	21
5. Ekonomska upravičenost vpeljave kurilnih naprav na lesno biomaso	22
5.1. Izgradnja omrežja daljinskega ogrevanja na lesno biomaso (primer kraja Preddvor) ..	22
5.2. Vgradnja sodobnega majhnega kotla na lesno biomaso	25
5.2.1. Primerjava investicije v kotel na lesne sekance z investicijo v kotel na kurilno olje	26
5.2.2. Primerjava investicije v kotel na polena z investicijo v kotel na kurilno olje	29
5.2.3. Primerjava investicije v kotel na pelete z investicijo v kotel na kurilno olje	30
6. Sklep	33
Literatura	34
Viri	34

1. Uvod

Odločil sem se, da v svojem diplomskem delu preučim možnosti izkoriščanja lesne biomase kot energetskega vira v Sloveniji. O obnovljivih virih energije sem začel razmišljati, ko sem se ob koncu študija vrnil v rodno Posavje in zopet začutil stik z naravo. Priložnosti so številne: hidroelektrarne na Savi, termalna voda, ki se baje razteza pod celotnim Krško-brežiškim poljem, sončna energija, saj naš konec s celinskim podnebjem slovi po dolgih, vročih poletjih in nadpovprečnem številu sončnih dni, energetski posevki, ki bi se lahko razprostirali po nepreglednih ravninah, in vsekakor tudi lesna biomasa, za katero imamo na voljo dva obstoječa kotla na lesne ostanke v Brežicah, enega v Krškem in tri v Sevnici. Najbolj me je pritegnila prav lesna biomasa, saj sem prepričan, da bi se Slovenija zaradi odličnih pogojev lahko s primernim razvojem zavihtela v sam evropski vrh na področju izrabe lesne biomase v energetske namene in tako postala vzor ostalim državam. V Posavju je sicer pogozdenost le 30 – 40%, a v Sloveniji je precej krajev z več kot 70% pogozdenostjo in v marsikaterem je že bila izdelana študija izvedljivosti sistema daljinskega ogrevanja na lesno biomaso, nekaj sistemov pa tudi že deluje.

Nobenega dvoma ni, da je moderni človek energetske izjemno potraten. Za primer: primitivni poljedelec kamene dobe je za vsako enoto energije, vloženo v obdelovanje zemlje, dobil pridelek z dvanajstimi energijskimi enotami (Radej, 2002, str. 12). Na drugi strani pa sodobni intenzivni pridelovalec hrane dobi komaj med 1/6 enote (pri žitu) in 1/50 enote (pri morskih ribah). Ekonomska politika s sodobno tehnologijo in pravili igre (subvencijami) je kmete pripravila do tega, da so energijo sonca, ki jim je na voljo zastonj, zamenjali za energijo fosilnih goriv, ki jo je treba plačati. Isto se je zgodilo s primarnimi energetske viri. Energijo sonca, ki se kot ogljik nenehno kopiči v lesu oziroma je na voljo v številnih drugih obnovljivih oblikah, smo zamenjali z ogljikom, ki se je skladiščil v fosilnih ostankih milijone let. Očiten dokaz neravnovesja je dejstvo, da bomo v nekaj stoletjih porabili vsa fosilna goriva, ki so pred tem kot posledica naravnih procesov nastajala milijone let, po drugi strani pa zanemarjamo obnovljive vire energije, ki so večni.

Tako želim v svojem diplomskem delu predstaviti lesno biomaso kot ponovno oživljeni vir energije in jo primerjati s fosilnimi gorivi. Spoznati želim sodobne načine izrabe lesne biomase in izvedeti, kako učinkoviti so. Ugotoviti želim predvsem, ali se vlaganje v sodobne kurilne naprave na lesno biomaso splača samo iz ekoloških razlogov ali zdržijo tudi ekonomsko tehniko. Nespregljivo dejstvo namreč je, da je človeštvo s pretirano izrabo neobnovljivih naravnih virov že zdavnaj prešlo skrajne meje ekološke zmogljivosti planeta. Posneti želim tudi trenutno stanje v Sloveniji: kako je z razpoložljivostjo lesa, kakšne naprave so na trgu in kaj počne država, da bi se njihovo število povečalo.

Najprej bom opisal biomaso na splošno in pojasnil, zakaj jo štejemo med obnovljive vire energije. Poleg lesa se bom dotaknil še energetske posevkov in bioplina ter naštel ekološke in gospodarske prednosti, ki so skupne vsem oblikam biomase. Poskušal bom najti tudi vzroke za prepočasen razvoj tehnologij pridobivanja energije iz biomase. Vsaka

nova dobrina je namreč draga že samo zaradi svoje redkosti. Prej ko bodo naprave na biomaso prešle v množično uporabo, prej jim bo padla cena in s tem se bodo odprla vrata hitrejšemu tehničnemu napredku.

V naslednjem poglavju se bom osredotočil na lesno biomaso. Opisal bom njene vire, energijske vrednosti in najbolj tipične oblike, nato pa se bom posvetil sodobnim majhnim kotlom na lesno biomaso. To so kotli na polena, kotli na lesne sekance in kotli na pelete. V zadnjem času so sicer doživeli precejšen razvoj, predvsem pri izkoristku in zmanjšanju emisij, a relativno visoka cena še vedno preprečuje njihovo večjo popularizacijo. Primerjal bom tudi potencial lesne biomase v Sloveniji in po svetu. Slovenija je edinstven primer v Evropi, saj v naših gozdovih letno zraste dosti več lesa, kot ga posekamo. Še en motiv več, da bi precej večji delež potreb po toploti zadovoljili s kurjenjem lesa.

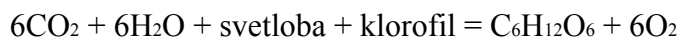
V četrtem poglavju bom povzel Program energetske izrabe lesne biomase v Sloveniji od leta 2001 – 2010, ki so ga pripravili na Ministrstvu za okolje in prostor. Cilj programa je povečati delež obnovljivih virov energije v primarni energetske bilanci za 1,8 odstotne točke in prispevati 1,6 odstotne točke k zahtevanemu 8% zmanjšanju po Kjotskem protokolu. Poleg vsebine me bodo zanimali predvsem predvideni narodnogospodarski učinki programa, financiranje in dosedanje izvajanje programa.

V zadnjem poglavju se bom spustil še na mikroraven. Raziskal bom, ali se samim porabnikom toplote že danes splača prehod na ogrevanje z lesno biomaso, bodisi s priključitvijo na sistem daljinskega ogrevanja bodisi z vgradnjo majhnega kotla. Tako bom preučil enega izmed že delujočih sistemov v Sloveniji in izračunal, koliko odjemalce toplote po novem stane gretje. Na koncu svojega diplomskega dela pa bom analiziral, ali se potencialnim vlagateljem splača investicija v kotle na lesno biomaso za individualno ogrevanje. Naši domači peči so namreč šteti dnevi in zanima me, ali jo je bolje nadomestiti s pečjo na kurilno olje ali s sodobnim majhnim kotlom na lesno biomaso.

2. Predstavitev biomase kot obnovljivega vira energije

Svetovna poraba energije je močno odvisna od fosilnih goriv: nafte, zemeljskega plina in premoga. Ker je za nastanek fosilnih goriv v zemlji potrebnih milijone let, so njihove zaloge omejene, zaradi skokovitega razvoja človeštva pa jim grozi skorajšnje izčrpanje. V naravi najdemo le še en ogljikov vir energije, ki ga je dovolj, da bo lahko nadomestil fosilna goriva, in to je biomaso (Klass, 2002). Vanjo sodijo vsi nefosilni organski materiali, ki vsebujejo notranjo kemično energijo, torej vse vodne in kopenske rastline (t.i. primarna biomaso), kakor tudi vsa odpadna biomaso, kot npr. komunalni odpadki, kanalizacija, živalski odpadki (gnoj), gozdarski in poljedelski ostanki ter določene vrste industrijskih odpadkov. Za razliko od fosilnih goriv je biomaso obnovljiva, saj se v zelo kratkem času nadomesti, kar je bilo porabljeno kot vir energije.

Rastline zbirajo energijo sonca s pomočjo fotosinteze, med katero iz vode in CO₂ tvorijo glukozo po naslednji formuli (Medved, Novak, 2000, str. 151):



Za tvorjenje glukoze potrebuje rastlina približno 0,80 kWh/mol sončne energije (Malovrh, Praznik, 2002). Stranski produkt tega procesa je kisik. Pri zgorevanju je proces pridobivanja energije ravno obraten. Ogljik in kisik v lesu reagirata s kisikom iz zraka. Če je tega dovolj, se ogljik s kisikom veže v ogljikov dioksid, pri čemer se sprošča toplota. V zaprtem prostoru se pri zgorevanju glukoze sprosti 0,78 kWh/mol toplote. Tako energijo sonca, shranjeno v rastlinah, v veliki meri ponovno pridobimo kot toplotno energijo. Poleg tega je biomasa CO₂ nevtralna, saj pri zgorevanju odda toliko CO₂, kot ga je rastlina v svoji dobi rasti prejela, oziroma toliko, kot bi ga oddala v procesu gnitja (glej Sliko 1, na str. 3).

Slika 1: Krožni tokovi v naravi



Vir: Hrovatin, Šubic, 2000, str. 1.

Ideja o uporabi biomase kot vira energije ni nova. Sredi 19. stoletja je biomasa, predvsem lesna, zadovoljevala preko 90% svetovnih potreb po energiji (Klass, 2002). Nato so se kot najpomembnejši vir energije začela uveljavljati fosilna goriva, les pa je vse bolj izgubljal na pomenu. Dandanes fosilna goriva zadovoljujejo kar 79% potreb po energiji v svetu, delež biomase pa znaša le 11% (Renewables in Global Energy Supply, 2002). Nekateri znanstveniki menijo, da je konec obdobja fosilnih goriv pred nami, saj naj bi se njihove rezerve po pričakovanjih izčrpale pred sredino 21. stoletja. To dejstvo, hkrati pa vse večje zavedanje, da je onesnaževanje okolja zaradi pridobivanja energije postalo že zelo nevarno za obstoj človeštva, naj bi v prihodnjih letih biomaso ponovno uvrstilo med vodilne vire energije. Ocenjuje se, da se na Zemlji s fotosintezo letno proizvede okoli 100 milijard ton organskih snovi, kar ustreza, preračunano na ogljik, $3 \cdot 10^{21}$ J (Medved, Novak, 2000, str. 151). To je okoli 10-krat več od trenutnih svetovnih energetskega potreb človeštva.

2.1. Možnosti energetske izrabe biomase

Kot pove naslov mojega diplomskega dela, bo v njem govora predvsem o lesni biomasi. Vseeno pa bi rad na kratko predstavil tudi ostale vrste biomase in predvsem načine, kako iz nje pridobimo energijo.

2.1.1. Lesna biomasa

Les je brez dvoma najstarejše kurivo, ki ga pozna človeštvo. Verjetno je kurjenje trde snovi najbolj preprost način pridobivanja energije iz biomase. Lesna biomasa obsega predvsem les iz gozdov (hlodi, vejevje, grmovje idr.) in lesne odpadke iz industrije (odpadni kosi, žagovina, lubje, in odpadni proizvodi iz lesa).

O načinih izkoriščanja lesne biomase bom podrobneje pisal v nadaljevanju.

2.1.2. Energetski posevki

Z gojenjem in uporabo primernih industrijskih rastlin (oljne repice oz. oljne ogrščice, soje, sladkorne pese, krompirja itd.) ter iz starih odpadnih jedilnih olj in odpadnih maščob živalskega in rastlinskega izvora je možno proizvajati biodieselsko gorivo, ki kot alternativno gorivo lahko nadomešča navadno dieselsko gorivo fosilnega izvora. Prav tako je možno glukozo iz industrijskih rastlin (najpogosteje koruze) s procesom fermentacije predelati v etanol. Za razliko od navadnega diesla se pri zgorevanju biodiesla v ozračje ne sproščajo žveplo, aromatske spojine in svinec.

2.1.3. Bioplin

Pridobivamo ga na več načinov: s segrevanjem trdnih goriv ali z anaerobnim razkrojem kmetijskih odpadkov. Na pomoč nam priskočijo anaerobne bakterije, ki z razkrojem organskih snovi privedejo med drugim tudi do nastanka metana in vodika (Ways of Extracting Biomass Energy, 2002). Tako lahko napolnimo cisterne z živalskimi iztrebki, dodamo bakterije in pridobivamo bioplin. Podobno lahko naredimo na odlagališčih odpadkov, kjer konča ogromna količina gospodinjske odpadkov, ostankov od košnje in obrezovanja dreves. Pokrijemo jih s plastjo gline in vanje vstavimo perforirane cevi, skozi katere nato zbiramo bioplin.

2.2. Prednosti uporabe biomase v energetske namene

Že ime samo pove, da poteka pridobivanje energije iz biomase v sozvočju z naravo. Raziskal bom, kako s porabo biomase koristimo okolju in kakšni so njeni pozitivni gospodarski učinki.

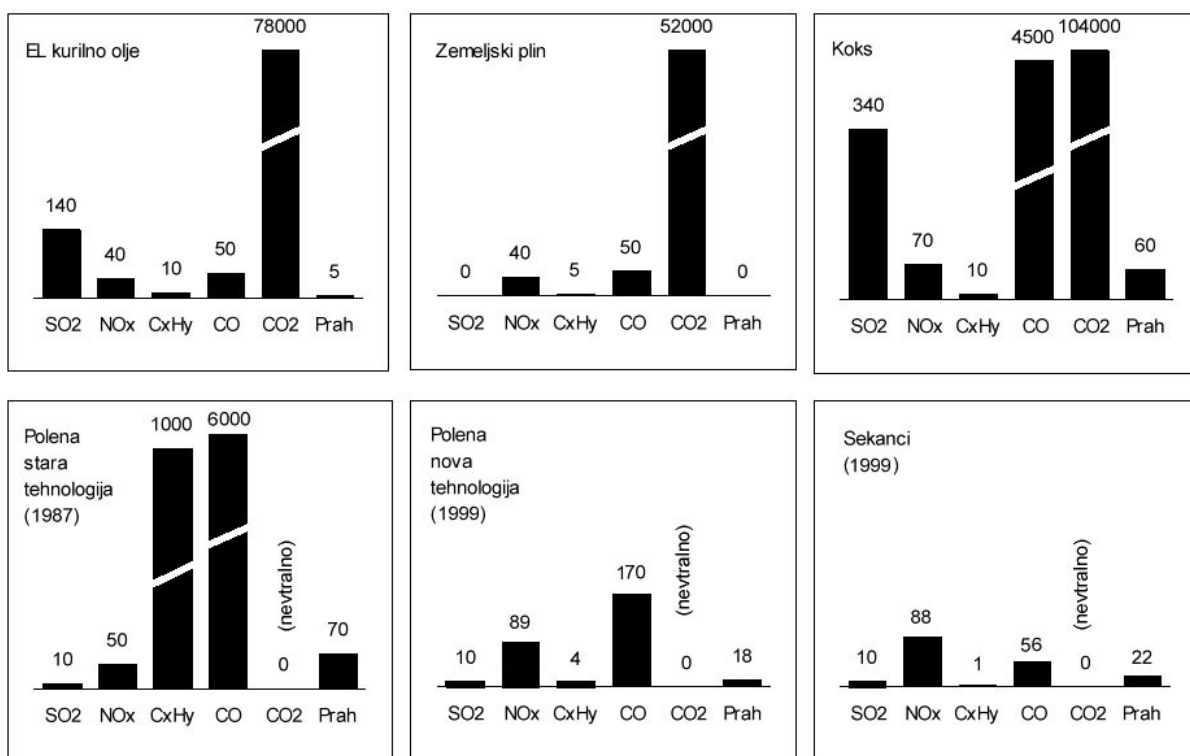
2.2.1. Vplivi na okolje

Če nadomestimo fosilna goriva z biomaso, zmanjšamo ali celo izničimo škodljive vplive na okolje, ki jih povzročata poraba in pridobivanje fosilnih goriv. Opisal bom nekaj najpomembnejših ekoloških učinkov, ki sledijo manjši porabi fosilnih goriv na račun večje izrabe biomase.

- Zmanjšanje emisij toplogrednih plinov, ki resno ogrožajo ozračje in najverjetneje botrujejo klimatskim spremembam, ki smo jih priča v zadnjem času. Z zbiranjem metana na deponijah preprečimo njegovo sproščanje v ozračje in pridobimo energijo za pogon motornih vozil (Ways of Extracting Biomass Energy, 2002). Še pomembnejše je zmanjšanje emisij CO₂, saj je biomasa CO₂ nevtralna (glej Sliko 2, na str. 5). Rastline skladiščijo ogljik, ves ogljikov dioksid, ki se sprosti med gorenjem, pa porabi med svojo rastjo naslednja rastlina. Tako je krog sklenjen, seveda le pod pogojem, da v naslednjem ciklu posadimo toliko rastlin, kot smo jih v prejšnjem ciklu porabili.

Fosilna goriva so v svojo strukturo ogljik vezala že pred milijoni let, ob gorenju pa se sprošča šele sedaj. Z njihovo uporabo se nenehno povečuje delež CO₂ v atmosferi (za približno 5 milijard ton na leto), to pa vodi do učinka tople grede (Butala, Turk, 1998, str. 2). Za razliko od fosilnih goriv pri lesni biomasi skoraj ni emisij žveplovega dioksida (SO₂), saj les vsebuje le majhno količino žvepla (0,01 – 0,1% suhe snovi).

Slika 2: Emisije v kg/TJ, ki nastajajo pri kurjenju v majhnih kotlih za centralno kurjavo



Vir: Ogrevanje s sodobnimi kotli na lesno biomaso, 2002.

- Zmanjšanje kislega dežja: povzročata ga predvsem žveplo in dušik, ki se sproščata pri gorenju fosilnih goriv. Kisli dež uničuje jezera in življenje v njih, na človeka, rastlinski in živalski svet pa vpliva tudi na druge načine. Ker biomasa ne vsebuje žvepla, z njeno pomočjo zelo preprosto vplivamo na zmanjšanje kislega dežja.
- Preprečevanje onesnaževanja voda. Z zbiranjem metana iz gnojnic na živalskih farmah preprečimo pronicanje metana v podtalnico, s čimer iz strupene snovi dobimo

energetski vir. Pitno vodo zaščitimo tudi s kurjenjem žagovine, iz katere bi sicer pronical tanin in okužil podtalnico.

- Preprečevanje erozije zemlje. Gojenje biomase vključuje poleg nege obstoječih gozdov tudi pogozdovanje na dodatnih kmetijskih površinah, s čimer učvrstimo zemljo.
- Krčenje prenapoljenih odlagališč odpadkov: te raje koristno porabimo za pridobivanje biogoriv in bioplinov. S tem ohranimo dragocen prostor, obenem pa predelamo sicer neuporabne snovi.
- Naseljevanje divjih vrst živali, ki jih je človek odgnal iz njihovega naravnega okolja. Drevesa zagotavljajo senco, utrjujejo rečne bregove in ponujajo zavetje ribam, pticam in ostalim živalim. S tem se odpirajo tudi nove možnosti za lov in ribolov.
- Trajno in večnamensko gospodarjenje z gozdovi. Z nego obstoječih gozdov in njihovega rastiščnega potenciala (nega mladja, čiščenje gošče, redčenje) preprečujemo požare, izboljšujemo zdravje gozda, istočasno pa pridemo do energetskih surovin.
- Varnejši transport energetskih virov: v primerjavi s tekočimi in plinastimi gorivi obstaja pri prevozu bistveno manjše tveganje, da bo prišlo do ekološke katastrofe.

2.2.2. Gospodarski vplivi

Nadomestitev fosilnih goriv z biomaso ima tudi v ekonomskem smislu številne pozitivne učinke. Opisal bom najvažnejše izmed njih.

- Manjša odvisnost od uvoženih energetskih virov, ki se zaradi nestabilnih razmer na področjih, bogatih s fosilnimi gorivi, nenehno podražujejo. Še februarja 1999 je bila cena za sod nafte 9,5\$, februarja 2000 pa že 30\$. Takšni t.i. "naftni šoki" nenehno šibijo tako svetovno, kot tudi nacionalna gospodarstva. Sem je treba prišteti še denar za obrambo strateških interesov zahodnih držav na Bližnjem vzhodu in seveda vse stroške terorističnih napadov, ki so nedvomno posledica vmešavanja Zahoda v gospodarstvo in politiko bližnjevzhodnih držav. Iz vsega tega sledi, da odvisnost od uvoženih energetskih virov zelo drago stane države, ki nimajo lastnih nahajališč fosilnih goriv oz. jih imajo, a z njimi ne morejo zadovoljiti vseh potreb po energiji. Če bi dali prednost biomasu in ostalim obnovljivim virom energije, bi finančna sredstva, namenjena uvozu fosilnih goriv, ostala v državi, to pa bi ojačalo nacionalno gospodarstvo in uravnotežilo zunanjetrgovinsko bilanco. Poleg tega bi z diverzifikacijo na trgu energetskih surovin prispevali k nižjim cenam fosilnih goriv in zmanjšali občutljivost na krizne razmere.
- Odpiranje novih delovnih mest, še zlasti na ruralnih območjih. V Sloveniji smo namreč priča neenakomernemu razvoju regij (Radej, 2002, str. 12). V letu, ko je bruto domači proizvod zrasel za 3%, se je število revnih povečalo za 2,5%, namesto da bi se zmanjšalo najmanj za 3%. Zadnje uradne ekonomsko-socialne ocene kažejo na

naraščajoče razlike v razvitosti med vzhodom in zahodom države ter med urbanim in ruralnim prebivalstvom, predvsem v stopnji aktivnosti, izobraženosti prebivalstva, ekonomski moči občin in s tem povezanimi razlikami v zdravju in različni pričakovani dolžini življenja. Z denarjem, ki bi ga prihranili, ker bi uvažali manj fosilnih goriv, bi zgradili infrastrukturo za pridelavo in izrabo biomase. S tem bi pomagali pri odpravi socialne osamitve podeželja in prispevali k njegovemu enakomernejšemu razvoju, saj bi ustvarili prihodek v sami regiji, predvsem pri pripravi biomase (Žerjav, Petač, 2001, str. 12). Tako bi se odprla številna nova delovna mesta v gozdarstvu, kmetijstvu, industriji, znanosti, obrti, storitvenih ter drugih dejavnostih.

- Povečanje zanesljivosti oskrbe z energijo. Ker je biomasa razpoložljiva regionalno, so za njo značilne kratke transportne poti in ker gre za obnovljiv vir energije, zagotavlja nemoteno in zanesljivo oskrbo z energijo.
- Zmanjšanje izdatkov za okoljevarstvo in zdravstvo. Mednarodni sporazumi zavezujejo države k zmanjševanju škodljivih vplivov na okolje. Z zmanjšanjem porabe klasičnih goriv bi zmanjšali stroške za okoljevarstvo, pa tudi zdravstvene stroške, do katerih pride zaradi obolenj, ki so posledica onesnaženega okolja.

2.3. Pomanjkljivosti biomase in okoliščine, ki zavirajo njen hitrejši razvoj

Kljub velikemu energetskega potencialu biomase je bila do sedaj slabo ali celo napačno izkoriščana. Za to obstajajo tako ekonomski kot ekološki razlogi.

2.3.1. Ekonomski razlogi

Pridobivanje energije iz fosilnih goriv se je izkazalo za udobno in učinkovito. Poleg tega obstaja še nekaj pomembnih razlogov za počasen preboj biomase med ključne vire energije.

- Visoka cena tehnologije
V primerjavi z enako učinkovitimi napravami na fosilna goriva so kurilne naprave na biomaso vsekakor bistveno dražje in to je nedvomno ključni razlog, zakaj niso širše uporabljane. Zato si je treba prizadevati za znižanje stroškov tehnologije pridobivanja energije iz biomase, kar bo posledično vodilo tudi k zmanjševanju finančne pomoči s strani države.
- Nizka ozaveščenost ljudi
Že ob pogledu na to, kako človeštvo gospodari z neobnovljivimi naravnimi viri, nam postane jasno, kako kratkovidna je človeška rasa. Zato je povsem razumljivo, da se le redki posamezniki odločijo za relativno drago investicijo v kurilne naprave na biomaso, ki se v trenutnih razmerah izkaže kot upravičena šele na dolgi rok. Odločitev je tako

večinoma podkrepljena z ekološko ozaveščenostjo; ker pa se upravičenost novih vlaganj večinoma ocenjuje s finančnimi kazalci, zaenkrat še ni pričakovati večjih premikov brez vključevanja države.

- Strah države pred manjšimi proračunskimi prilivi
Težko je tudi pričakovati primerne ukrepe države, če ta ugotovi, da bo z njimi zmanjšala porabo fosilnih goriv in zato pobrala manj trošarin in CO₂ taks. Seveda je takšno razmišljanje države zelo ozkogledno, a proračun se sprejema le za nekaj let vnaprej in z jamčenemu denarju se ni lahko odpovedati.
- Moč naftnih lobijev
Njihovo delovanje je verjetno veliko bolj opazno v Ameriki kot pri nas, a dejstvo je, da ima vsak pomemben gospodarski dejavnik neke vrste vpliv na odločanje državnih organov. Verjetno bo prišlo do rešitve v trenutku, ko bodo tovrstna podjetja uvidela svojo priložnost v energetske izrabi biomase, do takrat pa bo najbrž preteklo še precej naftnih derivatov.

2.3.2. Ekološki razlogi

Kakor vsaka proizvodnja energije ima tudi pridobivanje energije iz biomase vpliv na okolje. Z neracionalno pridelavo in izrabo biomase lahko povzročimo naslednje probleme (Medved, Kotnik, 1995):

- Zmanjšanje hranljivosti tal in erozija
Ob večjih posekih gozdov prihaja do erozije, ki odvzema tlam hranljive snovi in zmanjšuje rastlinam dostopnost do vode. To vodi k nerodovitnosti zemlje in v najhujši obliki začnejo nastajati puščave.
- Onesnaževanje ozračja in voda
Kot sem že zapisal, je biomasa CO₂ nevtralna, če je posek enak prirastu. Če pa porabimo več, kot smo posadili, prispevamo k povečevanju koncentracije CO₂ v ozračju. Z dimnimi plini se izločajo tudi trdni delci, prah, dušikovi oksidi, ogljikovodiki ter ostali produkti nepopolnega izgorevanja. Pri uporabi goriv iz biomase v motorjih z notranjim zgorevanjem se nekoliko poveča izpuh aldehydov. Plinske pare iz pirolize lahko vsebujejo poliaromatične strupene ogljikovodike. Seveda se z nenehnim izboljševanjem procesov zgorevanja biomase zmanjšujejo ti škodljivi vplivi.
- Vpliv velikih plantaž biomase
Veliki nasadi energetskih rastlin spremenijo ekosistem in vizualno podobo pokrajine, kar je lahko moteče za ljudi in ogroža živali.

3. Lesna biomasa

Slovenija sodi med evropske države z največjim deležem ozemlja, ki je pokrito z gozdom. Poleg tega letni posek v naših gozdovih ne dosega niti polovice letnega prirasta, zato ima lesna biomasa kot obnovljiv vir energije v Sloveniji veliko perspektivo.

3.1. Viri lesne biomase

Med lesno biomaso, ki jo je smiselno uporabiti v energetske namene, spadajo (Žerjav, Petač, 2001, str. 5):

- lesni sortimenti slabše kakovosti, ki nastajajo pri redčenjih v gozdovih, pri sanitarnih sečnjah in končnem poseku,
- sečni ostanki, ki nastajajo pri redčenjih v gozdovih, pri selitvenih redčenjih, pri končni sečnji, pri sanitarnih sečnjah ter iz nege košče,
- odpadki iz predelave lesa – lesni ostanki pri industrijski obdelavi lesa, kjer nastajajo ostanki primarne in sekundarne predelave (žagovina, krajniki, odpadna skorja oz. lubje, oblanci, odrezki, lesni sekanci in lesni peleti),
- les iz kmetijskih površin (krčitve površin v zaraščanju, obrezovanje drevja v sadovnjakih in vinogradih),
- lesni ostanki pri vzdrževanju cest, parkov, livad in drevoredov,
- lesni odpadki iz gospodinjstev,
- preostali kemično neobdelan les (posledica kmetijskih dejavnosti v sadovnjakih in vinogradih) oz. že uporabljen les in njegovi izdelki (zabojčki, palete, star papir...).

3.2. Energijska vrednost lesne biomase

Energijska vrednost lesa je odvisna od vsebnosti vode oz. vlage v njem, ta pa je odvisna od načina pridelave in skladiščenja (Butala, Turk, 1998, str. 9). Posamezne vrste lesa imajo različne energijske vrednosti (glej Tab. 1, na str. 9). Les moramo skladiščiti ne le zaradi sušenja in da bi zagotovili obratovanje kurilne naprave, ko se pojavi potreba po toploti, temveč tudi zaradi možnosti nakupa večjih količin po ugodni ceni.

Tabela 1: Kurilnost najpogostejših vrst lesa v slovenskih gozdovih pri različnih vsebnostih vode, izražena v kWh / m³

vsebnost vode	15%	20%	25%	30%	35%	40%	45%	50%	55%	60%
smrekov / jelkin les	2034	1957	1914	1888	1859	1828	1788	1741	1683	1609
macesnov les	2554	2461	2431	2402	2363	2322	2272	2212	2139	2045
borov les	2781	2280	2225	2198	2161	2125	2078	2024	1957	1873
bukov / hrastov les	2897	2743	2677	2642	2599	2547	2488	2419	2332	2224

Vir: Butala, Turk, 1998, str. 19 – 20.

3.3. Priprava lesne biomase

Priprava lesa lahko poteka v gozdu ali v lesnopredelovalnih obratih. Običajne so naslednje oblike: polena, sekanci in peleti (Ogrevanje s sodobnimi kotli na lesno biomaso, 2002).

- **Polena**
Ponavadi se dostavljajo kot metrske cepanice. V pečeh se uporabljajo v velikosti po 30, 50, 100 in celo 120 cm dolžine. Za doseganje dobre kakovosti je potrebno dveletno skladiščenje v suhem prostoru, s čimer znižamo vsebnost vode pod 20%. Primerna so za lastnike gozdov, ki imajo na voljo enostavno gozdarsko orodje.
- **Sekanci**
To je strojno drobljen les velikosti okrog 3 cm z vsebnostjo vode do 30%. Uporabljajo se za samodejno obratovanje sodobnih kotlovnih naprav. Za izdelavo sekancev je primeren manjvreden les, npr. les pospravnih in sanitarnih sečenj, grmičevje, sadna drevesa ter odslužen les. Za pridobivanje tega goriva je potreben nakup oz. najem sekalnika.
- **Peleti**
To so valjasti stiskanci iz suhe žagovine s premerom 5 – 15 mm in dolžine 10 – 30 mm. Izdelujejo jih industrijsko v stiskalnicah brez uporabe kemičnih dodatkov. Prodajajo se v vrečah ali razsuti, njihova energijska gostota pa je večja kot pri sekancih. So tudi bolj sipki kot sekanci, zato jih lahko prečrpavamo po ceveh in transportiramo v cisternah. Njihova slabost je predvsem visoka cena. V Sloveniji je proizvodnja peletov šele na začetku razvoja.

3.4. Sodobne naprave za zgorevanje lesne biomase

Svetovna poraba energije narašča kar za 2% letno (Burja, 2002, str. 8). To je po eni strani posledica gospodarskega napredka držav v razvoju, po drugi pa odraža pasivnost razvitih držav pri zmanjševanju strah zbujujočih izgub energije. Kar 80% vseh izkopanih surovin na koncu obleži nekoristno kot embalaža, ostanek ali odpadek (Radej, 2002, str. 12). Ali slovenski primer: za pridobitev vsake kilovatne ure energije v krški nuklearni je potrebno približno toliko povsem uporabne toplotne energije zlit v Savo.

Snovalci naprav za zgorevanje lesne biomase imajo pred sabo en sam cilj: izkoristiti vsak atom energije. Učinkovito in popolno zgorevanje je predpogoj za uporabo lesne biomase kot okoljsko zaželenega goriva (Hrovatin, Šubic, 2000, str. 1). Poleg visokega izkoristka mora proces zgorevanja zagotavljati popolno odgorevanje lesa, pri katerem ne nastajajo okolju nevarne spojine. Za kakovostno zgorevanje mora biti zagotovljena ustrezna mešanica goriva in kisika z možnostjo nadzora, hkrati pa mora plamen v kurišču del svoje toplote prenesti na gorivo zaradi zagotavljanja neprekinjenega zgorevanja. Pri tem je pomembno vedeti, da hlapljive substance goriva zgorevajo v obliki plamena, koksni preostanki (trdni delci) pa žarijo. Pri lesni biomasi se okrog 80% energije sprosti z zgorevanjem hlapljivih substanc, preostalih 20% pa z žarenjem oglja. V zgorevalnem prostoru je potrebno zagotoviti kakovostno mešanje kisika z gorljivimi substancami goriva.

Čim boljše je mešanje goriva in zraka, tem hitreje in popolnejše je zgorevanje. V primeru zemeljskega plina lahko pripravimo optimalno mešanico, saj imamo dve plinasti sestavini, ki ju lahko mešamo med seboj v točno določenem razmerju, zato je zgorevanje zelo dobro. Za približno enako zgorevanje lesne biomase bi jo morali zmleti v prah, s čimer bi zagotovili dobro mešanje z zrakom. Proizvodnja lesnega prahu pa je zaradi posebnih zahtev (suhost, čistost idr.) relativno draga, kar omejuje uporabo takšnega načina zgorevanja.

Kljub temu pa so kurišča na lesno biomaso v zadnjih letih doživela nesluten tehnični razvoj. Samodejno obratovanje peči na lesno biomaso je postalo tako enostavno, da je kurjenje z njimi že mogoče primerjati s kotli na plin ali na kurilno olje. Izkoristki majhnih kotlov na lesno biomaso so se v zadnjih letih korenito izboljšali (od 55% na 90%). Glavni cilji, ki so ta razvoj usmerjali in vodili, so bili (Šveglj, 2002):

- čim bolj izenačiti tehnologijo (samodejnega) kurjenja na trdo biomaso s tehnologijami za uporabo kurilnega olja in plina,
- zmanjšati obseg opravil (večkratno nalaganje, pogosto čiščenje) in porabo časa na minimum,
- zagotoviti maksimalne izkoristke energetske vrednosti trdne biomase ter optimalno in nemoteno delovanje kurilnih naprav,
- doseči prilagodljivost naprav glede oblike in vrste goriva,
- omogočiti izpopolnitev že obstoječih naprav,
- zmanjšati emisije produktov zgorevanja na najmanjšo možno raven,
- izboljšati estetski videz in funkcionalno prilagodljivost (postavitve, vgradnje) različnim bivalnim in drugim prostorom.

V nadaljevanju bom predstavil tri vrste majhnih sodobnih kotlov na lesno biomaso: prvi je z ročnim nalaganjem, ostala dva pa z avtomatskim doziranjem.

3.4.1. Kotli na polena s prezračevalnim kuriščem

Polena se ročno položijo v polnilni prostor (zalogovnik) na žerjavico (Ogrevanje na lesno biomaso, 2002). Ventilator posepa ali potisne nastale pline skozi odprtino v zgovalno komoro. S pomočjo sekundarnega zraka, ki ga tu dodajamo, ti plini dokončno zgorijo. Toplota se iz nastalih dimnih plinov v toplotnem prenosniku prenese na toplo vodo, ki jo vodimo v sistem centralnega ogrevanja.

Čeprav dosegajo kotli na polena nove generacije visoke izkoristke in nizke emisije tudi pri delnih obremenitvah, je priporočljiva vgraditev hranilnika toplote (Hrovatin, Šubic, 2000, str. 9). Gre za izoliran vodni rezervoar, ki prevzame presežno toploto iz kotla in služi za ogrevanje prostorov, potem ko se gorenje v kotlu konča. Tako lahko ob enkratnem polnjenju 24 ur ogrevamo stanovanje ali bolje izolirano hišo, s čimer znatno povečamo izkoristek kotla. Predpogoj za to je dovolj velik zalogovnik, suh les in hranilnik toplote z dovolj prostornine. Vgraditev hranilnika toplote je zelo priporočljiva tudi za izboljšanje energijskih in ekoloških učinkov pri starejših kotlih na trdna goriva.

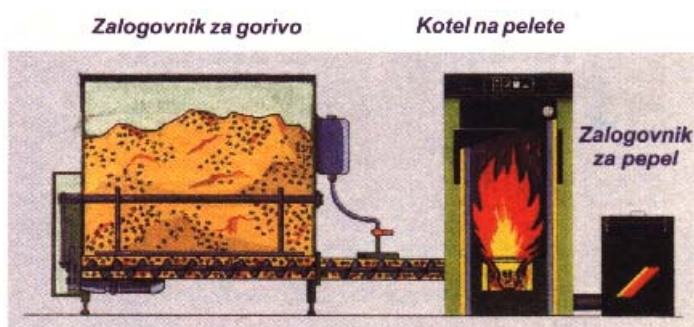
3.4.2. Kotli na lesne sekance

S pomočjo polnilne naprave in podajalnega polža dovajamo v kotel lesne sekance, ki so shranjeni v zalogovniku. Napajalna naprava je opremljena tudi z varnostnim sistemom, ki preprečuje povratni udar plamena v polnilno napravo in zalogovnik. Z neprekinjenim dovodom goriva in nadzorom dotoka zraka se trajno zagotovi odličen izkoristek in prilagajanje procesa zgorevanja dejanskim potrebam po toploti. Najnovejši sistemi delujejo z elektronsko regulacijo, ki nadzoruje zgorevanje in razdelitev toplote.

3.4.3. Kotli na pelete

Podobni so kotlom na lesne sekance. Opremljeni so z zalogovnikom in sistemom za samodejno nalaganje (glej Sliko 3, na str. 12). Prednost peletov v primerjavi z lesnimi sekanci je v tem, da so bolj homogeno gorivo, njihova kurilnost glede na težo je večja, zaradi česar je lahko zalogovnik tudi do štirikrat manjši kot pri sekancih. Pelete se dostavljajo s cisternami, podobno kot kurilno olje.

Slika 3: Prikaz delovanja kotla na pelete s samodejnim nalaganjem goriva



Vir: *Ogrevanje s sodobnimi kotli na lesno biomaso, 2002.*

Nabavna cena kotlov je visoka v primerjavi s kotli na fosilna goriva (glej Tab. 2, na str. 12). Kljub temu pa je na dolgi rok investicija lahko zanimiva, sploh za lastnike gozdov ali lesnih obratov. Poleg tega država investitorjem v kurilne naprave na lesno biomaso podeljuje subvencije, o čemer bom več napisal v naslednjih poglavjih.

Tabela 2: Primerjava majhnih kotlov na biomaso – primer enodružinske hiše s toplotno obremenitvijo 12 kW

Gorivo	okvirna cena kotla (v SIT)	skladiščni prostor / leto (v m ³)	uporaba
POLENA	od 1.200.000	12 (trd les)	nalaganje polen 1 – 2 krat na dan
SEKANCI	od 2.100.000	28 (mehak les)	polnitev 1 – 2 krat na leto in samodejno obratovanje
PELETI	od 1.800.000	7,5	polnitev 1 krat na leto in samodejno obratovanje

Vir: *Ogrevanje s sodobnimi kotli na lesno biomaso, 2002.*

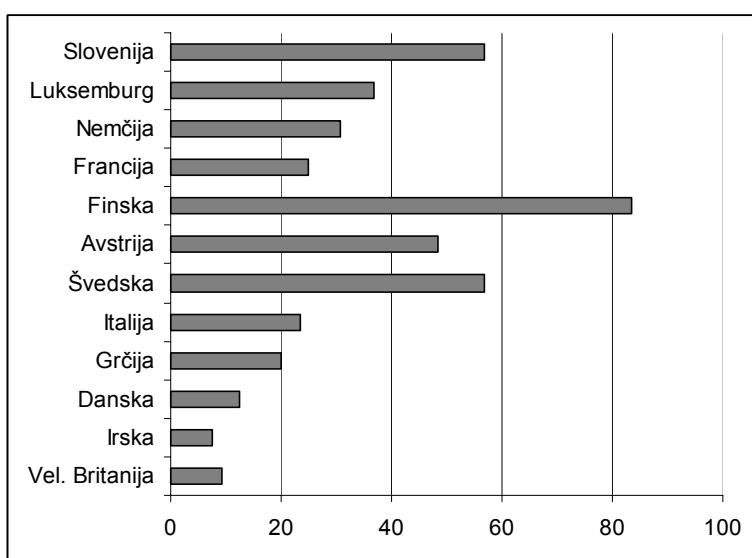
3.5. Potencial lesne biomase v Sloveniji in po svetu

V tem podglavju bom primerjal razpoložljivost lesne biomase v Sloveniji in v nekaterih evropskih državah. Preučil bom pogozdenost, letni prirastek in letni posek, izvor lesne biomase ter njen delež v primarni energetski bilanci. Na koncu bom poskušal ugotoviti, kakšne so projekcije gibanja tega deleža v svetovnem merilu.

3.5.1. Pogozdenost

V Sloveniji je les naravno bogastvo, saj je kar 56% ozemlja poraščena z gozdovi, s čimer se Slovenija uvršča v evropski vrh, kamor sodijo še Finska, Švedska in Avstrija (Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih 2001, 2001).

Slika 4: Pogozdenost nekaterih evropskih držav



Vir: *Ogrevanje s sodobnimi kotli na lesno biomaso, 2002.*

3.5.2. Letni prirastek in letni posek

Zaloga lesne mase se v Sloveniji iz leta v leto povečuje, saj sedanji posek predstavlja le 38% prirasta (glej Tab. 3, na str. 13). Načrtovani posek sicer predstavlja dobro polovico prirasta, realizacija sečnje pa je zaradi nezainteresiranosti lastnikov gozdov še manjša.

Tabela 3: Količina lesne biomase v Sloveniji v letu 2000

SKUPNA LESNA ZALOGA	260.692.000 m ³	
LETNI PRIRASTEK	6.827.000 m ³	100%
MOŽNI LETNI POSEK	3.478.000 m ³	51%
DEJANSKI LETNI POSEK	2.609.000 m ³	38%
RAZLIKA	869.000 m ³	13%

Vir: *Žerjav, Petač, 2001, str. 14.*

Naj dodam še, da je skromen posek posledica slabega stanja v celotni lesni panogi. Slovenska lesnopredelovalna podjetja so zastarela, imajo visoke stroške in poslujejo slabo. Velike težave imajo s plačilno sposobnostjo in tudi zato lastniki gozdov nimajo posebnega interesa prodajati lesa. Če bomo želeli v Sloveniji povečati izrabo lesa, bo vsekakor treba sanirati lesnopredelovalna podjetja, ki pa imajo potrebno znanje in izkušnje.

Povsem drugačna je situacija v Evropski uniji, kjer je z izjemo Portugalske v vseh državah letni prirastek manjši od poseka (glej Tab. 4, na str. 14).

Tabela 4: Razlika med letnim prirastkom in letnim posekom v nekaterih evropskih državah v letu 1995

država	razlika med letnim prirastkom in letnim posekom (v m ³)
Velika Britanija	-31 mio
Irska	-2 mio
Danska	-3 mio
Belgija	-4 mio
Nizozemska	-10 mio
Francija	-11 mio
Grčija	-2 mio
Italija	-18 mio
Portugalska	+5 mio

Vir: Medved, Kotnik, 1995.

Glede na to dejstvo naj bi v Evropski uniji v prihodnje zmanjšali sekanje gozdov za energetske namene, les pa naj bi nadomestili lesni ostanki in energetske rastline (vrba, topol, kitajska trstika, sladka koruza).

3.5.3. Potencial lesne biomase glede na izvor

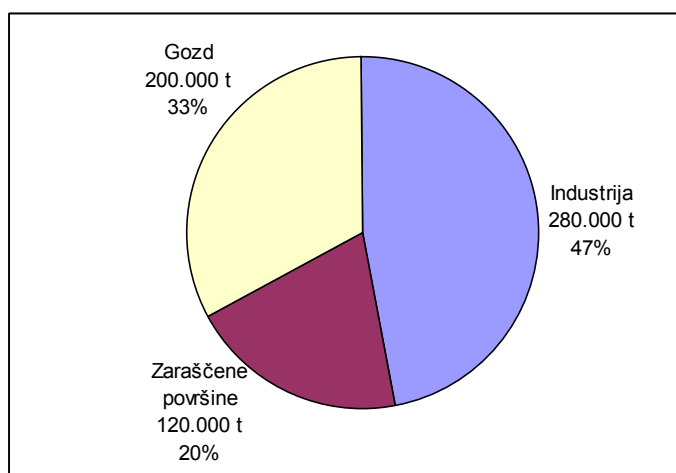
V Sloveniji je prek 95.000 hektarjev grmišč, kjer letno priraste 120.000 ton lesa (Žerjav, Petač, 2001, str. 13).

Potencial lesne biomase iz gozdov je 200.000 ton na leto. Analize kažejo, da je v hektarju gozda od 0,6 do 1,4 m³ nekakovostnega lesa in ostankov. V povprečju lahko upoštevamo 1 m³ lesne biomase na hektar gozdne površine.

Pri industrijski predelavi lesa ostane letno 280.000 ton lesnih odpadkov. Poleg velikih lesno-industrijskih obratov je v Sloveniji registriranih preko 4.000 malih predelovalcev lesne surovine in več tisoč neregistriranih žag, ki ustvarjajo letno vsaj 150.000 ton lesnih odpadkov, primernih za energetske rabo (glej Sliko 5, na str. 15).

Tudi les iz parkov, livad in drevoredov predstavlja določen potencial, ki je praviloma lokalnega značaja.

Slika 5: Ocenjen potencial lesne biomase v Sloveniji



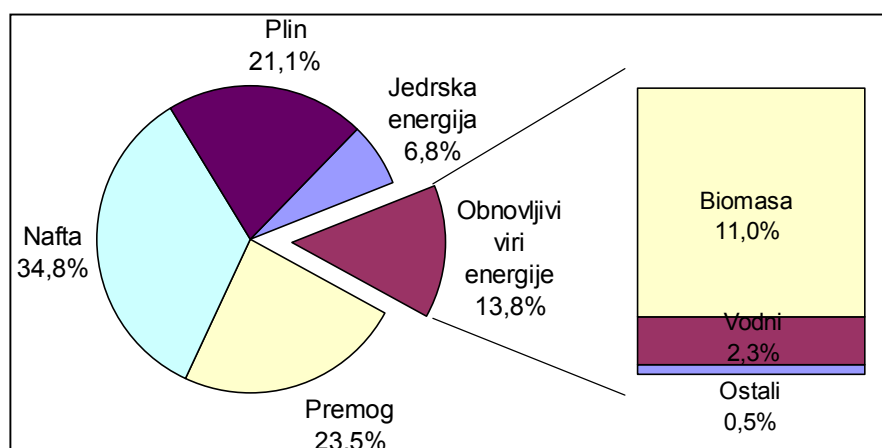
Vir: Žerjav, Petač, 2001, str. 13.

3.5.4. Delež lesne biomase v energetske bilanci

Letna raba primarne energije v Sloveniji je približno 250 PJ. Za energetske namene se porabi okrog 1,2 mio m³ lesne biomase, kar predstavlja 4,5% (11,3 PJ) celotne primarne energije (Žerjav, Petač, 2001, str. 14).

Na svetovni ravni znaša delež vseh obnovljivih virov v energetske bilanci 13,8%, delež biomase (vključuje les, biogoriva in gospodinjske ter industrijske odpadke) pa 11% (Renewables in Global Energy Supply, 2002).

Slika 6: Svetovna primarna energetska bilanca v letu 2000



Vir: Renewables in Global Energy Supply, 2002.

V državah v razvoju, kjer živi skoraj tri četrtine celotne zemeljske populacije, predstavlja biomasa prevladujoč vir energije (33%), gre seveda skoraj izključno za les, 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% in Švedska s 17% deležem biomase v nacionalni energetske bilanci (glej Tab. 5, na str. 16).

Tabela 5: Delež obnovljivih virov energije in delež lesne biomase v primarni energetske bilanci v nekaterih evropskih državah leta 2000

država	delež obn. virov energije (v %)	delež lesne biomase (v %)
Avstrija	23,8	5,6
Belgija	1,3	< 1
Danska	11,3	2,7
Finska	24,2	20,7
Francija	6,8	0,3
Nemčija	3,3	< 1
Grčija	5,3	2,5
Irska	1,8	0,9
Italija	5,3	2,5
Nizozemska	2,5	< 1
Portugalska	12,7	6,3
Španija	5,9	2,9
Švedska	31,9	16,6
Velika Britanija	1,1	< 1

Vir: Bioenergy in Europe 2002 – summary and country reports, 2002.

Projekcije rabe energije po svetu v prihodnjih desetletjih predvidevajo dva scenarija: referenčnega in alternativnega (Renewables in Global Energy Supply, 2002). Po referenčnem scenariju, ki predpostavlja nadaljevanje sedanjih vladnih politik in ne predvideva nobenih pomembnih tehnoloških odkritij, naj bi uporaba obnovljivih virov energije v naslednjih 30 letih rasla za 1,3% letno, kar je pod predvideno 1,7% letno rastjo skupnih potreb po energiji. Tako bi do leta 2030 se svetovni delež obnovljivih virov energije znižal s sedanjih 13,8% na 12,5%. Do tega bi prišlo predvsem zaradi upočasnjene rasti izrabe lesne biomase, ki naj bi znašala le 0,8% letno, kar bi bila posledica prehoda s tradicionalnih načinov oskrbe z energijo v gospodinjstvih (les) na moderne (fosilna goriva) zaradi zviševanja standarda v državah v razvoju. V nasprotju s tem pa alternativni scenarij upošteva vpliv številnih novih energetskih in okoljevarstvenih politik, ki jih sedaj preučujejo v razvitih državah. Po njem naj bi ravno izraba biomase in ostalih nevodnih obnovljivih virov energije (sonce, veter, geotermalna energija idr.) naraščala za 4% letno, s čimer bi se svetovni delež obnovljivih virov energije do leta 2030 zvišal na 25,4%. Znatna razlika med referenčnim in alternativnim scenarijem kaže na ključni vpliv novih vladnih politik na bodočo primarno energetske bilanco.

4. Program energetske izrabe lesne biomase v Sloveniji od leta 2001 do 2010

Evropska unija načrtuje podvojitev deleža obnovljivih virov energije iz 6% na 12% v celotni energetski oskrbi držav do leta 2010, pri čemer daje največji poudarek prav biomasi (Žerjav, Petač, 2001, str. 10). Po Beli knjigi je z energetske izrabe biomase mogoče do leta 2010 doseči zmanjšanje emisij CO₂ na 255 milijonov ton, kar predstavlja več kot 60% prispevka vseh obnovljivih virov energije. Za doseganje tega cilja namenja finančne subvencije in pričakuje od držav članic, da bodo v ta namen pripravile lastne akcijske programe.

Proces pridruževanja Slovenije Evropski uniji bo po pričakovanjih pozitivno vplival na usklajevanje okoljske, ekonomske in širše razvojne politike države. Tako so v letu 2001 na Ministrstvu za okolje in prostor izdelali program energetske izrabe lesne biomase v Sloveniji od leta 2001 do 2010. Gre za osnovni programski dokument za pospeševanje rabe lesne biomase v energetske namene, ki omogoča povečanje deleža obnovljivih virov energije v primarni energetski bilanci za 1,8 odstotne točke in prispeva 1,6 odstotne točke k zahtevanemu 8% zmanjšanju nacionalnih letnih emisij toplogrednih plinov po Kjotskem protokolu. Program načrtuje izgradnjo 50 velikih sistemov na lesno biomaso, 100 modernih kotlov manjši moči in 5.000 majhnih kotlov za individualno ogrevanje. Vrednost skupnih naložb znaša 171 mio €, predvideva pa za 53 mio € državnih subvencij. Po programu se bo delež lesne biomase v energetski bilanci Slovenije povečal za 40%, iz makroekonomske analize ekonomsko-socialnih vplivov pa so razvidni številni pozitivni narodnogospodarski učinki, ki jih bo imela izvedba tega programa.

4.1. Vsebina programa

Celotni 10-letni program energetske izrabe lesne biomase je sestavljen iz treh podprogramov.

- Izgradnja 50 velikih sistemov na lesno biomaso, ki zajema vzpostavitev sistemov daljinskega ogrevanja na lesno biomaso in zamenjavo ali izgradnjo večjih industrijskih kotlov. Za razvoj projektov daljinskega ogrevanja so bili izbrani 203 potencialno ugodni kraji, ki so ustrezali naslednjim kriterijem (Žerjav, Petač, 2001, str. 17):
 - ustreznost občine, v kateri se nahaja izbrani kraj, glede na gozdnatost, lesnopredelovalno industrijo in število obstoječih večjih kotlov na lesno biomaso,
 - velikost kraja in lokacijska razpršenost porabnikov toplote,
 - prisotnost plinskega omrežja, kar je bil ponavadi odklonilen dejavnik,
 - podatki, specifični za posamezen kraj.

Slovenija ima predvsem na področju večjih industrijskih kotlov dolgoletne izkušnje. Kotli, ki so bili vgrajeni v praktično vseh večjih lesnopredelovalnih obratih, so zastareli in ne dosegajo modernih tehnoloških in ekoloških standardov. Ker pa razpolagajo z obstoječo infrastrukturo, potencialom in drugimi prednostnimi kazalci, jih je potrebno posodobiti, v večini primerov pa zamenjati. Sanacijo oziroma zamenjavo dotrajanih

kotlov je treba načrtovati tako, da poleg pridobivanja toplote omogočajo tudi sproizvodnjo električne energije. Z ekonomskega vidika je najbližje rentabilnosti izraba lesnih odpadkov na sami lokaciji. Tako v obratih, ki imajo ustrezen potencial, preprečimo prehod na fosilne vire energije, spodbudimo večjo izrabo lesne biomase v industriji in preprečimo nesmotrno odlaganje lesnih odpadkov na deponijah.

- Izgradnja 100 modernih kotlov na lesno biomaso manjše moči, ki bodo nameščeni v srednjih in manjših obratih lesne industrije, obrti in kmetijstva. V sklopu podprograma je predvidena tudi izgradnja sistemov za ogrevanje manjših skupin objektov (mikrodaljšinsko ogrevanje), kakor tudi sproizvodnja toplote in električne energije v sistemih z majhno in srednjo kapaciteto. Predvideva se, da bodo gorivo, šlo naj bi predvsem za lesne sekance, dobavljali kmetje iz gozdov ali pa bodo uporabljeni lesni ostanki.
- Postavitev 5.000 majhnih kotlov na lesno biomaso, ki bodo namenjeni za centralno ogrevanje hiš oziroma ogrevanje posameznih prostorov. Predvideva se vgradnja kotlov na polena z ročnim nalaganjem in kotlov na lesne sekance ter stiskance (pelete) z avtomatskim doziranjem, in sicer pretežno v kmetijskih področjih z manjšo gostoto pozidave in gozdnim zaledjem. Sekanci in polena bodo v večjem delu pridobljeni iz gozdov, predvideva pa se tudi pričetek industrijske proizvodnje peletov v Sloveniji.

4.2. Narodnogospodarski učinki izvedbe programa

V okviru programa energetske izrabe lesne biomase v Sloveniji je bila narejena makroekonomska analiza ekonomsko-socialnih vplivov, ki je ocenila 20-letne učinke na številne narodnogospodarske kategorije (Žerjav, Petač, 2001, str. 24 – 26).

- Rast dodane vrednosti v regijah, ki pomeni vso ustvarjeno dodano vrednost v času investicije, diskontirano vrednost obratovanja in vzdrževanja investicije v njeni življenjski dobi ter dodano vrednost vseh s projektom na novospodbujenih dejavnosti, zmanjšano za izgubo dodanih vrednosti dejavnosti, ki zaradi projekta usahnejo. Skupaj znaša 108,5 mio €.
- Rast neto regionalnega dohodka, ki vsebuje ustvarjeni neto dohodek v času izvedbe investicije, diskontirani neto dohodek pri obratovanju in vzdrževanju projekta ter neto bilanco dohodka samih porabnikov toplote (profitabilnost za končnega uporabnika). Skupaj znaša 337 mio €.
- Vpliv na javne prihodke, ki so vsota zaradi projekta nastalih, kakor tudi zaradi projekta izgubljenih davčnih prihodkov. Neraba fosilnih goriv pomeni velik izpad davčnih prihodkov (CO₂ takse in trošarin), zato je neto bilanca negativna, znaša pa –90,4 mio € brez upoštevanja subvencij.
- Državne subvencije, ki so za izvedbo programa ob današnjih ekonomskih pogojih nujne, saj bi se investitorji sicer odločali za kotle na fosilna goriva namesto za kotle na lesno biomaso. V programu je predvidenih 53 mio € subvencij, s katerimi dosežemo

osnovni cilj programa – zmanjšanje emisij CO₂. Subvencioniranje projektov se bo z leti zmanjševalo, saj se predvideva, da se bodo cene konkurenčnih virov energije sčasoma povečevale.

- Zmanjšanje emisij CO₂, ki je v letu 2010 ocenjeno na 320.000 ton CO₂ na leto. S tem program prispeva eno petino k ciljnemu zmanjšanju CO₂, glede na obveznosti Slovenije po Kjotskem protokolu.
- Zmanjšanje odliva dohodka v tujino, do katerega pride zaradi manjše porabe fosilnih goriv in bo leta 2010 znašalo 20 mio € na leto.
- Celotne koristi projekta v njegovi življenjski dobi, ki jih sestavljajo neto regionalni dohodek, vrednost neuvožene (substituirane) energije iz fosilnih goriv in neto ustvarjeni javni prihodki. Skupaj znašajo 919 mio €, s čimer večkratno presegajo celotno vrednost investicije. Tako znaša družbena interna stopnja donosnosti celotnega programa, računana za obdobje 20 let, 19%. Vpliv na gospodarski razvoj je velik, še posebej v smislu razvoja novih dejavnosti in zaposlovanja (neposredno se odpre 380 delovnih mest). Porabniki toplotne energije dobijo tudi kvalitetnejši izdelek (še posebej pri daljinskem ogrevanju) po dolgoročno stabilnejši ceni.

Ocenjene kategorije upoštevajo 20-letno življenjsko dobo projektov, čeprav imajo posamezni projekti (npr. daljinsko ogrevanje) tudi 50-letno življenjsko dobo, s čimer so realni dolgoročni učinki še bistveno boljši.

Tabela 6: Tehnični in ekonomski kazalci izvedbe Programa energetske izrabe lesne biomase v Sloveniji od leta 2001 do 2010 po posameznih podprogramih

	VELIKI SISTEMI	KOTLI MANJŠIH MOČI	MAJHNI KOTLI	CELOTNI PROGRAM
Število projektov	50	10	5.000	5.150
Poraba lesne biomase / leto	240.000 m ³	70.000 m ³	190.000 m ³	500.000 m ³
Proizvodnja toplote l.2010	600 GWh	150 GWh	450 GWh	1.200 GWh
Prispevek k zmanjšanju CO ₂	0,8%	0,2%	0,6%	1,6%
Vrednost skupnih naložb	127,5 mio €	6 mio €	37,5 mio €	171 mio €
Subvencije investicij	41,3 mio €	1,4 mio €	10,3 mio €	53 mio €
Zmanjšan odliv dohodka v tujino leta 2010	10 mio € / leto	2,5 mio € / leto	7,5 mio € / leto	20 mio € / leto
Porast dodane vrednosti v regijah	47,6 mio €	4,3 mio €	56,6 mio €	108,5 mio €
Porast neto regionalnega dohodka	163,1 mio €	39,1 mio €	134,8 mio €	337 mio €
Vpliv na javne prihodke (brez upoštevanja subvencij)	- 44,2 mio €	- 18 mio €	- 28,2 mio €	- 90,4 mio €
Celotne koristi	455,4 mio €	105,2 mio €	358,9 mio €	919,5 mio €

Vir: Žerjav, Petač, 2001, str. 24 – 26.

4.3. Financiranje programa

Za financiranje programa so predvidena lastna sredstva investitorjev, tuje donacije, krediti slovenskega in avstrijskega ekološkega sklada ter komercialnih bank in subvencije iz proračuna (glej Tab. 7, na str. 21). Morebitni dodatni mednarodni viri v prihodnosti bodo naknadno vključeni v program ob ustreznem zmanjšanju drugih virov (Žerjav, Petač, 2001, str. 44 – 49).

- 28,2% sredstev bo pridobljenih s pomočjo subvencioniranja in proračuna, ki je porazdeljeno na postavke Ministrstva za okolje in prostor, Ministrstva za gospodarske dejavnosti ter Ministrstva za kmetijstvo, gozdarstvo in prehrano:
 - večji delež prevzema MOP iz naslova CO₂ takse, in sicer v višini 23,6% investicije
 - na MGD poteka subvencioniranje iz proračunske postavke "spodbujanje učinkovite rabe energije in energetske izrabe obnovljivih virov energije", in sicer v višini 3,8% investicije
 - MKGP za subvencioniranje namenja sredstva iz proračunske postavke "spodbujanje skladnega regionalnega razvoja in nege gozdov", in sicer v višini 0,7% investicije

Za realizacijo programa bo potrebno zagotoviti v povprečju desetkrat višja sredstva, kot smo jih v ta namen vlagali do sedaj, in jih bo potrebno alocirati na podlagi medresorskega sporazuma med posameznimi ministrstvi.

- 2,6% sredstev predstavlja tuja nepovratna pomoč, od česar obsegajo približno eno tretjino sredstva v okviru programa CBC Phare, preostanek pa sredstva v okviru programa United Nations Development Programme – Global Environment Facility (UNDP – GEF); ta so v skladu s pogodbo prikazana kot kapitalski vložek Republike Slovenije iz donacije GEF
- 32,4% sredstev, kar je največji delež celotnih stroškov programa, se bo pokrivalo z virom ekološkega razvojnega sklada v obliki posojil, dodatnih 0,7% pa s posojili avstrijskega ekološkega sklada
- Preostalih 36,8% sredstev bo pridobljenih s pomočjo komercialnih kreditov (16%) in lastnega kapitala (20%). Pri izgradnji velikih sistemov je načrtovan najnižji delež lastnih sredstev (13,9%). Bistveno večji delež (36,2%) se pričakuje od investitorjev v kotle manjših moči. Ti naj bi bili predvsem različni posamezniki ali organizirana skupina posameznikov, ki razpolagajo s potenciali kuriva, ali lastniki oziroma upravljalci objektov, ki bodo kupovali lesno gorivo. Še večji delež (39,2%) lastnih sredstev pa naj bi vložili investitorji v majhne kotle. Ti naj bi bili kmetje in lastniki gozdov oziroma drugi hišni lastniki, ki si bodo zagotovili dobavo biomase.

Tabela 7: Finančni načrt za Program energetske izrabe lesne biomase v Sloveniji od leta 2001 do 2010 (v mio €)

kotli	CBC Phare	MGD	MOP	MKGP	Kapit. vložek RS	Eko Slad RS	Avstr. Eko Sklad	Komer. cialni krediti	Lastna sred.	Skupaj
veliki	1,5	5,471	30,329	0,679	2,86	43,045	1,165	24,761	17,69	127,5
manjši	0	0,184	1,181	0	0	1,797	0	0,666	2,172	6
majhni	0	0,918	8,895	0,556	0	10,587	0	1,854	14,69	37,5
Skupaj	1,5	6,573	40,405	1,235	2,86	55,429	1,165	27,281	34,552	171

Vir: Žerjav, Petač, 2001, str. 44 – 49.

4.4. Dosedanje izvajanje programa

Ministrstvo za gospodarske dejavnosti je v zadnjih letih finančno podprlo implementacijo nekaj manjših industrijskih kotlov na lesno biomaso. V več krajih so bile izdelane energetske zasnove, prav tako pa tudi študije izvedljivosti za daljinske sisteme ogrevanja na lesno biomaso. V okviru projekta Phare "Uvajanje sistemov ogrevanja na lesno biomaso" iz leta 1999 so bila Sloveniji odobrena sredstva za sofinanciranje izgradnje sistemov daljinskega ogrevanja na lesno biomaso v krajih Gornji Grad, Logarska dolina, Preddvor in Nazarje. V Gornjem Gradu objekt obratuje od leta 1999, v Preddvoru od leta 2002, v Nazarjih so obstoječemu omrežju dodali nov kotel, v Logarski dolini pa je projekt še v pripravi.

Področje obnovljivih virov energije pokriva od leta 2002 Agencija za učinkovito rabo energije, ki deluje v okviru Ministrstva za gospodarske dejavnosti: Izrabo obnovljivih virov energije spodbuja s programi izobraževanja, informiranja, ozaveščanja javnosti, energetske svetovanjem, spodbujanjem energetskih pregledov in lokalnih energetskih konceptov, pripravo standardov in tehničnih predpisov, fiskalnimi ukrepi, finančnimi spodbudami in drugimi oblikami. Ker gre za državna sredstva, se ta delijo s pomočjo javnih razpisov. Na področju lesne biomase je trenutno v teku razpis OPEILB – G 2003, ki ga je Agencija objavila v 28. februarja 2003 (Uradni list RS 316-27/2003). Nepovratna sredstva se dodeljujejo za vgradnjo kurilnih naprav za centralno ogrevanje na lesno biomaso, in sicer v vseh treh oblikah – na polena, pelete in sekance. Višina nepovratnih sredstev je do 40% stroškov investicije, vendar največ 300.000, 400.000 ali 500.000 SIT, odvisno od vrste kurilne naprave.

Agencija za učinkovito rabo energije izvaja tudi velik mednarodni projekt GEF "Odstranjevanje ovir za povečano izrabo biomase kot energetskega vira". Slovenija je od Sklada za svetovno okolje (GEF) pridobila nepovratna sredstva v skupnem znesku

4,3 mio \$ za spodbujanje rabe lesne biomase in s tem zmanjšanje emisij toplogrednih plinov (Slovenia – Removing Barriers to the Increased Use of Biomass as an Energy Source, 2002). Cilj projekta je olajšati financiranje oziroma izgradnjo najmanj treh do petih projektov daljinskega ogrevanja na lesno biomaso do leta 2005 ter pripraviti ustrezno dokumentacijo za izvedbo naslednjih dvajsetih projektov. Skupaj s sredstvi države, občin in investitorjev je vrednost celotnega projekta GEF 11,8 mio \$, od česar je za finančno pomoč izbranim projektom daljinskega ogrevanja na lesno biomaso na voljo 2,5 mio \$ sredstev GEF v obliki kapitalskih vložkov v podjetja, 2,5 mio \$ državnih proračunskih sredstev v obliki subvencij in 2,5 mio \$ ugodnih kreditov Ekološko razvojnega sklada Republike Slovenije. Kapitalske vloške bodo podjetja po približno petih letih odkupila, tako da bo ta denar ponovno investiran v nove sisteme daljinskega ogrevanja na lesno biomaso.

5. Ekonomska upravičenost vpeljave kurilnih naprav na lesno biomaso

V prejšnjem poglavju sem pisal o mnogih pozitivnih narodnogospodarskih učinkih, ki jih ima nadomestitev dela porabe fosilnih goriv z bistveno večjo izrabo lesne biomase v energetske namene. V tem poglavju bom analiziral, kakšen učinek ima odločitev za prehod na sodobne kotle na lesno biomaso za same porabnike toplote. Analiziral bom tudi smiselnost izgradnje omrežja daljinskega ogrevanja na lesno biomaso, in sicer na primeru Preddvora, kjer je bil pred kratkim dokončan tak sistem.

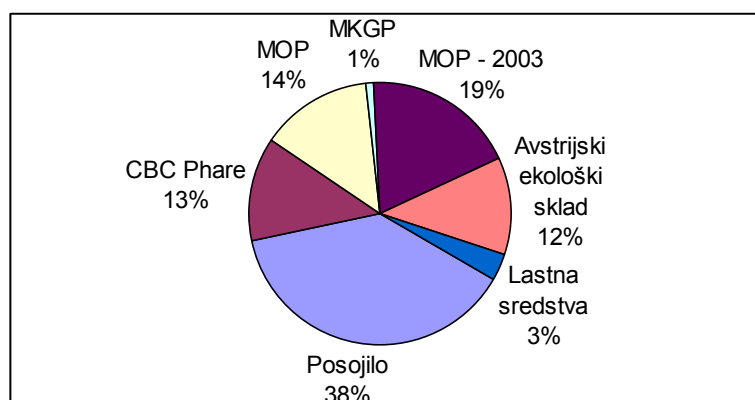
5.1. Izgradnja omrežja daljinskega ogrevanja na lesno biomaso (primer kraja Preddvor)

Osnovni namen izgradnje kotlarne in daljinskega ogrevanja na lesno biomaso v kraju Preddvor je bila opustitev obstoječih individualnih kotlovnice na fosilna goriva, starih peči na drva in premog ter starejšega kotla na lesne ostanke v podjetju Jelovica (Nemac, Bratkovič, Lambergar, 2002, str. 10). S tem naj bi se bistveno zmanjšale obstoječe emisije snovi v ozračje, izboljšalo bivalno okolje, pa tudi turistična privlačnost kraja.

Prvo pobudo za proučitev možnosti za izvedbo projekta daljinskega ogrevanja na lesno biomaso v Preddvoru je dala Agencija za prestrukturiranje energetike že leta 1995. Leta 1997 je bila izdelana študija izvedljivosti, ki je pokazala možnost in priložnost za izvedbo projekta, pa tudi to, da je potrebno za ekonomsko rentabilnost projekta pridobiti najmanj 40% nepovratnih sredstev iz državnih ali mednarodnih virov. Prva resnejša priložnost za odločitev o izvedbi se je pokazala v letu 1999, ko je pobudniku projekta uspelo z močnim lobiranjem prepričati državo, da je celotna sredstva iz Čezmejnega sodelovanja Slovenija – Avstrija v okviru programa Phare za leto 1999 v vrednosti 1,5 mio € namenila za projekte daljinskega ogrevanja na lesno biomaso. Poleg tega se je Slovenija zavezala, da bo preko

svojih resornih ministrstev zagotovila nepovratna sredstva v višini 15% investicijske vrednosti. Leta 2000 so pridobili še nepovratna sredstva od Avstrijskega ekološkega sklada, ki ga upravlja banka Komunalkredit Austria AG, v višini 15% investicije. Sklad podpira aktivnosti in investicije v Avstriji in sosednjih vzhodnoevropskih državah, katerih osnovni namen je izboljšanje okoljskih razmer v Avstriji (Nemac, Bratkovič, Lambergar, 2002, str. 21). V proračunu 2003 je predvideno, da bo projekt prejel še nepovratna sredstva s strani Ministrstva za okolje in prostor za izgradnjo toplovoda v višini 736.000 €. Občina Preddvor je uspešno izpeljala financiranje projekta, saj ji je uspelo pridobiti nepovratna sredstva v skupni višini kar 60% celotne investicije (glej Sliko 7, na str. 23)

Slika 7: Financiranje investicije v daljinsko omrežje na lesno biomaso v Preddvoru



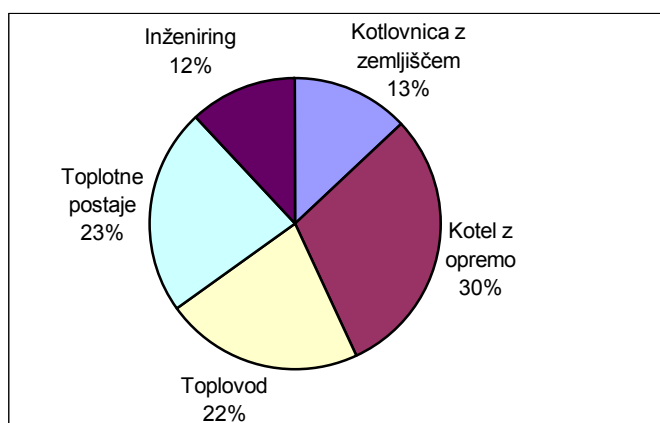
Vir: Nemac, Bratkovič, Lambergar, 2002, str. 20.

Ponudbe dobaviteljev so bile pridobljene do septembra 2001, pogodbe z izbranimi izvajalci pa so bile podpisane med decembrom 2001 in aprilom 2002. Do uradne otvoritve 25. oktobra 2002 je bila zgrajena kotlovnica in skladišče lesne biomase, dobavljena in zmontirana vsa kotlovna oprema ter zaključen daljinski sistem ogrevanja. Kotlarna je zgrajena ob tovarni Jelovica, ki je hkrati pomemben dobavitelj lesne biomase in največji toplotni odjemalec, s čimer so se potrebe po transportu zmanjšale na najmanjši možni obseg.

Iz omrežja daljinskega ogrevanja se oskrbujejo naselja Preddvor, Hrib in del Potoč. Nanj so se priključili vsi večji odjemalci energije, zelo dobro pa so se odzvala tudi gospodinjstva, saj se je na toplovod že v prvi fazi priključilo čez 95% objektov, ki se nahajajo ob trasi položenih toplovodov. Toplotne potrebe malih in velikih porabnikov (sanitarna topla voda in ogrevanje prostorov v gospodinjstvih, tehnološka toplota in ogrevanje industrijskih prostorov) znašajo letno 9.390 MWh, pričakovane povprečne letne izgube pa 2.190 MWh. Poleg 2,5 MW kotla na lesno biomaso je v kotlarni vgrajen še 4,0 MW kotel na kurilno olje, ki pokriva toplotno konico v zimskih mesecih, služi pa tudi kot rezerva. V povprečju naj bi kotel na lesno biomaso pokrival 91%, kotel na kurilno olje pa 9% toplotnih potreb.

Celotna višina investicije znaša 3.892.000 €, od česar predstavlja največji del, 30%, kotel z vso opremo, 22% daljinsko omrežje in 23% toplotne postaje z daljinskim nadzorom (Nemac, Bratkovič, Lambergar, 2002, str. 20). Kompaktne toplotne postaje pri uporabnikih skrbijo za pravilen in zadosten odvzem toplotne energije iz toplotnega omrežja, moderen sistem upravljanja in nadzora delovanja EL-TEC Mulej pa je v celoti rezultat domačega znanja.

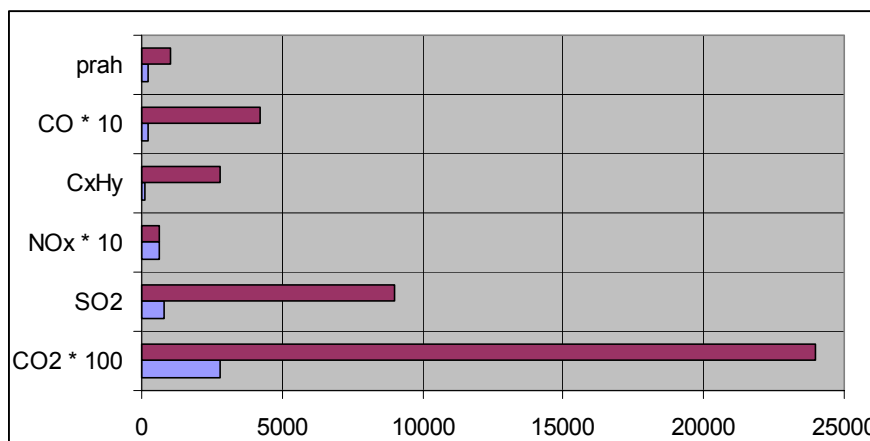
Slika 8: Struktura investicije v daljinsko omrežje na lesno biomaso v Preddvoru



Vir: Nemac, Bratkovič, Lambergar, 2002, str. 21.

Z izgradnjo daljinskega ogrevanja na lesno biomaso se v večji meri nadomešča dosedanja raba lahkega kurilnega olja, v manjši meri pa tudi drv in premoga. Tehnični in ekološki napredek celotnega sistema predstavlja kondenzacija dimnih plinov po izgorevanju v kotlu. Iz njih pridobimo dodatno toploto, hkrati pa zmanjšamo emisije plinov v ozračje. Še posebej pomembno pa je zmanjšanje emisij prahu, doseženo z zamenjavo starejšega kotla na les v podjetju Jelovica. Ob višjih toplotnih izkoristkih nove kurilne naprave v primerjavi s številnimi praviloma slabo vzdrževanimi individualnimi kurišči in ob nizkih emisijskih koeficientih se predvideva bistveno zmanjšanje vseh pomembnejših polutantov.

Slika 9: Emisije pomembnejših polutantov pred izgradnjo sistema daljinskega ogrevanja na lesno biomaso in po njej (v kg / leto)



Vir: Nemac, Bratkovič, Lambergar, 2002, str. 14.

Ocenjuje se, da bo za zadovoljitev toplotnih potreb porabljenih 3.500 ton lesne biomase na leto, s čimer bo nadomeščenih približno 840.000 litrov kurilnega olja letno (Nemac, Bratkovič, Lambergar, 2002, str. 15). Tako se bo zmanjšal uvoz fosilnih energentov v vrednosti 280.000 € na leto. Ocenjuje se, da bo zaradi obratovanja projekta v Sloveniji BDP letno višji za 700.000 €. To pomeni, da je bila subvencija države narodnogospodarsko izjemno učinkovita naložba, saj je poleg čistejšega okolja poskrbela tudi za trajni razvoj in dodatni dohodek v regiji.

Za samega porabnika je priključitev na omrežje daljinskega ogrevanja neprimerno boljše od individualnega ogrevanja na fosilna goriva. Zavaruje se pred nihanjem cen, zmanjša stroške sistema, saj potrebuje namesto kotla, gorilnika in cisterne le toplotno postajo, ni mu treba skladiščiti goriva in redno vzdrževati naprav, ne potrebuje dimnika in ne obremenjuje okolice z emisijami. Tako dobi udoben, netveg in varčen vir energije po nizki ceni.

Izračunal bom, kakšne stroške za ogrevanje je v kurilni sezoni 2002 / 03 imelo povprečno gospodinjstvo, ki se je priključilo na sistem. Upravljalca omrežja je zaračunaval priključno moč po 4.746 SIT / kW letno, števnino po 27.120 SIT / toplotno postajo letno in porabljeno toplotno energijo po števcu po 5,876 SIT / kWh (Cenik podjetja Energetika Preddvor d.o.o., 2002). Torej je povprečno gospodinjstvo s priključno močjo toplotne postaje 10 kW in porabljenimi 13.500 kWh toplotne energije v celotni kurilni sezoni plačalo 153.906 SIT. Če bi se isto gospodinjstvo grelo na kurilno olje, ki bi ga npr. dne 01.06.2002 nabavilo po ceni 88,4 SIT / l, bi ob porabi 2.300 litrov plačalo za ogrevanje 203.320 SIT (Cenik podjetja Petrol d.d., 2003). Torej so tekoči stroški pri daljinskem ogrevanju na lesno biomaso bistveno nižji kot pri individualnem ogrevanju na kurilno olje. Nižji je tudi začetni vložek, saj je treba pri daljinskem ogrevanju na lesno biomaso le predelati sistem centralnega ogrevanja, kar stane med 150.000 in 250.000 SIT, peč na kurilno olje z opremo pa stane okrog 345.000 SIT (Cenik podjetja Seltrom d.o.o., 2003). Če upoštevamo še napovedi, da se bodo cene naftnih derivatov v prihodnjih letih zviševale, torej se bodo tudi tekoči stroški ogrevanja s kurilnim oljem povečevali, ugotovimo, da se porabnikom toplote v Preddvoru v vseh pogledih splača prekop na daljinsko omrežje na lesno biomaso.

5.2. Vgradnja sodobnega majhnega kotla na lesno biomaso

Na koncu svojega diplomskega dela bom poskušal ugotoviti, ali se individualnim uporabnikom že danes splača vgradnja sodobnega kotla na lesno biomaso namesto kotla na fosilna goriva. Tako bom primerjal investicijo v kotel na kurilno olje z investicijo v kotel na lesne sekance, nato pa še z investicijo v kotel na polena in v kotel na pelete. Za primerjavo bom uporabil metodo sedanje vrednosti, torej bo primernejša tista investicija, ki bo imela nižjo sedanjo vrednost. Za primer bom vzel imetnika enodružinske hiše, ki se je pravkar vselil v novozgrajeno hišo in vgrajuje centralno kurjavo ali zaradi dotrajanosti

stare peči na drva ali na premog kupuje novo. Investicija se sestoji iz enkratnega vložka v kurilno napravo in vseh prihodnjih izdatkov za gorivo. Pri analizi ne bom upošteval vložka v sistem centralnega ogrevanja, saj je pri obeh alternativah enak. Podatki, ki sem jih pridobil 10. aprila 2003, so sledeči (Ceniki podjetij Biomasa – Rok Suhodolnik s.p., Seltron d.o.o. in Petrol d.d., 2003):

- cena kurilne naprave na kurilno olje (peč 23 kW) je 345.000 SIT, cena kurilne naprave na lesne sekance (peč 28 kW) je 2.626.497 SIT, cena kurilne naprave na polena (peč 30 kW) je 1.161.666 SIT, cena kurilne naprave na pelete (peč 25 kW) pa 1.882.990 SIT; življenjska doba vseh naprav je po specifikacijah proizvajalcev 15 let
- cena litra kurilnega olja je 103,9 SIT, cena m³ lesnih sekancev je 2.000 SIT (ekvivalent kurilno olje : sekanci je približno 1.000 l : 12,2 m³), cena m³ polen je 8.000 SIT (ekvivalent kurilno olje : polena je približno 1.000 l : 5,2 m³), cena m³ peletov pa 32.500 SIT (ekvivalent kurilno olje : peleti je približno 1.000 l : 3,3 m³)
- subvencija države za vgradnjo kurilnih naprav za centralno ogrevanje na lesno biomaso po razpisu OPEILB-G 2003 znaša do 40% cene, vendar največ 500.000 SIT za peč na lesne sekance, največ 300.000 SIT za peč na polena in največ 400.000 SIT za peč na pelete, kar zmanjša nabavno vrednost peči na lesne sekance na 2.126.497 SIT, peči na polena na 861.666 SIT in peči na pelete na 1.482.990 SIT

5.2.1. Primerjava investicije v kotel na lesne sekance z investicijo v kotel na kurilno olje

Ob upoštevanju, da porabi enodružinska hiša s 150 m² stanovanjske površine in s toplotno obremenitvijo 12 kW v kurilni sezoni 2.300 l kurilnega olja, kar ustreza 28 m³ lesnih sekancev, pridem do sledečih izračunov (LS – peč na lesne sekance, KO – peč na kurilno olje):

$$\begin{aligned}
 SV_{LS} &= 2.126.497 \text{ SIT} + \frac{28 \text{ m}^3 * 2.000 \text{ SIT} / \text{m}^3}{1,08} + \frac{56.000 \text{ SIT}}{1,08^2} + \dots + \frac{56.000 \text{ SIT}}{1,08^{15}} \\
 &= 2.126.497 \text{ SIT} + \frac{56.000 \text{ SIT}}{1,08^{15}} * \frac{1,08^{15} - 1}{0,08} = 2.605.828 \text{ SIT}
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 SV_{KO} &= 345.000 \text{ SIT} + \frac{2.300 \text{ l} * 103,9 \text{ SIT} / \text{l}}{1,08} + \frac{238.970 \text{ SIT}}{1,08^2} + \dots + \frac{238.970 \text{ SIT}}{1,08^{15}} \\
 &= 345.000 \text{ SIT} + \frac{238.970 \text{ SIT}}{1,08^{15}} * \frac{1,08^{15} - 1}{0,08} = 2.390.459 \text{ SIT}
 \end{aligned}$$

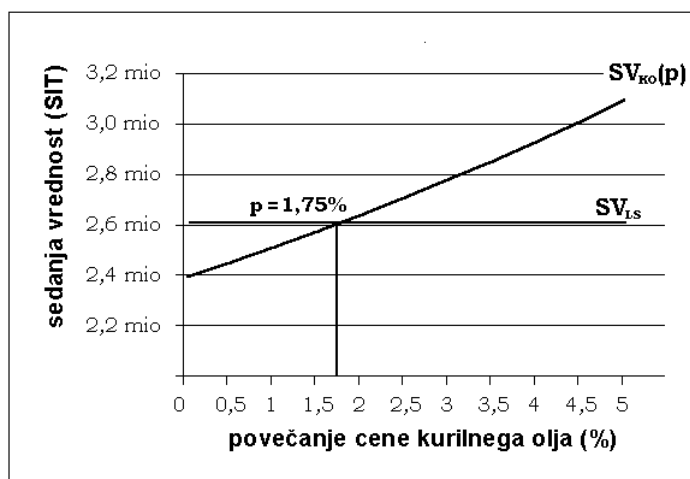
Kot vidimo, je SV_{KO} le za 215.370 SIT manjša od SV_{LS}. Kljub temu, da se začetna vložka razlikujeta za slabih 1,8 mio SIT, se na dolgi rok stroški kurjenja na kurilno olje zaradi občutno višje cene kuriva že precej približajo stroškom kurjenja na lesne sekance. Ti izračuni so seveda precej poenostavljeni in držijo le pod predpostavko, da bodo v

prihodnjih 15-ih letih ostale vse cene realno enake. Ker pa se to skoraj gotovo ne bo zgodilo, bom nadalje izračunal sedanje vrednosti v odvisnosti od letnega povečanja realne cene kurilnega olja. Držal se bom namreč ocen, da se bodo cene naftnih derivatov zaradi vse večje redkosti osnovne surovine v prihodnosti zviševale. Zanima me, kakšno naj bi bilo povprečno letno povečanje cene kurilnega olja, da bi se bolj splačalo investirati v peč na lesne sekance kot v peč na kurilno olje. Če dodam v izračun sedanje vrednosti SV_{KO} spremenljivko p , ki predstavlja povprečno letno zvišanje cene kurilnega olja, dobim sledečo funkcijo:

$$SV_{KO}(p) = 345.000 \text{ SIT} + \frac{238.970 \text{ SIT}}{\left(1 + \frac{1+p}{1,08}\right)^{15}} * \frac{\left(1 + \frac{1+p}{1,08}\right) - 1}{\frac{1+p}{1,08}}$$

Sedaj lahko izračunam, pri kateri vrednosti p -ja se SV_{LS} izenači s SV_{KO} . Če nastavim enačbo $SV_{LS} = SV_{KO}(p)$, dobim rezultat $p = 1,75\%$. Torej bi moralo biti povprečno letno povečanje cene kurilnega olja v prihodnjih 15-ih letih vsaj 1,75%, da bi se bil nakup peči na lesne sekance bolj smotrno od nakupa peči na kurilno olje.

Slika 10: Sedanji vrednosti SV_{LS} in $SV_{KO}(p)$



Vir: Ceniki podjetij Biomasa – Rok Suhodolnik s.p., Seltron d.o.o. in Petrol d.d., 2003.

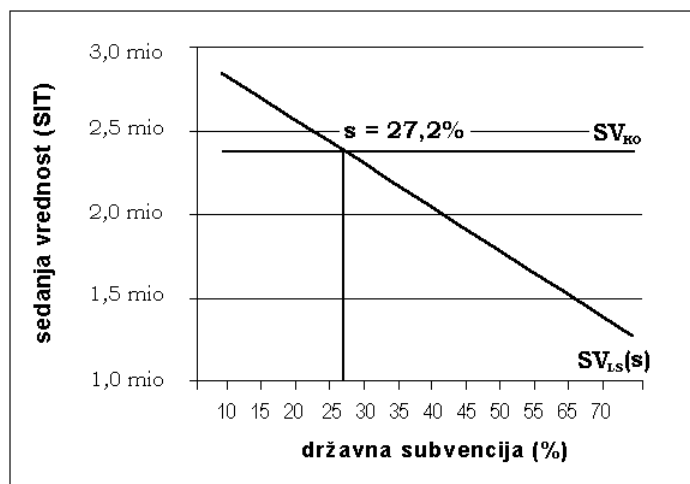
Malo verjeten a vseeno možen scenarij je tudi ta, da se cene naftnih derivatov v prihodnjih 15-ih letih ne bodo bistveno povišale. Torej lahko pridem do nižje SV_{LS} le z nižjo nabavno vrednostjo kurilne naprave na lesne sekance ali samih sekancev. Ker zaenkrat še ni pričakovati bistvenega znižanja tržnih cen kotlov na lesne sekance, cene lesnih sekancev pa bodo najverjetneje dolgoročno ostale na sedanji ravni, nam ostane le še zvišanje državne subvencije. V našem primeru je zaradi visoke nabavne cene kotla in državne omejitve 500.000 SIT subvencija le 19%. Izračunal bom, kolikšna bi morala biti subvencija, da bi bila investicija v ogrevanje na lesne sekance primernejša od investicije v ogrevanje na kurilno olje. Če dodam v izračun SV_{LS} spremenljivko s , ki predstavlja višino državne

subvencije v odstotkih, pridem do sledeče funkcije (za začetni vložek moram seveda vzeti 2.626.497 SIT, kolikor znaša nabavna vrednost peči na lesne sekance z opremo brez subvencije):

$$SV_{LS}(s) = 2.626.497 \text{ SIT} * (1 - s) + \frac{56.000 \text{ SIT}}{1,08^{15}} * \frac{1,08^{15} - 1}{0,08}$$

Sedaj nastavim enačbo $SV_{LS}(s) = SV_{KO}$ in dobim rezultat $s = 27,2\%$, torej bi se splačala investicija v peč na lesne sekance, če bi država povišala zgornjo mejo subvencije na 714.407 SIT. Marsikdo sicer zaradi ekološke ozaveščenosti in pričakovanja, da se bo cena nafte zviševala, sprejme tudi nižjo subvencijo, vseeno pa menim, da bi pri večini potencialnih vlagateljev povečali interes z višjo subvencijo.

Slika 11: Sedanji vrednosti $SV_{LS}(s)$ in SV_{KO}



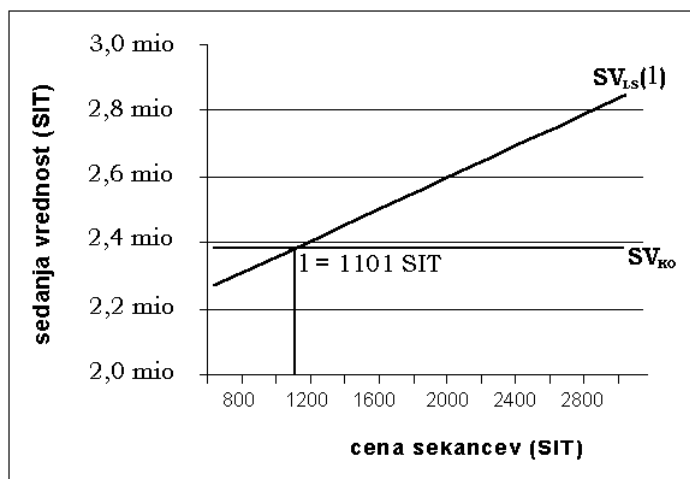
Vir: Ceniki podjetij Biomasa – Rok Suhodolnik s.p., Seltron d.o.o. in Petrol d.d., 2003.

Država bi lahko subvencionirala tudi lesne sekance. Izračunal bom, kolikšna bi bila cena lesnih sekancev, ki bi upravičila investicijo v peč na lesne sekance. Prvotne podatke bom pustil nespremenjene, torej znaša subvencija za kotel na lesne sekance 500.000 SIT, cena kurilnega olja v naslednjih 15-ih letih pa je stabilna. Sedanjo vrednost SV_{LS} izrazim v odvisnosti od spremenljivke l , ki predstavlja povprečno ceno m^3 lesnih sekancev v prihodnjih 15-ih letih, in dobim naslednjo funkcijo:

$$SV_{LS}(l) = 2.126.497 \text{ SIT} + \frac{28 \text{ m}^3 * l}{1,08^{15}} * \frac{1,08^{15} - 1}{0,08}$$

Izenačim $SV_{LS}(l) = SV_{KO}$ in dobim rezultat $l = 1.101 \text{ SIT}$, torej bi država pospešila vgradnjo majhnih kotlov na lesno biomaso, če bi subvencionirala lesne sekance s 45%. Naj dodam še, da bi to subvencijo lahko nato skozi leta poljubno zmanjševala, seveda v odvisnosti od gibanja cene kurilnega olja.

Slika 12: Sedanji vrednosti $SV_{LS}(l)$ in SV_{KO}



Vir: Ceniki podjetij Biomasa – Rok Suhodolnik s.p., Seltron d.o.o. in Petrol d.d., 2003.

5.2.2. Primerjava investicije v kotel na polena z investicijo v kotel na kurilno olje

Po istem vzorcu bom analiziral tudi investicijo v peč na polena in jo primerjal z investicijo v peč na kurilno olje. Če upoštevam, da porabi prej opisana enodružinska hiša v kurilni sezoni 12 m^3 polen, kar ustreza 2.300 l kurilnega olja, dobim sledeče sedanje vrednosti (PO – peč na polena, KO – peč na kurilno olje):

$$SV_{PO} = 861.666 \text{ SIT} + \frac{12 \text{ m}^3 * 8.000 \text{ SIT} / \text{m}^3}{1,08^{15}} * \frac{1,08^{15} - 1}{0,08} = 1.683.376 \text{ SIT}$$

$$SV_{KO} = 2.390.459 \text{ SIT}$$

Sedanja vrednost investicije v sodobni kotel na polena je že pri izhodiščnih podatkih precej nižja od sedanje vrednosti investicije v kotel na kurilno olje. Nadaljnja analiza vplivov rasti cene kurilnega olja in višjih državnih subvencij ni več potrebna. Vsekakor pa se je treba zavedati, da kurjenje na polena nikakor ne dosega udobja, ki ga nudita kurjenje na lesne sekance in pelete. Ker je potrebno polena nalagati vsaj enkrat na dan, je težko pričakovati od sedanjih imetnikov peči na kurilno olje, da bi naredili velik korak nazaj in zamenjali upravljanje s pečjo iz dnevne sobe za nadležno vsakodnevno hojo v kurilni prostor. Kljub temu sem mnenja, da bi se ob nižjem začetnem vložku za nakup sodobnih kotlov na polena začeli bolj množično odločati hišni lastniki s plitvejšimi žepi in predvsem lastniki gozdov. Za slednje je cena goriva namreč samo strošek njegove priprave.

5.2.3. Primerjava investicije v kotel na pelete z investicijo v kotel na kurilno olje

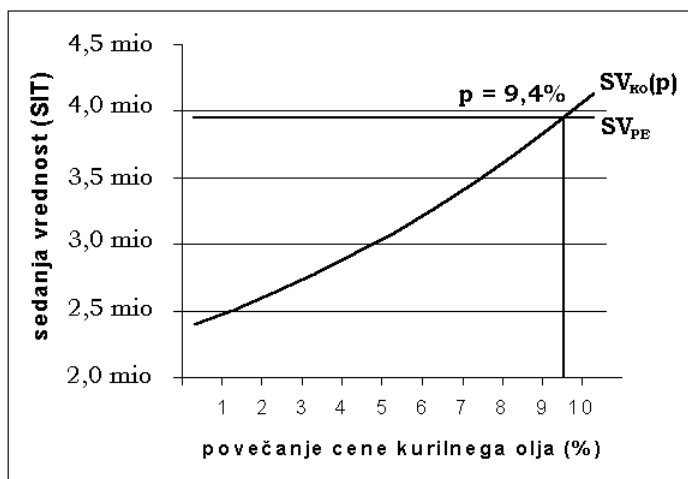
V zadnji analizi bom preučil upravičenost investicije v sodobni kotel na pelete ali lesne stiskance, za katerega je značilen tako visok začetni vložek kot tudi drago kurivo. Ob upoštevanju dejstva, da porabi ista enodružinska hiša kot v prejšnjih primerih v kurilni sezoni 7,5 m³ peletov, kar ustreza 2.300 l kurilnega olja, dobim sledeče sedanje vrednosti (PE – peč na pelete, KO – peč na kurilno olje):

$$SV_{PE} = 1.482.990 \text{ SIT} + \frac{7,5 \text{ m}^3 * 32.500 \text{ SIT} / \text{m}^3}{1,08^{15}} * \frac{1,08^{15} - 1}{0,08} = 3.569.363 \text{ SIT}$$

$$SV_{KO} = 2.390.459 \text{ SIT}$$

Kljub nižjemu začetnemu vložku kot pri kotlu na lesne sekance je sedanja vrednost investicije v peč na pelete kar za 1.578.905 SIT višja od investicije v peč na kurilno olje. V obeh prejšnjih primerih je bilo kurivo toliko cenejše od kurilnega olja, da smo na dolgi rok dobili že zelo spodbudne rezultate. Pa pogledjmo, kolikšno naj bi bilo povprečno letno zvišanje cene kurilnega olja, da bi se splačala investicija v sodobni kotel na pelete. V izračun sedanje vrednosti SV_{KO} dodam spremenljivko p , ki predstavlja povprečno letno zvišanje cene kurilnega olja, in dobim funkcijo $SV_{KO}(p)$. Ob predpostavki, da ostane cena peletov dolgoročno nespremenjena, izenačim $SV_{PE} = SV_{KO}(p)$. Rezultat 9,4% mi pove, da bi moralo biti povprečno letno povečanje cene kurilnega olja 9,4%, da bi se splačalo kuriti na pelete.

Slika 13: Sedanji vrednosti SV_{PE} in $SV_{KO}(p)$



Vir: Ceniki podjetij Biomasa – Rok Suhodolnik s.p., Seltron d.o.o. in Petrol d.d., 2003.

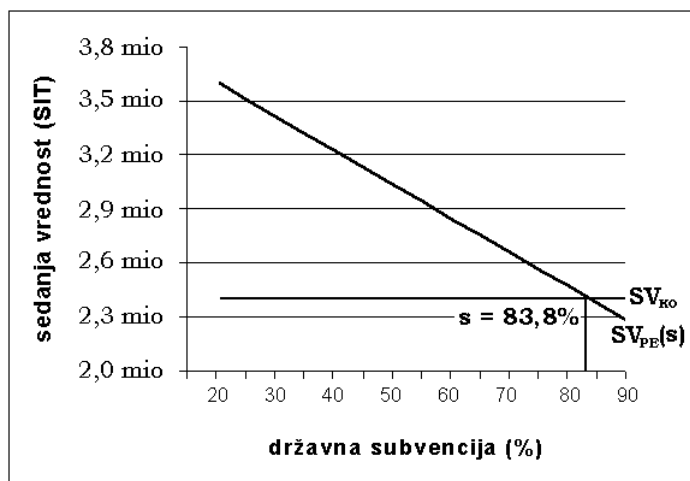
Ker do takšnega skrajnega povečanja cene kurilnega olja skoraj zagotovo ne bo prišlo, bi potencialne investitorje danes lažje prepričali z višjo subvencijo. V našem primeru je državna subvencija zaradi omejitve 400.000 SIT pravzaprav samo 21,2%. Če dodam v

izračun SV_{PE} spremenljivko s , ki predstavlja višino državne subvencije v odstotkih, dobim naslednjo funkcijo:

$$SV_{PE}(s) = 1.882.990 \text{ SIT} * (1 - s) + \frac{243.750 \text{ SIT}}{1,08^{15}} * \frac{1,08^{15} - 1}{0,08}$$

Nastavim enačbo $SV_{PE}(s) = SV_{KO}$ in dobim rezultat $s = 83,8 \%$. Torej bi v primeru kurjenja na pelete šele subvencija v višini 1.577.946 SIT prevesila tehtnico v prid lesni biomasi.

Slika 14: Sedanji vrednosti $SV_{PE}(s)$ in SV_{KO}



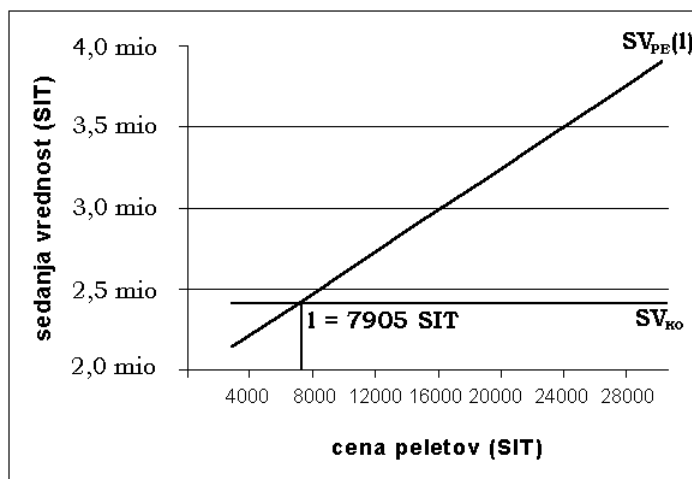
Vir: Ceniki podjetij Biomasa – Rok Suhodolnik s.p., Seltron d.o.o. in Petrol d.d., 2003.

Tudi tako visoko subvencijo je težko pričakovati in najbrž bodo prej padle cene peči ali peletov. Možno je tudi, da bo država zaradi razmeroma visoke cene subvencionirala pelete. Ker pa gre za nove proizvode, ki so se šele pojavili na trgu, je še najbolj verjetno, da jim bo skozi čas padala cena. Izračunal bom, kolikšna bi morala biti njihova povprečna cena v prihodnjih 15-ih letih, da bi se vlagateljem že danes splačalo vložiti v peč na pelete. Ob vseh ostalih nespremenljivih pogojih izrazim sedanjo vrednost SV_{PE} kot funkcijo spremenljivke l , ki predstavlja dolgoročno povprečno ceno kubičnega metra peletov:

$$SV_{PE} = 1.482.990 \text{ SIT} + \frac{7,5 \text{ m}^3 * l}{1,08^{15}} * \frac{1,08^{15} - 1}{0,08}$$

Izenačim $SV_{PE}(l) = SV_{KO}$ in dobim rezultat $l = 7.905 \text{ SIT}$, torej bi morala povprečna cena peletov v prihodnjih 15-ih letih pasti za tri četrtine, da bi bilo ogrevanje na pelete ugodnejše od ogrevanja na kurilno olje. Takšna sprememba cene niti ni nemogoča, saj se s proizvodnjo peletov v Sloveniji resno še nihče ni začel ukvarjati in jih je zaenkrat treba še uvažati.

Slika 15: Sedanji vrednosti $SV_{PE}(l)$ in SV_{KO}



Vir: Ceniki podjetij Biomasa – Rok Suhodolnik s.p., Seltron d.o.o. in Petrol d.d., 2003.

Ugotovil sem, da so začetni vložki v kurjenje na lesno biomaso zaenkrat še precej visoki, da pa se zaradi nizke cene kuriv investicija na dolgi rok lahko izkaže za upravičeno. Ker pa večina vlagateljev razmišlja kratkoročno, bosta večjo popularizacijo majhnih kotlov na lesno biomaso prinesli le njihova pocenitev ali višja državna subvencija. Občutek imam, da proizvajalci oziroma prodajalci kotlov nočejo znižati cen, saj čakajo državo, da bo zvišala subvencijo. Možno je tudi, da se bo nadaljevala rast cene nafte in da se bo ogrevanje na kurilno olje že čez nekaj let izkazalo kot nesmotrno. Predstavniki naftne industrije sicer zatrjujejo, da je nafte dovolj in da bo še cenejša. Sam ne verjamem, da se bo bistveno pocenila. Prepričan pa sem, da bodo njeno ceno poskušali čim dlje vzdrževati na meji konkurenčnosti obnovljivim virom energije. Zato vidim kot edino možnost nadaljnji napredek tehnologije za njihovo izrabo. Slovenija mora začeti z lastno proizvodnjo peletov in zagotoviti primerno ceno tega izvrstnega kuriva, saj je trenutno občutno previsoka tudi za najbolj ekološko ozaveščene vlagatelje. Zahteva po skladiščnem prostoru je namreč štirikrat manjša kot pri lesnih sekancih, tako da je prostor za pelete možno najti v vsaki hiši. Ogrevanje z njimi je še najbolj primerljivo z ogrevanjem na kurilno olje. V skandinavskih državah in Avstriji sta proizvodnja in trg s peleti zelo razvita. Slovenija je po lesnem potencialu popolnoma primerljiva s temi državami, zato sem mnenja, da bi jim morali slediti v razvoju. Zelo udobno je tudi kurjenje na lesne sekance, ki dosegajo bistveno nižje cene od peletov. Njihove slabe strani pa so visoka cena kotla, velik skladiščni prostor in težavna priprava. Država bi morala spodbujati najem obstoječih sekalnikov, ki jih za pripravo sekancev pravzaprav potrebujemo le kratek čas.

6. Sklep

Obnovljivi viri energije v zadnjem času kljub popolni prevladi fosilnih goriv vse bolj pridobivajo na pomenu. Razlogi za obračanje človeštva stran od t.i. rjave energije so gospodarski in ekološki. Nestabilne razmere na območjih, bogatih z nafto, in črnogleda predvidevanja, da bo nafte zmanjkalo že v nekaj desetletjih, silijo države v učinkovitejše izkoriščanje lastnih virov energije. V svojem diplomskem delu sem ugotovil, da ima Slovenija vse možnosti, da bistveno poveča delež obnovljivih virov energije v primarni energetske bilanci na račun večje izrabe lesne biomase.

Les je naše največje naravno bogastvo, a z njim gospodarimo slabo. Na eni strani se ga poseka dosti manj, kot bi bilo možno, na drugi strani pa v lesnopredelovalnih obratih nastajajo velike količine lesnih odpadkov, ki bi jih lahko koristno porabili za pridobivanje toplote. Slovenija mora pridobiti znanja in tehnologije, s katerimi bo bolj učinkovito izkoriščala svoj lesni potencial, s čimer bo zmanjšala odvisnost od uvožene energije in zmanjšala prepad med podeželjem in mesti.

Ena izmed posledic brezobzirnega izčrpavanja fosilnih virov energije je vsekakor tudi učinek tople grede, zaradi katerega so bile povprečne temperature na planetu v zadnjem desetletju višje kot kdajkoli prej v tisočih letih. Ob skrbnem vzdrževanju enakosti med letnim prirastom in posekom zagotavlja lesna biomasa CO₂-nevtralnost, sodobni kotli pa minimizirajo emisije ostalih škodljivih snovi. Čeprav predstavljajo majhni kotli za individualno ogrevanje v nacionalnem programu energetske izrabe lesne biomase le dobro petino vloženih sredstev, sem mnenja, da bi morala država pospešiti njihovo vgrajevanje z višjo subvencijo. Fosilna goriva so pač še vedno prepoceni, saj ne vključujejo škode, ki jo povzročajo okolju. Razširitev kotlov na lesno biomaso pa bi imela močan demonstracijski učinek in bi pomembno vplivala na ozaveščenost javnosti. Obstaja namreč velika razlika med dojetjem tega, kar človek prebere v informacijski brošuri in kar vidi praktično delovati v svoji bližini.

V skladu s Kjotskim protokolom smo tudi v Sloveniji izdelali načrt, kako pospešiti izrabo lesne biomase v energetske namene in posledično prispevati k zmanjšanju nacionalnih emisij CO₂. Ugotovil sem, da bo izvajanje načrta prineslo tudi številne druge narodnogospodarske učinke, od zmanjšanja odliva dohodka v tujino do odpiranja novih delovnih mest.

Mislím, da smo si v Sloveniji dobro zastavili cilje povečanja izrabe lesne biomase, in prepričan sem, da jih bomo uspešno dosegali. Tako bomo izkoristili svoje prednosti in postavili temelje neodvisnosti od fosilnih virov energije.

Literatura

1. Butala Vincenc, Turk Jani: Lesna biomasa – neizkoriščeni domači vir energije. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Center za energetske in ekološke tehnologije, 1998. 28 str.
2. Flaig Holger, Leuchtweis Christian, Lüneburg Ernst von: Biomasse – nachwachsende Energie – Potentiale, Technik, Kosten. Renningen: Expert – Verlag, 1997. 209 str.
3. Hrovatin Darko, Šubic Jože: Čista energija iz gozda – kotli na lesno biomaso za centralno ogrevanje. Ljubljana: Agencija za prestrukturiranje energetike, 2000. 22 str.
4. Klass Donald L.: Biomass Renewable Energy, Fuels, and Chemicals. San Diego: Academic Press, 1998. 651 str.
5. Medved Sašo, Kotnik Andrej: Biomasa. CD ROM Energija, ekologija. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, Laboratorij za ogrevalno, sanitarno in solarno tehniko, 1995.
6. Medved Sašo, Novak Peter: Varstvo okolja in obnovljivi viri energije. Ljubljana: Fakulteta za strojništvo, 2000. 231 str.
7. Nemac Franko, Bratkovič Aleš, Lambergar Nataša: Daljinsko ogrevanje Preddvora na lesno biomaso. Preddvor: Občina Preddvor, 2002. 22 str.
8. Žerjav Janko, Petač Tadeja: Program energetske izrabe lesne biomase v Sloveniji in operativni program za obdobje 2001 – 2004. Ljubljana: Ministrstvo za okolje in prostor, 2001. 51 str.

Viri

1. Bioenergy in Europe 2002 – summary and country reports. [URL: <http://afbnet.vtt.fi>], 02.10.2002.
2. Biomasa. [URL: http://www.gov.si/aure/eknjiznica/il_5-01.pdf], 05.11.2002.
3. Biomass: Clean Energy For America's Future. [URL: <http://www.biomass.org>], 02.10.2002.
4. Biomass Resources. [URL: http://www.eere.energy.gov/RE/bio_resources.html], 07.02.2003.
5. Bizjak Vladimir: Lesna biomasa. [URL: http://gcs.gi-zrmk.si/svetovanje/esp/koc_biomasa.htm], 15.12.2002.
6. Burja Alenka: Tekma za rešitev planeta. Sobotna priloga, Ljubljana, 2002, 24.08.2002, str. 8.
7. Butala Vincenc, Turk Jani: Oplemenitena lesna biomasa – vir za klimatske spremembe in podjetniški izziv. [URL: <http://www.gov.si/aure/eknjiznica/v14-obiomasa.pdf>], 05.11.2002.
8. Cenik podjetja Biomasa – Rok Suhodolnik s.p., Solčava, 01.04.2003.
9. Cenik podjetja Energetika Preddvor d.o.o., Preddvor, 29.05.2002.
10. Cenik podjetja Petrol d.d. [URL: http://www.petrol.si/www.nsf/cenegoriv_koel], 10.04.2003.

11. Cenik podjetja Seltron d.o.o.
[URL: http://www.seltron.si/cenik_excel/cenik_april_2003.exe], 10.04.2003.
12. Development of Renewable and Waste sources in the OECD.
[<http://www.iea.org/stats/files/Ren2002.pdf>], 18.12.2002.
13. Grobovšek Bojan: Ogrevanje z lesno biomaso.
[URL: <http://gcs.gi-zrmk.si/svetovanje/clanki/grobovsek/pt39.htm>], 15.12.2002.
14. Klass Donald L.: An Introduction to Biomass Energy – a Renewable Resource.
[URL: <http://www.beral.org/about.html>], 21.04.2002.
15. Malovrh Matjaž, Praznik Miha: Ogrevanje z lesno biomaso.
[URL: <http://gcs.gi-zrmk.si/svetovanje/publikacije.ure/ure1-08.htm>], 15.12.2002.
16. Ogrevanje s sodobnimi kotli na lesno biomaso.
[URL: http://www.gov.si/aure/eknjiznica/il_13-biomasa.pdf], 05.11.2002.
17. Poročilo Zavoda za gozdove Slovenije o gozdovih 2001. Ljubljana: Zavod za gozdove Slovenije, 2001.
18. Radej bojan: Gospodarska rast – lepa, a slepa. Sobotna priloga, Ljubljana, 2002, 03.08.2002, str. 12.
19. Renewables in Global Energy Supply. [<http://www.iea.org/leaflet.pdf>], 18.12.2002.
20. Slovenia – Removing Barriers to the Increased Use of Biomass as an Energy Source.
[URL: <http://www.aure.si/dokumenti/gef-pizrbiom.pdf>], 05.11.2002.
21. Švegelj Rafko: Uporaba in priprava trdne biomase.
[URL: <http://www.ee.uni-lj.si/ove/seminarji/seminar%20svegelj.htm>], 18.12.2002.
22. The European Commission Website on Energy Research: Introduction to Biomass.
[URL: http://europa.eu.int/comm/research/energy/nn/nn_rt_bm1_prn_en.htm], 17.05.2002.
23. Učinkovito z energijo. [URL <http://www.gov.si/aure/eknjiznica/biltenApr03.pdf>], 31.03.2003.
24. Javni razpis za finančne spodbude investicijskim ukrepom za energetska izrabo lesne biomase v gospodinjstvih za leto 2003. Uradni list RS 316-27/2003.
25. Ways of Extracting Biomass Energy.
[URL: <http://www.science.org.au/nova/039/039box03.htm>], 02.10.2002.
26. Živec Uroš: Ekonomska analiza kurjenja z lesno biomaso. Ljubljana: Ekonomska fakulteta, 2000. 15. str.