

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Miha KAMŠEK

**ANALIZA LASTNOSTI LESNIH SEKANCEV ZA
KURJENJE**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij

Ljubljana, 2012

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA LESARSTVO

Miha KAMŠEK

ANALIZA LASTNOSTI LESNIH SEKANCEV ZA KURJENJE

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij

CHARACTERISTICS ANALYSIS OF WOOD CHIPS FOR HEATING

GRADUATION THESIS
Higher professional studies

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek visokošolskega študija lesarstva. Opravljeno je bilo v okviru študija na Oddelku za lesarstvo Biotehnične fakultete, Univerze v Ljubljani.

Senat Oddelka za lesarstvo je za mentorico diplomskega dela imenoval doc. dr. Dominiko Gornik Bučar in recenzenta Sergeja Medved.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Naloga je rezultat lastnega raziskovalnega dela.

Miha Kamšek

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD Vs
DK UDK 630*33:620.97
KG lesna biomasa/kotlovnice v Sloveniji/analiza lesnih sekancev/lesni sekanci/izdelava lesnih sekancev/standardi za lesne sekance
AV KAMŠEK, Miha
SA GORNIK BUČAR, Dominika (mentorica) / MEDVED, Sergej (recenzent)
KZ SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
ZA Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za lesarstvo
LI 2012
IN ANALIZA LASTNOSTI LESNIH SEKANCEV ZA KURJENJE
TD Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP IX, 44 str., 22 sl., 23 pregl., 12 vir., 1 pril.
IJ sl
JI sl/en
AI Lastnosti lesnih sekancev, ki so namenjeni energetske izrabi, lahko zelo variirajo. V diplomski nalogi smo podrobneje ugotavljali lastnosti lesnih sekancev za kurjenje, ki jih uporabljajo v večji kotlovnici. Analizirali smo nekaj najpomembnejših lastnosti, kot so vlažnost, porazdelitev velikosti sekancev, vsebnost lubja in gostoto nasutja. Ugotovili smo, da le 11 % odvzetih vzorcev ustreza vrednostim, ki jih zahteva standard Ö NORM M7133. Ta predpisuje vlažnost nižjo od 40 % in velikostni razred porazdelitve velikosti delcev G50. Kotel v preučevani kotlovnici je načrtovan za kurjenje sekancev in lubja tudi z večjo vsebnostjo vode ter večjih delcev, kot to predpisuje standard, zato so rezultati za kotlovnico sprejemljivi. Na osnovi ankete, s katero smo želeli ugotoviti način spremljanja kakovosti dobavljenega kuriva v večjih kotlovnica, smo ugotovili, da le nekatere kotlovnice spremljajo vlažnost lesnih sekancev ter porazdelitev velikosti delcev, medtem ko nekatere kotlovnice ne izvajajo nikakršne kontrole lastnosti lesnih sekancev.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Vs
DC UDC 630*33:620.97
CX forest biomass/boiling stations in Slovenia/analysis of wood chips/wood chips/wood chips production/standards for wood chips
AU KAMŠEK, Miha
AA GORNIK BUČAR, Dominika (mentorica) / MEDVED, Sergej (reviewer)
PP SI-1000 Ljubljana, Rožna dolina, c. VIII/34
PB University of Ljubljana, Biotechnical Faculty, Wood processing department
PY 2011
TI ANALYSIS OF CHARACTERISTICS OF WOOD CHIPS FOR HEATING
DT Graduation thesis (high education studies)
NO IX, 44 str., 22 sl., 23 pregl., 12 vir., 1 pril.
LA sl
AL sl/en
AB The characteristics of wood chips that are intended for energy utilization can vary substantially. In the diploma thesis we have defined in more detail the characteristics of wood chips used for heating in a larger boiler station. We analysed some of more important characteristics like water containment, size distribution of particles, bark containment and the density of wood chips heaps. We have found out that only 11% of the taken samples comply with the standard Ö NORM M7 133. This standard demands the humidity level lower than 40% and the size class of the distribution particle in the size G50. The boiler in the studied boiler station is planned for heating of chips and bark with a higher level of water containment and larger particles than are prescribed by the standard. Therefore the results for this boiler station are acceptable. On the basis of the survey that tried to find out the way the quality of the delivered heating material in larger boiler stations is monitored we have found out that only a few of boiler stations monitor the humidity of wood chips and the distribution of particle size whereas some of them do not perform any monitoring of the wood chips characteristics whatsoever.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VII
KAZALO SLIK	VIII
KAZALO PRILOG	IX
1 UVOD	1
1.1 UVODNA OBRAZLOŽITEV	1
1.2 OPREDELITEV PROBLEMA	1
1.3 CILJI IN HIPOTEZE	2
1.4. METODE DE LA	2
2 SPLOŠNI DEL	3
2.1 LESNA BIOMASA	3
2.2 VRSTE LESNIH KURIV	3
2.3 LASTNOSTI LESA KOT GORIVA	6
2.3.1 Vsebnost vlage	7
2.3.2 Gostota lesa	8
2.3.3 Zdravstveno stanje	9
2.4 SEKANCI	9
2.4.1 Tehnologije za izdelavo sekancev	9
2.4.2 Skladiščenje, sušenje in transport lesnih sekancev	11
2.4.2.1 Zdravstvena tveganja pri skladiščenju	12
2.4.3 Kurilne naprave za kurjenje z lesnimi sekanci	12
2.5 KOTLOVNICA V KOČEVJU	13
2.5.1 Opis kotla in kurišča	14
2.5.2 Preskrba z gorivom	15
2.5.3 Opis postopka kurjenja lesne biomase v kotlovnici v Kočevju	17
2.6 STANDARDI ZA SEKANCE	18
2.6.1 Standard Ö NORM M 7133	18
2.6.1.1 Gostota nasutja lesnih sekancev	19
2.6.1.2 Vsebnost pepela	19
2.6.2 Tehnična specifikacija SIST-TS CEN/TS 14961:2005	20
3 MATERIALI IN METODE DE LA	21
3.1 MATERIALI	21
3.2 METODE DE LA	21
3.3 VLAŽNOST LESNIH SEKANCEV IN VSEBNOST VODE	21
3.4 PORAZDELITEV VELIKOSTI LESNIH SEKANCEV	23
3.5 GOSTOTA NASUTJA	24
3.6 PRISOTNOST LUBJA	25
4 REZULTATI IN INTERPRETACIJA MERITEV	26
4.1 ANALIZA LESNIH SEKANCEV	26
4.2 LUBJE	37
4.3. ANALIZA LASTNOSTI LESNIH SEKANCEV	38
4.3.1 Vsebnost vode	38

4.3.2 Porazdelitev velikosti delcev - skupen delež frakcij	39
4.3.3 Gostota nasutja	40
4.4 ANKETA O KONTROLI KAKOVOSTI LESNIH SEKANCEV	40
5 RAZPRAVE IN SKLEPI	41
6 POVZETEK	43
7 VIRI	44
ZAHVALA	
PRILOGA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Kurilna vrednost lesa v odvisnosti od vlažnosti	8
Preglednica 2: Delitev sekalnikov	10
Preglednica 3: Tabela porazdelitve velikosti sekancev	18
Preglednica 4: Vlažnostni razredi lesnih sekancev	19
Preglednica 5: Tehnična specifikacija za sekance	20
Preglednica 6: Prvi vzorec (12. 3. 2010)	26
Preglednica 7: Drugi vzorec (12. 3. 2010)	27
Preglednica 8: Tretji vzorec (15. 3. 2010)	28
Preglednica 9: Četrty vzorec (15. 3. 2010)	28
Preglednica 10: Peti vzorec (17. 3. 2010)	29
Preglednica 11: Šesti vzorec (17. 3. 2010)	29
Preglednica 12: Sedmi vzorec (19. 3. 2010)	30
Preglednica 13: Osmi vzorec (19. 3. 2010)	30
Preglednica 14: Deveti vzorec (26. 3. 2010)	31
Preglednica 15: Deseti vzorec (26. 3. 2010)	32
Preglednica 16: Enajsti vzorec (1. 4. 2010)	33
Preglednica 17: Dvanajsti vzorec (1. 4. 2010)	33
Preglednica 18: Trinajsti vzorec (9. 4. 2010)	34
Preglednica 19: Štirinajsti vzorec (9. 4. 2010)	35
Preglednica 20: Petnajsti vzorec (22. 4. 2010)	36
Preglednica 21: Šestnajsti vzorec (22. 4. 2010)	36
Preglednica 22: Lubje - vzorec 1a (17. 3. 2010)	37
Preglednica 23: Lubje - vzorec 2a (17. 3. 2010)	37

KAZALO SLIK

Slika 1: Capanice	4
Slika 2: Okroglice	4
Slika 3: Polena	5
Slika 4: Briketi	5
Slika 5: Lesni ostanki	6
Slika 6: Sekanci	6
Slika 7: Primerjava energijskih vednosti drevesnih vrst na osnovi mase - osnova je energijska vrednost bora	8
Slika 8: Primerjava energijskih vednosti drevesnih vrst na osnovi prostornine - osnova je energijska vrednost robinije	9
Slika 9: Prikolica s pomičnim dnom	12
Slika 10: Kotlovnica v Kočevju	13
Slika 11: Dozirna naprava, kurišče, kotel, odvod pepela in žindre, multiciklon	14
Slika 12: Pot kuriva	15
Slika 13: Skladišče lesnih sekancev	16
Slika 14: Dnevni zalogovnik lesnih sekancev	16
Slika 15: Transportni sistem kuriva	17
Slika 16: Kotlovnica	17
Slika 17: Laboratorijski sušilnik Elektromed LT 59	22
Slika 18: Struktura sekancev po sejanju	24
Slika 19: Stresalna naprava s siti za ugotavljanje velikosti lesnih sekancev	24
Slika 20: Določanje gostote nasutja	25
Slika 21: Vsebnost vode v vzorcih	39
Slika 22: Porazdelitev velikosti delcev - skupen delež frakcij	39

KAZALO PRILOG

Priloga 1: Tehnične specifikacije kotlovnice na lesno biomaso v Sloveniji

1 UVOD

1.1 UVODNA OBRAZLOŽITEV

Les že tisočletja uporabljamo za ogrevanje in izkoriščamo njegovo toploto, ki nastaja pri gorenju. Uporaba lesa za ogrevanje ni več star ali staromodni način ogrevanja, ampak moderen in okolju prijazen. Danes poznamo veliko oblik in vrst pridobivanja kuriva iz lesa ter še več različnih vrst in tehnologij ogrevanja.

Veliko slabega in neuporabnega lesa se je še nedolgo nazaj puščalo v gozdu, nekaj pa so ga odkupili proizvajalci ivernih in vlaknenih plošč ter proizvajalci papirja. Tudi v lesni industriji je bilo vedno veliko ostankov surovine, ki so se večinoma uporabile za kurjenje v neprimernih kotlih. V mislih imamo predvsem manjšo industrijo in obrtnike. Razvoj novih kotlov in načinov kurjenja lesnih goriv pa je vnesel v proizvodni cikel gozdarstva in lesarstva novo dimenzijo ravnanja z lesnimi ostanki, in sicer v smislu izkoristka lesa ter toplote. Danes je večina ostankov iz gozda in lesne proizvodnje predelana v kurivo.

Glede na cene fosilnih goriv, ki rastejo iz dneva v dan, in ob dejstvu, da je Slovenija ena najbolj gozdnatih držav v Evropi, saj je kar 42 % ozemlja poraščenega z gozdom, v Sloveniji pa 56 %, in je letni posek manjši kot prirastek, lahko sklepamo, da je lesne biomase pri nas dovolj. Zato imamo vse pogoje za uporabo in razvijanje ogrevanja na lesno biomaso (Foresstry statistics, 2011; Noč Razinger, 2005)

V diplomski nalogi želimo podrobneje predstaviti lesno biomaso, ki jo uporabljamo za kurjenje v kotlovnicaх na daljinsko ogrevanje. Podrobneje bomo analizirali in opisali vhodno surovino, ki prihaja v kotlovnice, se tam skladišči in konča svojo pot v procesu gorenja. Preučevali bomo lastnosti sekancev, skladiščenih v zalogovniku ob kotlovnici v Kočevju. Podrobneje nas zanima, kolikšna je vlažnost v lesnih sekancih, porazdelitev velikosti delcev, prisotnost lubja in gostota nasutja le-teh. Ena najbolj pomembnih lastnosti je vlažnost, saj večja vlažnost lesnih sekancev pomeni manjši izkoristek, ter gostota nasutja, predvsem pa je pomembno, da so lesni sekanci z vlažnostjo 20 % trajno obstojni, medtem ko so sekanci z vlažnostjo 30 % le delno obstojni. Sekanci z vlažnostjo nad 30 % pa so neobstojni (gnitje, trohnenje).

1.2 OPREDELITEV PROBLEMA

Namen je bil ugotoviti, ali sekanci vsebujejo večjo vsebnost vlage kot je to dogovorjeno z dobaviteljem, pa tudi, ali je količina majhnih delcev prevelika. Surovine za izdelavo lesnih sekancev so zelo različne, tako po obliki kot tudi po fizikalno-mehanskih lastnostih, zato je treba tem značilnostim prilagoditi tudi tehnološki postopek izdelave.

Preučevali smo tehnološke značilnosti lesnih sekancev. Določili smo vlažnost in vsebnost vode v sekancih, gostoto nasutja, kolikšna je prisotnost lubja ter porazdelitev velikosti delcev.

1.3 CILJI IN HIPOTEZE

Cilj diplomskega dela je pregledati standardizacijo s področja lesnih sekancev in ugotoviti, kako poteka tehnološka izdelava lesnih sekancev, iz kakšne surovine so izdelani ter kakšne lastnosti imajo sekanci ob dobavi v skladišče ob kotlovnici v Kočevju.

1.4 METODE DELO

Diplomsko delo je sestavljeno iz dveh delov. V prvem smo, na podlagi že objavljenih dognanj in rezultatov raziskav, analizirali obstoječe tehnologije ter značilnosti surovin, ki so primerne za izdelavo lesnih sekancev. V drugem, praktičnem delu pa smo v laboratoriju analizirali lastnosti sekancev, ki smo jih vzorčili v skladišču ob kotlovnici v Kočevju.

2 SPLOŠNI DEL

2.1 LESNA BIOMASA

Lesna biomasa je organska snov, ki jo lahko uporabimo kot vir energije in predstavlja skupno ime za različne vrste lesnih kuriv. Ko govorimo o izrabi biomase v energetske namene, govorimo o rabi vseh oblik lesa za ogrevanje prostorov, segrevanje sanitarne vode ter pridobivanju elektrike.

Najbolj pogost vir lesne biomase so debla, ki so rezultat gospodarjenja z gozdovi, kot so redčenje in obrezovanje, kot del trajnostnega upravljanja gozdov, da se zagotovi proizvodnjo visoko kakovostne surovine za gradnjo, pohištvo in lesnih izdelkov ter optimizacijo biotske raznovrstnosti. Biomasa lahko dobimo tudi pri urejanju in upravljanju parkov, vrtov in prometnih koridorjev. Drugi najbolj pogost vir lesne biomase so ostanki v industrijski predelavi lesa, ki so lahko iz primarne (npr. krajniki, lubje, žagovina ipd.) ali sekundarne obdelave (npr. žaganje, oblanci, prah ipd.). Vir lesne biomase je tudi kemično neobdelan les, kamor uvrščamo ostanke iz kmetijske dejavnosti ter les, ki je že odslužil svojemu namenu in ni bil kemično obdelan (les, uporabljen za embalažo).

Viri lesne biomase, uporabne v energetske namene, so (Krajnc in Kovač, 2003):

1. Gozd:

- redni posek (sortimenti slabše kakovosti),
- sečni ostanki (vejevina in vrhači nad 5 cm premera),
- redčenja (drobni sortimenti),
- premene,
- sanitarne sečnje.

2. Kmetijske in urbane površine (zunaj gozdna lesna biomasa):

- krčitve grmišč,
- obnove sadovnjakov in vinogradov,
- vzdrževanje parkov in zelenic,
- čiščenje pašnikov,
- gradnja objektov (gradnja in vzdrževanje avtocest).

3. Lesni ostanki:

- primarna predelava lesa (krajniki, žaganje, očelki, žaganje, lubje),
- sekundarna predelava lesa (lesni prah, oblanci).

4. Odpadni in odslužen les:

- lesna embalaža,
- gradbeni les,
- pohištvo,
- odpadki na komunalnih odlagališčih.

2.2 VRSTE LESNIH KURIV

Lesna kuriva se uporabljajo v zelo različnih oblikah, od tradicionalnih polen, ki služijo kot kurivo že vrsto let, pa do sodobnih oblik, kot so sekanci, peleti in briketi. Te oblike so odvisne od tehnologije izdelave, načina transporta in skladiščenja ter vrste kurilne naprave pri končnem uporabniku.

Marutzky in Seeger (1999) delita lesna kuriva v tri skupine, in sicer po kriteriju velikosti, v katerih polena, brikete ter metrski les postavljata med večji kosovni les, sekance in pelete pa med srednje kosovni les, medtem ko oblanice, žagovino in lesni prah uvrščata med lesni drobir.

Oblike lesnih kuriv so po katalogu produktov lesne biomase naslednje (Kaker, 2009):

- cepanice,
- okroglice,
- polena,
- stiskanci (briketi in peleti),
- lesni ostanki in
- sekanci.

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



Slika 1: Cepanice (Tehnologije ..., 2011)

Okroglice (slika 2) so 1 m dolgi kosi okroglega lesa, ki jih pridobivamo iz drobnejšega okroglega lesa slabše kakovosti, s premerom do 10 cm.



Slika 2: Okroglice (Tehnologije ..., 2011)

Polena (slika 3) so tradicionalna, vendar še zmeraj zelo aktualna in priljubljena oblika lesnega kuriva. Polena predstavljajo razžagani in razcepljeni kosi lesa, dolžine 30 do 100 cm, ki jih pridobivamo neposredno iz okroglega lesa slabše kakovosti ali iz predhodno izdelanih metrskih okroglic ali cepanic. Največkrat pa pod pojmom poleno razumemo predhodno razcepljene in razžagane kose lesa, dolge 30 do 50 cm, primerne za takojšnjo rabo.



Slika 3: Polena (Tehnologije ..., 2011)

Stiskanci predstavljajo skupno ime za pelete in brikete, saj jih proizvajajo industrijsko, s stiskanjem suhega lesnega prahu in žaganja.

Peleti so stisnjeni delci valjaste oblike, dolžine do 30 mm, premera 6 do 8 mm, narejeni iz čistega lesa. Osnovno surovino za izdelavo peletov sestavljajo lesni prah, žagovina in drobni oblanci. V postopku izdelave se uporabljata visok tlak in povišana temperatura, ki jo dosežemo v stiskalnicah (peletirkah). Rezultat stiskanja je homogeno kurivo z visoko kurilno vrednostjo na enoto.

Briketi (slika 4) so večji stiskanci, saj so narejeni s stiskanjem lubja, suhega lesnega prahu, žagovine, oblancev in drugih lesnih ostankov. Briketi so lahko različnih oblik in velikosti, odvisno od briketirke. V postopku izdelave se uporabljata zgolj visok tlak in para.



Slika 4: Briketi (Tehnologije ..., 2011)

Lesni ostanki so neonesnaženi ali kemično neobdelani ostanki primarne in sekundarne predelave lesa (krajniki, očelki, lubje, žagovina, lesni prah, žamanje ipd.). Lesne ostanke delimo po velikosti na kosovne in drobne ostanke (slika 5).



Slika 5: Lesni ostanki (Tehnologije ..., 2011)

Sekanci (slika 6) so kosi lesa v velikosti do 8 cm, pridobljeni s sekalnimi stroji. Težišče pa predstavljajo kosi v velikosti od 3 do 5 cm. Običajno lesne sekance izdelujemo iz drobnega lesa, pridobljenega z redčenjem, lesa slabše kakovosti, vej in lesnih ostankov (žamanje, krajniki). Kakovost in velikost sekancev sta odvisni od kakovosti vhodne surovine ter tehnologije sekanja oziroma drobljenja.



Slika 6: Sekanci (Tehnologije ..., 2011)

2.3 LASTNOSTI LESA KOT GORIVA

Osnovna lastnost lesa kot goriva je kurilna vrednost. Kurilna vrednost lesa je količina toplote, ki nastane ob popolnem zgorevanju enote goriva, pri čemer se produkti izgorevanja ne ohladijo pod temperaturo rosišča vodne pare. Izražamo jo v kWh/m³, MJ/m³, kWh/kg in MJ/kg (Kopše in Krajnc, 2005).

Na kurilno vrednost lesa vplivajo naslednji dejavniki:

- vsebnost vode ali vlažnost lesa,
- gostota lesa,

- zdravstveno stanje lesa,
- drevesna vrsta.

2.3.1 Vsebnost vlage

Na kurilno vrednost lesa najbolj vpliva vlažnost lesa ali vsebnost vlage. V procesu zgorevanja lesa voda izpareva, pri tem pa se porablja energija. Za izparevanje 1 kg vode potrebujemo 0,68 kWh energije. Zato velja, da več kot je vode v lesu, več energije porabimo za izhlapevanje in tako je ostane manj za ogrevanje.

Vsebnost vode (w) v lesu predstavlja razmerje med maso vode in skupno maso lesa ter vode.

$$w = \frac{m_w - m_o}{m_w} * 100 \quad [\%] \quad \dots(1)$$

w ... vsebnost vode (%)

m_w ... masa vlažnih sekancev (g)

m_o ... masa suhih sekancev (g)

Vlažnost lesa (u) je razmerje med maso vode in maso popolnoma suhega lesa.

$$u = \frac{m_v - m_o}{m_o} * 100 \quad [\%] \quad \dots(2)$$

u ... vlažnost sekancev (%)

m_v ... masa vlažnih sekancev (g)

m_o ... masa suhih sekancev (g)

Glede na vlažnost lesa ločimo:

- svež les - les takoj po poseku, ki ima vlažnost nad 40 %;
- gozdno suh les - les približno pol leta po poseku v primeru zimske sečnje oz. približno 4 mesece po poseku v primeru poletne sečnje, ki ima vlažnost od 20 do 40 %;
- zračno suh les - les, ki se je sušil vsaj šest mesecev v zračnih in pokritih skladiščih in ima vlažnost do 20 %;
- tehnično suh les (umetno sušenje) - les, ki ima vlažnost od 6 do 15 %.

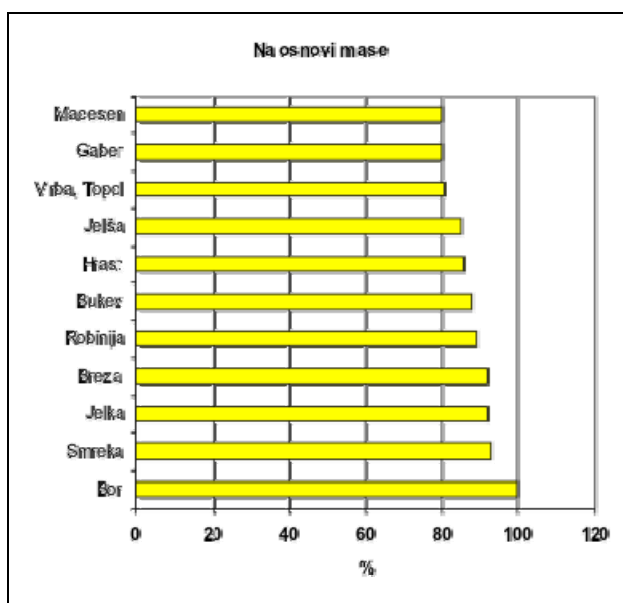
Preglednica 1: Kurilna vrednost lesa v odvisnosti od vlažnosti (Kaker, 2009)

Sušen les	Vsebnost vlage (%)	Kurilna vrednost (kWh/kg)
Popolnoma suh les	0	5,2
Les, sušen v zaprtem prostoru.	8	4,7
Zračno suh, sušen zunaj več let in pokrit.	15	4,3
Sušen v gozdu, nepokrit, sušen več kot šest mesecev.	30	3,4
Sveži les	40 - 60	2,8 - 1,6

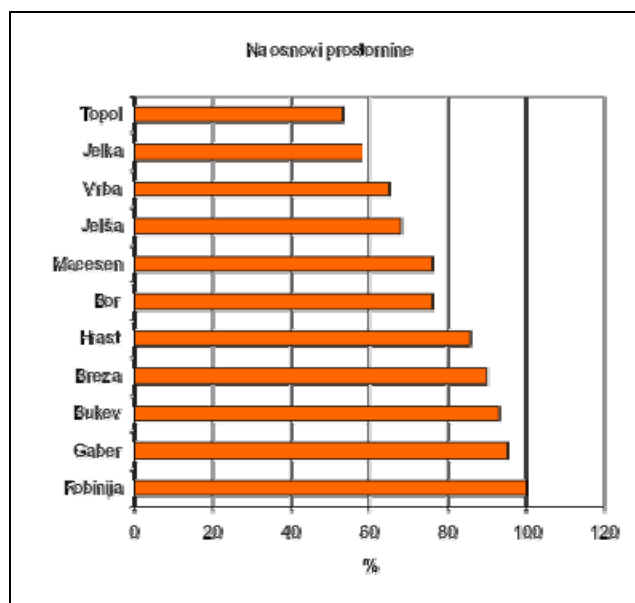
Na vsebnost vode lahko vplivamo z ustrežno pripravo in sušenjem goriva. Iz preglednice 1 je razvidno, da vsakih 10 % vode zmanjša kurilno vrednost lesa za 12 %. Če kurimo gozdno suh les, porabimo četrtno energije, uskladiščene v lesu, za izhlapevanje vode.

2.3.2 Gostota lesa

Gostota je masa določenega volumna lesa. Izražamo jo v kg/m^3 . Gostota je odvisna od drevesne vrste, kjer velja, da imajo listavci večjo gostoto kot iglavci. Gostota narašča tudi z vlažnostjo, kar je v največji meri odvisno od letnega časa sečnje. Odvisna je tudi od starosti lesa in različnih delov drevesa, pri katerih velja, da imajo koreničnik, veje in jedrovina večjo gostoto kot ostali deli drevesa. Gostota lesa vpliva na sušenje, kurilno vrednost in proces zgorevanja (slika 7).



Slika 7: Primerjava energijskih vrednosti drevesnih vrst na osnovi mase - osnova je energijska vrednost bora (Les kot ..., 2011)



Slika 8: Primerjava energijskih vrednosti drevesnih vrst na osnovi prostornine - osnova je energijska vrednost robinije (Les kot ..., 2011)

Na osnovi prostornine m^3 (slika 8) se poleg bukve izplača kupovati še les hrasta, robinije in gabra. Razlike v energijski vrednosti so manjše, če kupujemo lesno biomaso po teži (t ali kg). V tem primeru bi pri nakupu 1 t topolovega lesa kupili le 1 % manj energije, kot če bi kupili 1 t bukovega lesa. Pri kupovanju glede na težo (slika 7) pa moramo upoštevati tudi vsebnost vode.

Primer: Če kupimo 1 m^3 topolovega lesa, bomo dobili kar 39 % manj energije, kot če bi kupili 1 m^3 bukovega lesa (Les kot ..., 2011).

2.3.3 Zdravstveno stanje

Zdravstveno stanje ali ohranjenost lesa bistveno vpliva na kurilno vrednost. Les je organska snov in je izpostavljen različnim vremenskim, toplotnim in kemičnim dejavnikom ter živim organizmom, ki povzročajo njegovo razgradnjo. Trohneč les ima manjšo gostoto in s tem tudi manjšo kurilno vrednost. Zato je za pridobivanje kakovostnih lesnih kuriv potrebna skrbna izbira tehnologij izdelave in načinov skladiščenja.

2.4 SEKANCI

Omenjeno je že, da so sekanci nasekana lesna biomasa v obliki koščkov z določeno velikostjo delcev, ki se izdelujejo z mehansko obdelavo, z ostrim orodjem, kot so noži. Lesni sekanci so nepravilne štirikotne oblike in značilne dolžine od 5 do 50 mm ter z majhno debelino v primerjavi z drugimi dimenzijami (Parameters ..., 2010).

2.4.1 Tehnologije za izdelavo sekancev

Za pripravo lesnih sekancev uporabljamo sekalnike. Sekalnik je stroj, namenjen predelavi okroglega lesa ali kosovnih lesnih ostankov neposredno v sekance. Lahko je stacionaren ali vgrajen na prikolici, kamionu oziroma nošen na tritočkovnem priklopu traktorja.

Opremljen je lahko z lastnim motorjem ali pa ga poganja traktor. Glede na sekalno enoto lahko sekalnike razdelimo na:

- **Kolutne ali diskaste sekalnike**, kjer sekalna enota sestoji iz težkega vztrajnika, na katerem so radialno pričvrščeni 2 do 4 noži. Les pride v stik s kolutom pod kotom med 30° in 40° na ploskev koluta, in vrteči se noži, ki delujejo proti nakovalu, režejo zaporedne kose lesa, ki v tem postopku razpadejo na sekance. Sekanci so navadno velikosti od 0,3 do 4,5 cm. Dimenzijo sekancev lahko spremenimo z nastavljivim ležiščem noža.
- **Bobnasti ali rotorski sekalniki** so večji in močnejši kot kolutni sekalniki ter z lahkoto obdelujejo tako okrogli les kot tudi lesne ostanke. Boben sekalnika sestoji iz jeklenega valja z do 12 noži, nameščenimi v tangencialnem položaju. Velikost sekancev je bolj heterogena in sega vse do 6,5 cm. Potrebno je brušenje ali zamenjava nožev pri količini obdelanih ostankov na vsakih 50 do 100 t pri delu z trdim lesom in na vsakih 200 do 300 t pri delu z mehkim lesom.
- **Vijačne sekalnike**, ki niso zelo razširjeni. Njihovo delovanje omogoča velika, na horizontalni osi vrteča se spirala z ostrimi robovi. Lahko obdelujejo cela drevesa ali hlode in proizvajajo nekoliko večje sekance (do 8 cm).

Glede na pogonsko moč delimo sekalnike v tri skupine (preglednica 2): lahki, srednji in težki sekalniki.

Preglednica 2: Delitev sekalnikov (Tehnologije ..., 2011)

Delitev sekalnikov	Pog. moč (kW)	Max. premer lesa (cm)	Velikost sekancev (mm)	Učinki (m ³ /h)	Cenovni razred (v tisoč €)
LAHKI	20 - 30	do 15	5 - 30	2 - 5	do 10
SREDNJI	40 - 60	do 30	5 - 100	10 - 50	od 10 do 50
TEŽKI	150 - 360	do 90	5 - 150	50 in več	nad 50

Pomemben podatek pri izbiri sekalnika je maksimalni premer lesa, ki ga stroj še lahko obdela in ga določa dimenzija vstopne odprtine stroja. Od tega je odvisna tudi tehnologija predpriprave surovine za sekance, kot je na primer cepljenje debelejših kosov. Velikost sekancev lahko običajno nastavimo na stroju in je odvisna od zahtev odjemalca. Način nastavitve je odvisen od izvedbe nožev sekalnika. Zelo pomembno je, da vemo, zakaj bomo stroj uporabljali, saj se na osnovi tega odločamo za število nožev, katerih kasneje ne moremo povečevati, medtem ko vrtilno hitrost bobna z noži ter pri vijačnih sekalnikih gostoto navojev med noži in razdaljo med diski z noži reguliramo sproti. Izbira velikosti sekancev je v največji meri odvisna od kurilne naprave in vrste dozirnih naprav.

Velikost sekancev lahko reguliramo tudi s siti, ki omogočajo razvrščanje sekancev že med fazo izdelave in zagotavljajo večjo homogenost materiala, vendar zmanjšujejo produktivnost stroja.

Učinek sekalnika merimo v nm³ (nasutih kubičnih metrih) in je odvisen od vrste vhodne surovine ter vseh naštetih lastnosti stroja.

2.4.2 Skladiščenje, sušenje in transport lesnih sekancev

Pravilno sušenje in skladiščenje lesa bistveno vpliva na vsebnost vode v lesu in na ohranjenost lesa, kar nadalje vpliva na njegovo kurilno vrednost.

Sušenje in skladiščenje sekancev lahko poteka na dva načina. Pri prvem sekance izdelujemo iz svežega lesa in jih kasneje sušimo, medtem ko pri drugem sekance izdelujemo iz že predhodno osušenega lesa in tako dobimo že suhe sekance. Tehnologija izdelave sekancev je enaka. Umetno sušenje je zaradi velike porabe energije negospodarno, saj bi zanj porabili tretjino notranje energije goriva. Zelo priporočljivo je naravno sušenje lesa, ki poteka vsaj šest mesecev. Trajanje sušenja je odvisno od oblike in dimenzij lesa, ki se suši, od časa sečnje, kraja sušenja ter vrste lesa. Zaradi teh lastnosti sta pomembna pravočasni posek in ustrezna predpriprava lesa.

Najboljši prostor za skladiščenje in sušenje lesnih sekancev je pokrita ter utrjena površina na sončni in zračni lokaciji. Streha mora biti dovolj visoko, da omogoča nemoteno kroženje zraka.

Poznamo pa tudi skladiščenje na prostem, kjer sekance na utrjeni površini pokrijemo s posebno ponjavo, ki omogoča sušenje sekancev tako, da prepušča prehajanje vlage iz kupa v okolico, medtem ko preprečuje, da bi skozi prodirale padavine.

Najnovejša pa so skladišča s sistemom prisilne ventilacije z uporabo zraka, predhodno segretega s sončno energijo.

Lastnosti sekancev se v času skladiščenja spreminjajo. Sekanci iglavcev so obstojnejši kot sekanci listavcev, prav tako so obstojnejši večji sekanci, kar je zaradi boljšega kroženja zraka. Hladnejši vremenski pogoji omogočajo daljše skladiščenje. Pri shranjevanju sekancev je problematična kemična razgradnja lesa, razbarvanje, okužbe z glivami, ki povzročajo površinske spremembe lesa, obarvajo površino oziroma beljavo in povzročijo trohnobo lesa.

V kompaktnějšíh kupih lesnih sekancev ter v zalogovnikih je pretok zraka zmanjšan in zaradi zmanjšane prenosa toplote lahko temperatura naraste nad 60 °C. Pri tej temperaturi pa se sproži kemična reakcija, pri kateri nastaja očetna kislina. Očetna kislina in druge hlapne organske kisline so produkti naravnega procesa razkroja lesa ter posledično pomemben kazalnik sprememb v kupih. Priporočljivo je spremljanje temperature v kupih sekancev.

Dejavniki, ki vplivajo na shranjevanje, so:

- velikost, kompaktnost in oblika kupa;
- razmerje med površino in volumnom;
- struktura materiala (vrsta lesa, vsebnost listja, vsebnost iglic, začetna vlaga);
- velikost in starost sekancev;
- izpostavljenost vremenskim pogojem;
- pretok zraka.

2.4.2.1 Zdravstvena tveganja pri skladiščenju

Nujno je pravilno in skrbno gospodarjenje s sekanci. Krajši čas shranjevanja zmanjša tveganje za mikrobe in kemičen razkroj, izgubo mase, nastanek toplote in zdravstveno tveganje. Bakterije in glive potrebujejo za svoje delovanje vir dušika, zato je pomembno, da se izognemo mešanju sekancev z listjem, skorjo ali drugimi možnimi ostanki.

Za transport sekancev uporabljamo običajna tovorna sredstva za prevoz razsutih tovorov z dodatnimi sistemi za raztovarjanje. Najbolj pogoste so prikolice, ki imajo posebno pomično dno za raztovarjanje sekancev (slika 9), poznamo pa tudi prikolice, ki lesne sekance s pihalnikom po cevi vpihujejo v skladišče. Velikosti prikolic so različne, od majhnih pa do večjih, ki lahko prevažajo tudi do 90 nm³ lesnih sekancev.



Slika 9: Prikolica s pomičnim dnom

2.4.3 Kurilne naprave za kurjenje z lesnimi sekanci

V uvajanju sodobne tehnologije za izkoriščanje biomase zaostajamo za Evropo. Bistvo sodobne tehnologije kurjenja biomase je, da omogoča čim bolj popolno izgorevanje gorljivih sestavin. Tako emisij CO in CxHy praktično ni več. Pri izgorevanju biomase v modernih kotlih se zaradi popolnega izgorevanja pri visokih temperaturah zniža tudi odstotek ostalih snovi, ki onesnažujejo okolje (saje, CO, SO itd.). Visoke temperature, ki nastopajo v posebno grajenih kotlih za biomaso, pa povzročajo, da izgorijo tudi smole, eterična olja in ostale trde snovi, ki se v klasičnih kotlih odlagajo kot saje in katran.

Sodobne peči omogočajo popolno izgorevanje lesa tudi pri nižjih obremenitvah. To je doseženo z ločitvijo zgorovalnega prostora na primarnega in sekundarnega. V primarnem poteka sušenje in uplinjanje lesa, v sekundarnem pa zgorevajo nastali lesni plini. S tem se zniža onesnaževanje in se doseže 90 % izkoristek.

Slabosti kotlov na sekance so:

- visoke začetne investicije,
- potreben je velik in ustrezen prostor za skladiščenje lesnih sekancev (zalagovnik).

Kotli na sekance so lahko manjše izvedbe za ogrevanje domov ali pa večji, ki jih uporabljamo za daljinsko ogrevanje, sočasno proizvodnjo toplote in elektrike ter v industriji za proizvodnjo procesne toplote.

Ker bomo vzorce, ki jih bomo analizirali, nabrali v kotlovnici v Kočevju, smo se odločili, da slednjo podrobneje tudi predstavimo.

2.5 KOTLOVNICA V KOČEVJU

Komunala Kočevje danes oskrbuje uporabnike s toploto za ogrevanje v času zimske sezone. Sistem oskrbe s toploto deluje v odvisnosti od zunanjih temperatur. Pričetek obratovanja je predvidoma konec septembra, konec obratovanja pa maja. Komunala Kočevje danes oskrbuje s toploto za ogrevanje 1.205 stanovanj in 121 ostalih porabnikov (dom starejših občanov, Melamin, glasbena šola, vrtec ipd.). V sistemu je 99 toplotnih in hišnih postaj ter podpostaj s 138 regulacijskimi krogi, 198 merilnimi mesti in 305 črpalkami. Dolžina trase primarnih in sekundarnih cevovodov je preko 10 km oz. dolžina cevi je preko 20 km. Celoten sistem ima zmogljivost 20 MW. Trenutno je priključenih 110 objektov, ki imajo 14,3 MW priključne moči. Letna prodaja toplote znaša 47.263 GJ. Iz teh podatkov je razvidno, da so še možnosti priključitve novih porabnikov.

Kotlovnica ima površino 22 x 8 m, prizidek 12 x 12 m, celotna površina pa je 400 m². Dnevni zalagovnik je v velikosti 4,15 x 12 x 2,5 m. Pokrita deponija za lesno biomaso je v velikosti 20 x 30 m, višine 10 m, kapaciteta pokrite deponije pa je 3.000 m³.

Streha na obstoječi kotlovnici je iz lahke konstrukcije, pokrita z valovito pločevino. Zidovi in tla so izdelani iz negorljivega materiala. Kotlovnica ima izhode v različnih smereh, en izhod vodi na prosto. Vrata, ki vodijo na prosto, se odpirajo v smeri izhoda in med obratovanjem kotlovnice ne smejo biti zaklenjena. Vrata, ki vodijo v sosednje prostore, pa se odpirajo v kotlovnico in so požarno varna.

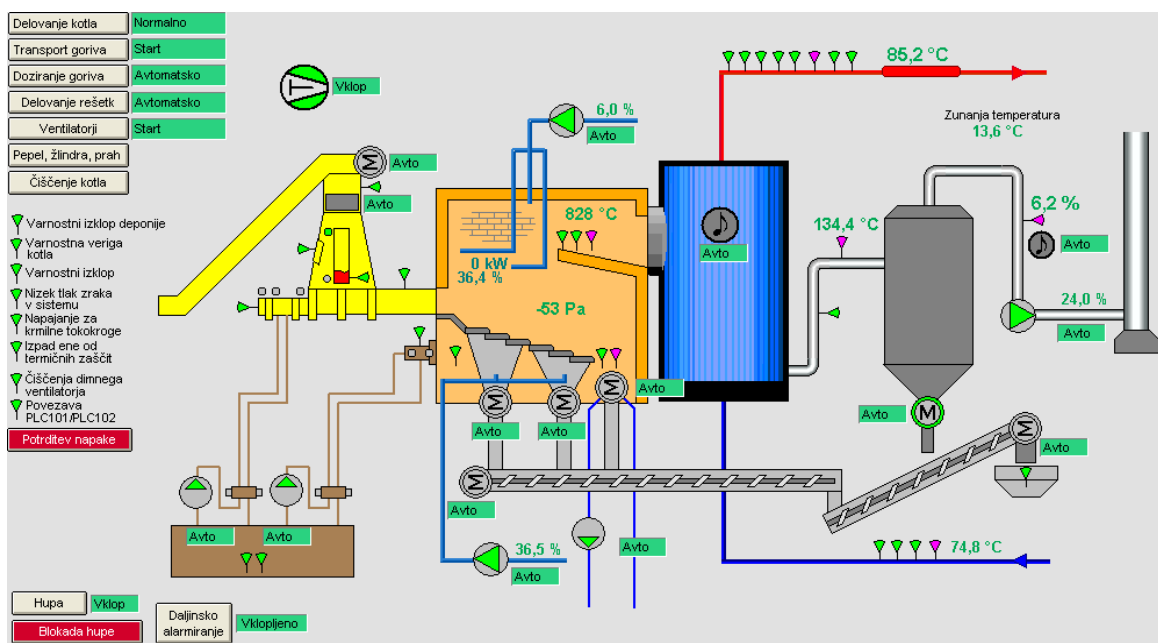


Slika 10: Kotlovnica v Kočevju (Vzdrževanje ..., 2011)

2.5.1 Opis kotla in kurišča

Kotel je izdelal proizvajalec Järnforsen iz Švedske. Je vertikalne izvedbe, kar omogoča, da ne zgoreli delci pepela, ki nastanejo pri zgorevanju, zaradi lastne teže, padajo na dno kotla. Moč kotla je 4,5 MW. Delovni tlak kotla je 6 bar. V kotlu je 18.600 litrov vode.

Kurišče je sestavljeno iz specialne konstrukcije in toplotno izolirano s šamotno opeko v kurišču. Z zunanje strani je izolirano s tervolom. Specialnost kurišča je v tem, da je kurišče obdano s trapezno pločevino. Trapezna pločevina tvori kanale za zrak. Skozi te kanale sesa zrak primarni ventilator.



Slika 11: Dozirna naprava, kurišče, kotel, odvod pepela in žlindre, multiciklon (Vzdrževanje ..., 2011)

Čiščenje dimnih plinov se opravlja v multiciklonu, s katerim se izločijo prašni delci. Odvod dimnih plinov se opravlja s pomočjo dimnega ventilatorja, ki je frekvenčno voden tako, da je omogočena regulacija podtlaka v kurišču. Samostoječi dimnik je visok 20 m in je toplotno izoliran, tako, da se zmanjša možnost kondenzacije. Dimnik je kovinski, dvoplaščen, z vmesno izolacijo. Notranja cev je iz nerjaveče pločevine, zunanja pa iz črne jeklene pločevine. Notranji premer dimnika je 620 mm. Kondenz iz dimnika je speljan v hladilno jamo.

Kotel se med obratovanjem čisti s pomočjo avtomatskega čistilca saj znamke Sonoforce. Sonoforce je ime za Kockum Sonics, skupine za Audible Sonic Horns (zvočno, sončni rogovi), ki se uporabljajo za čiščenje. Zvok se ustvari s pomočjo stisnjenega zraka, ki gre skozi membrano in zvočni rog. V primerjavi z ventilatorji je takšen sistem cenejši za nakup, upravljanje pa je enostavnejše. Druga velika prednost v primerjavi z ventilatorji je v tem, da sistem Sonoforce ne povzroči nobenih dodatnih toplotnih obremenitev. To pomeni, da je življenjska doba cevi kotla daljša (Sonoforce ..., 2011).

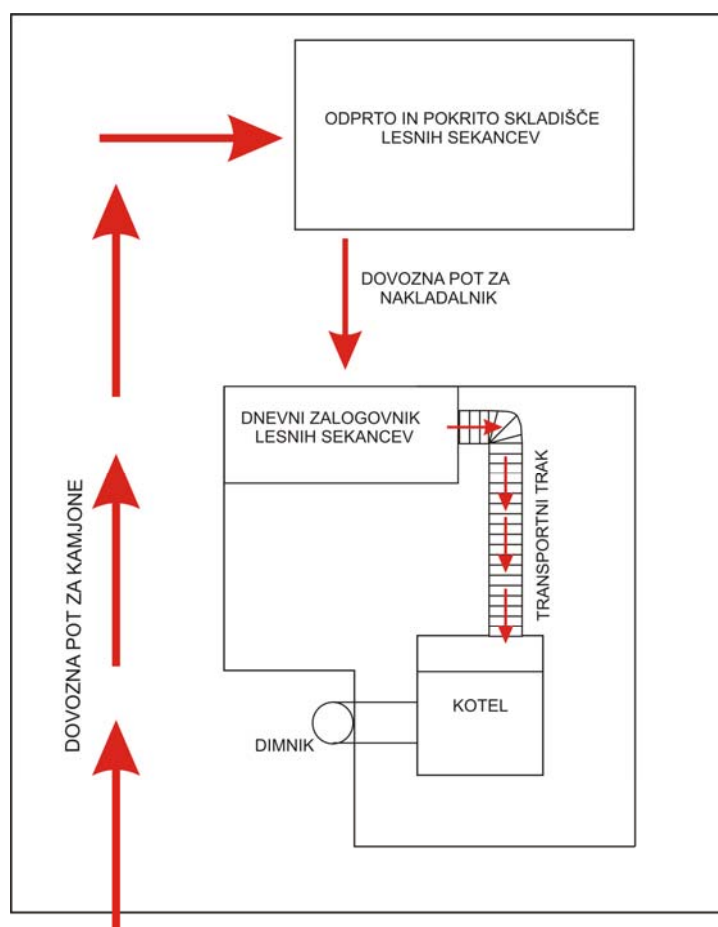
Odvod žlindre in pepela iz kurišča se opravlja s pomočjo polžev, nato pa s transportnim polžem (horizontalnim in poševnim) do zbirnika za pepel, ki se nahaja zunaj kotlarne. Vsi

polži delujejo tako, da je zagotovljen nemoten iznos pepela. Opozoriti je treba, da mora biti vodno hlajen polž vedno prekrit s pepelom, tako, da se zmanjša toplotna obremenitev polža. Zbirnik za pepel ima prostornino 5 m^3 .

2.5.2 Preskrba z gorivom

Kamioni dovažajo lesne sekance v odprto pokrito skladišče, iz odprtega pokritega skladišča pa se dovažajo s pomočjo nakladalcev v dnevni zalogovnik. V dnevnem zalogovniku je nameščena vrtljiva osovina, na kateri so lopatice, ki skrbijo za to, da na tekoči trak ne pride kurivo v kepah. Hidravlične grablje potiskajo kurivo na tekoči trak. Tekoči trak dovede kurivo v manjši zalogovnik, ki je nameščen na kotlu. Pot goriva je shematsko prikazana na sliki 11.

Za nemoteno preskrbo z gorivom je pripravljena pokrita deponija za lesne sekance v velikosti $20 \times 30 \text{ m}$, višine 10 m . Na deponijo se dovažajo lesni ostanki tedaj, ko so na razpolago in so po ugodni ceni od pogodbenih dobaviteljev. Kapaciteta te deponije znaša približno 3.000 m^3 , kar zadošča za približno 1,5-mesečno obratovanje kotlovnice pri polni moči (slika 12).



Slika 12: Pot kuriva



Slika 13: Skladišče lesnih sekancev (Vzdrževanje ..., 2011)

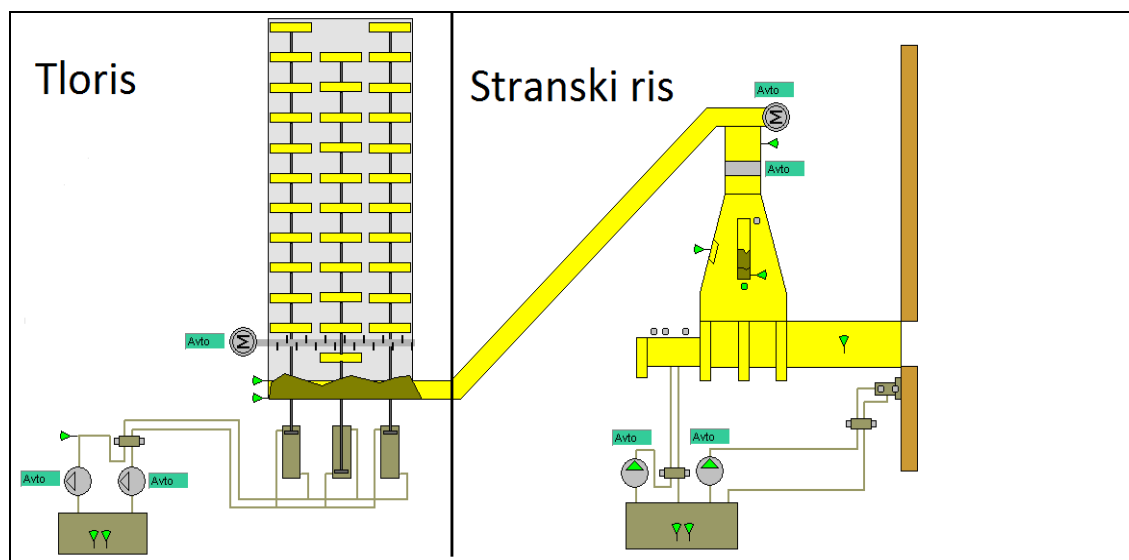
V dnevnem zalogovniku (slika 13) lesnih ostankov so vgrajene naslednje naprave:

- Iznašalni drogovi na hidravlični pogon za odvzem sekancev iz pravokotnega silosa. Odvzem se opravlja z izmeničnim premikanjem iznašalnih drogov, ki so opremljeni s posebnimi strgali - prijemali. Velikost dnevne deponije je približno 4,45 x 12 m. Nasipna višina je do 3 m, odvisno od vrste lesnih ostankov. Sestoji se iz korita, prečnega transporterja in transportne naprave. Pogon prečnega transporterja je izveden z elektromotorjem. Varovanje proti požaru je izvedeno z avtomatskimi javljalniki požara.



Slika 14: Dnevni zalogovnik lesnih sekancev (Vzdrževanje ..., 2011)

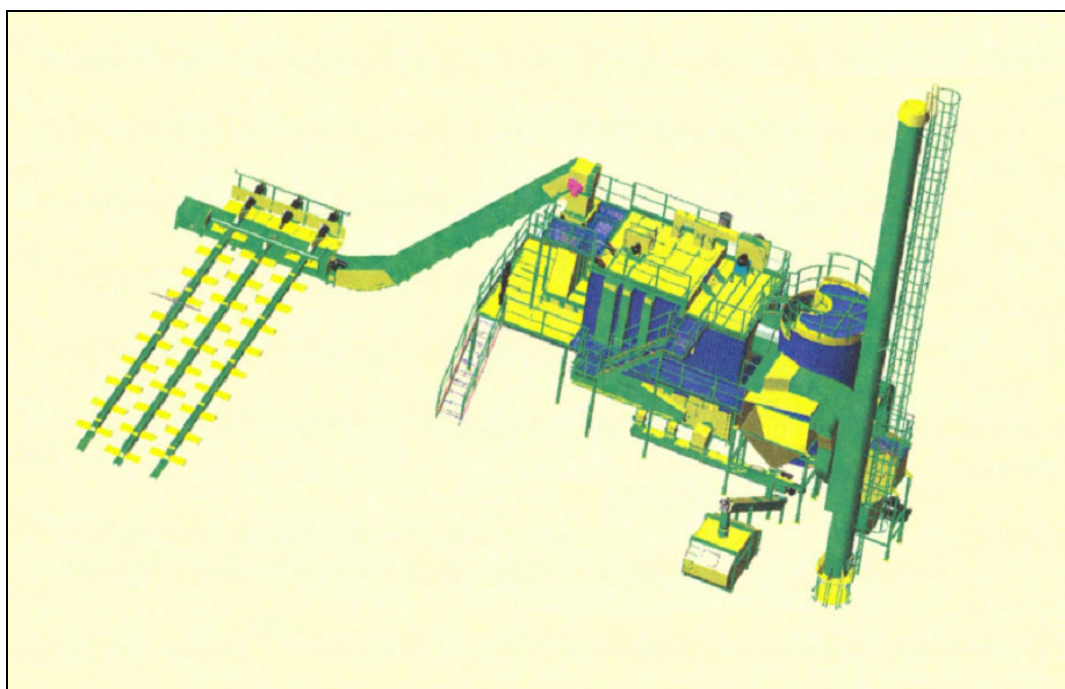
- Naprava za avtomatsko doziranje goriva v kotel (slika 14). Služi za doziranje goriva v kurišče in je hkrati element, ki loči transporter goriva od kurišča. Doziranje se izvaja taktno, skladno s procesom zgorevanja oziroma porabe energije. Primarno varovanje pred povratnim plamenom je zagotovljeno z avtomatsko gasilno napravo.



Slika 15: Transportni sistem kuriva (Vzdrževanje ..., 2011)

2.5.3 Opis postopka kurjenja lesne biomase v kotlovnici v Kočevju

Regulacija zgorevanja in obremenitve kotla je popolnoma avtomatizirana. Izvedena je tako, da ni potreben stalni nadzor kotlarne, morajo pa biti sporočeni vsi morebitni zastoji - napake. To pa zato, da je možna takojšnja intervencija. Kotlovnica deluje z občasnim nadzorom, zato je v njej nameščena dodatna varnostna oprema. Obratovanje in nadzor kotlovnice se izvaja po standardu TRD 604/24h. Na sliki 15 je prikazana shema kotlovnice.



Slika 16: Kotlovnica (Vzdrževanje ..., 2011)

Kotlovnica za zgorevanje lesne biomase ima moč 4,5 MW. Sistem je toplovoden 100/60 °C. Gorivo ne sme vsebovati več kot 15 % prahu ali žagovine, saj obstaja nevarnost, da se rešetke za dovod zraka zamašijo. Gorivo je lahko maksimalne dolžine približno 30 cm, tako da ga je možno transportirati s tračnim transporterjem do dozirne naprave s pahom. Gorivo se v dnevni zalogovnik dovaža s pomočjo nakladalcev. Dnevni zalogovnik se polni po potrebi, odvisno od vrste in stanja goriva ter potrebe po toploti. Kapaciteta dnevnega zalogovnika je 90 nm³. Iz zalogovnika se gorivo nato s tračnim transporterjem dovaja v kurišče. Tračni transporter gorivo prenese do manjšega zalogovnika nad dozirno napravo s pahom. Gorivo je treba s pahom potisniti v kurišče, kjer se na pomični rešetki začne proces zgorevanja.

Gorivo pade na pomično rešetko, kjer se segreva in suši. Ko gre v kurišče naslednja količina surovine, preide gorivo, ki se je prej sušilo in segrevalo, v zgorevalno cono. V zgorevalni coni je gorivo na posebnih pomičnih rešetkah, ki omogočajo dovod zraka s spodnje smeri. Primarni zrak se dovaja pod rešetko in to v dveh conah. Dovod zraka se opravlja z ventilatorjem, ki je krmiljen s frekvenčnim regulatorjem. Sekundarni zrak se dovaja v cono zgorevanja in je prav tako krmiljen s frekvenčnim regulatorjem. Dimni plini nato potujejo skozi vertikalni kotel, kjer oddajo energijo na ogrevni medij (voda 100/60 °C). Prah, ki nastane pri zgorevanju, pada skozi rešetke, kjer se odvaža s pomočjo polžev za iznos pepela. Na koncu pa žindra in nezgoreli deli goriva padejo v polž za iznos žindre, ki je vodno hlajen. Hlajenje polža in hlajenje nosilcev fiksne rešetke se opravlja s prisilno cirkulacijo vode (Vzdrževanje ..., 2011).

2.6 STANDARDI ZA SEKANCE

Slovenija nima lastnih standardov za sekance ali biomaso, zato je sprejela evropske standarde. Glavna standarda na področju EU za lesne sekance sta Ö NORM M 7133 in SIST-TS CEN/TS 14961:2005. V preglednici 3 so predstavljene lastnosti sekancev po avstrijskem standardu Ö NORM M 7133.

2.6.1 Standard Ö NORM M 7133

V naslednji tabeli so prikazane velikosti kategorij lesnih sekancev, oblikovane skladno z avstrijskimi standardi Ö NORM.

Preglednica 3: Tabela porazdelitve velikosti sekancev (Standard Ö NORM M7133)

Maksimalne vrednosti			Delež mase (v %), ki ostane na sitih z velikostjo lukenj, ki so podane v mm.		
Vrsta	Prerez (cm ²)	Dolžina (cm)	Max 20	60 - 100	Max 20
G30	3	8,5	16	2,8	1
G50	5	12	31,5	5,6	1
G100	10	25	63	11,2	1

Za vse vrste je delež mase za sito z odprtino dimenzij 1 x 1 mm največ 4 %.

Velikosti lesnih sekancev lahko opišemo z naslednjimi kategorijami:

- G 30 - lesni sekanci z dolžino pod 30 mm;

- G 50 - lesni sekanci z dolžino pod 50 mm;
- G 100 - lesni sekanci z dolžino pod 100 mm.

Skladno s standardom Ö NORM M 7133 se lesni sekanci uvrščajo v pet različnih kategorij, glede na vsebnost vode (preglednica 4).

Preglednica 4: Vlažnostni razredi lesnih sekancev (Standard Ö NORM M7133)

Kategorija	Vsebnost vode, v %
W 20	< - 20
W 30	20 - 29
W 35	30 - 34
W 40	35 - 39
W 50	40 - 49

2.6.1.1 Gostota nasutja lesnih sekancev

Skladno s standardom Ö NORM M 7133 obstajajo tri kategorije gostote nasutja lesnih sekancev:

- S 160 (majhna gostota nasutja): lesni sekanci z gostoto nasutja manjšo od 160 kg/m³ (npr. jelka, smreka);
- S 200 (srednja gostota nasutja): lesni sekanci z gostoto nasutja od 160 in 200 kg/m³ (npr. bor, breza);
- S 250 (visoka gostota nasutja): lesni sekanci z gostoto nasutja večjo od 200 kg/m³ (npr. hrast, bukev).

2.6.1.2 Vsebnost pepela

Količina pepela, ki ostane po postopku izgorevanja, je odvisna od količine lubja in prahu v lesnem kurivu. Avstrijski standardi razlikujejo dve kategoriji lesnih sekancev, glede na vsebnost pepela, in sicer:

- A 1: z vsebnostjo pepela manj kot 1 %;
- A 2: z vsebnostjo pepela od 1 do 5 %.

2.6.2 Tehnična specifikacija SIST-TS CEN/TS 14961:2005

Preglednica 5: Tehnična specifikacija za sekance (SIST-TN CEN/TS 14961:2005, 2005)

	Poreklo: V skladu s tabelo 1 (TS 14961)		Lesna biomasa	
	Izdelek		Lesni sekanci	
Normativno	Dimenzije			
		Glavna frakcija > 80 % mase	Fina frakcija < 5 %	Groba frakcija < 1 %
	P16	$3,15 \text{ mm} \leq P \leq 16 \text{ mm}$	< 1 mm	< 45 mm
	P45	$3,15 \text{ mm} \leq P \leq 45 \text{ mm}$	< 1 mm	< 63 mm
	P63	$3,15 \text{ mm} \leq P \leq 63 \text{ mm}$	< 1 mm	< 100 mm
	P100	$3,15 \text{ mm} \leq P \leq 100 \text{ mm}$		< 200 mm
	Vsebnost vode (w, v % kot dobljeno):			
	P20	≤ 20	Sušeni	
	P30	≤ 30	Primerni za skladiščenje	
	P40	≤ 40	Omejeni za skladiščenje	
	P55	≤ 55		
	P65	≤ 65		
	Pepel (v % na suhi osnovi):			
	A0,7	$\leq 0,7$		
	A1,5	$\leq 1,5$		
	A3,0	$\leq 3,0$		
	A6,0	$\leq 6,0$		
A10	$\leq 10,0$			

3 MATERIALI IN METODE DELA

Analizirali smo vsebnost vode, porazdelitev velikosti delcev, prisotnost lubja in gostoto nasutja lesnih sekancev ob dobavi v skladišče kotlovnice v Kočevju.

3.1 MATERIALI

Sekanci so proizvedeni predvsem iz sečnih ostankov, katerih največji delež predstavlja jelova hlodovina. Lastnosti sekancev se zelo razlikujejo in so zelo odvisne od lastnosti vhodne surovine ter tehnologije za izdelavo lesnih sekancev. Lastnosti smo preučevali z različnimi metodami in jih tudi ovrednotili.

Analizirali smo:

- vlažnost sekancev in vsebnost vode,
- porazdelitev velikosti sekancev,
- prisotnost lubja,
- gostoto nasutja.

3.2 METODE DELA

Z vzorčenjem smo pričeli 12. marca in končali 22. aprila 2010, ko so zadnjič dobavili sekance. Skupaj smo nabrali 18 vzorcev, ki smo jih označili po datumu in mestu odvzema, si zapisali zunanje podatke temperature in zračne vlažnosti ter jih shranili v PVC-vrečke, ki so zračno nepredušne. Zapisali smo tudi, kdaj so bili sekanci dostavljeni v skladišče ob kotlovnici in tako pridobili podatek o tem, koliko časa so že v skladišču.

Ob odvzemu vzorcev smo pridobili podatke o surovini, iz katere so bili sekanci izdelani. V največji meri so bili ti izdelani iz jelovih hlodov slabše kakovosti ali t. i. celuloznega lesa. Hlodovina, ki so jo uporabljali za izdelavo sekancev, je bila posekana v enem ali dveh mesecih pred izdelavo. Glavna surovina so bili hlodi s premeri od 7 do 35 cm, nekaj hlodov pa je imelo premer skoraj 80 cm. Hlodovina je bila dolžinsko krojena na 4,15 m, zaradi lažje dobave v skladišče, kjer izdelujejo sekance. Predvidevali smo, da ima hlodovina še veliko vsebnosti vlage, saj je bil povprečen čas sušenja hlodovine v gozdu med enim in dvema mesecema.

Pri vzorčenju smo se poskušali čim bolj približati zahtevam standarda CEN/TS 14778. Nabrali smo 8 vzorcev, ki so bili vzeti na površini kopice, 8 vzorcev, ki so bili vzeti v središču kopice in še dva vzorca lubja, prav tako s površine in središča kopice. Količina materiala v kopici je bila približno 90 nm³ (material se dovaža v prikolicah prostornine 90 nm³) in višine 3 m (predpisana maksimalna višina s strani varnostnega inšpektorja). Vsi vzorci so bili zajeti z zajemalko.

3.3 VLAŽNOST LESNIH SEKANCEV IN VSEBNOST VODE

Za ugotavljanje vlažnosti lesnih sekancev smo uporabljali sušilno metodo po standardu SIST-TS CEN/TS 14774-1:2004, ki je priznana referenčna metoda za natančno določanje vlažnosti lesa oziroma vsebnosti vode v lesu.

Sušenje smo izvajali v laboratoriju, kjer smo iz vsake vrečke vzeli po dva vzorca. V nekaterih vrečkah se je zaradi previsoke vlažnosti lesnih sekancev na vrečki nabral kondenz. Te vzorce smo posebej označili, tako, da smo vedeli, da imajo večjo vlažnost kot smo jo izmerili. Pred odpiranjem vrečke smo sekance v njej dobro premešali tako, da smo dobili čim bolj enakomerno vsebino vrečke. Iz aluminijaste folije smo naredili posodice in vanje stresli vzorce ter jih označili. Vsako posodico, narejeno iz aluminijaste folije, smo označili s številko, ki je predstavljala podatke o vzorcu. Posodico smo postavili na tehtnico. Na tehtnici smo odčitali skupno maso posodice in njeno vsebino ter jo zapisali. Isti postopek smo ponovili za vseh 36 vzorcev. Sušenje smo izvajali v laboratorijskem sušilniku Elektromed LT 59, ki je prikazan na sliki 16. Sušenje je potekalo 24 ur, pri temperaturi 103 °C oziroma, dokler ni bila dosežena konstantna masa. Po 24. urah smo vzorce ponovno stehali in ugotovili končno maso povsem suhih sekancev. Po tem smo izračunali še vlažnost in vsebnost vode v sekancih.

Formula za izračun vlažnosti sekancev (u):

$$u = \frac{m_v - m_o}{m_o} * 100 \quad [\%] \quad \dots(3)$$

u ... vlažnost sekancev (%)

m_v ... masa vlažnih sekancev (g)

m_o ... masa suhih sekancev (g)

Formula za izračun vsebnosti vode (w):

$$w = \frac{m_w - m_o}{m_w} * 100 \quad [\%] \quad \dots(4)$$

w ... vsebnost vode (%)

m_w ... masa vlažnih sekancev (g)

m_o ... masa suhih sekancev (g)



Slika 17: Laboratorijski sušilnik Elektromed LT 59

3.4 PORAZDELITEV VELIKOSTI LESNIH SEKANCEV

Porazdelitev velikosti lesnih sekancev smo ugotavljali v laboratoriju z uporabo vibracijskih sit, razvrščenih v serijah, s postopki in siti, ki ustrezajo standardom SIST-TS CEN/TS 15149-1:2006 trdna biogoriva - Metode določanja porazdelitve delcev - Nihalna zaslonska metoda z uporabo sita z odprtiniami 3,15 mm in več ter SIST-TS CEN/TS 15149-2:2006 Trdna biogoriva - Metode določanja porazdelitve velikosti delcev - Nihalna zaslonska metoda z uporabo sita z odprtiniami 3,15 mm in manj.

Pri ugotavljanju velikosti lesnih sekancev je pomembno določiti delež sekancev največjih dimenzij - tistih, ki še ustrezajo transportnim trakovom in polžem, ter delež delcev velikosti pod 1 mm, zaradi ogrožanja zdravja zaposlenih.

Pred izvedbo sejalne analize smo sekance za teden dni izpostavili sobnim pogojem in tako, da so se osušili. Sekance smo iz nepredušnih vrečk prestavili v kartonaste škatle in jim omogočili oddajanje vlage. V enem tednu smo jih nekajkrat pretresli, to pa zato, da se je vsebina premešala in čim hitreje klimatizirala.

Analizo porazdelitve velikosti lesnih sekancev smo opravljali na celotnem vzorcu. Tako smo dobili natančnejše rezultate. Pred začetkom sejanja smo celoten vzorec stehali in mu določili prostornino. To je bil osnoven podatek o vzorcu, maso pa smo potrebovali kasneje, ko smo morali izračunati izgubo vzorca med sejanjem.

Na stresalnik smo naložili sita in jih razvrstili po vrstnem redu, kot to narekuje standard. Sita so si sledila od sita z najmanjšimi odprtiniami, pa do sita z največjimi odprtiniami. Na dnu sit pa je bila posoda iste oblike kot sita, kjer se je nabiral ostanek.

Vrstni red sit, skozi katere smo sejali sekance, je bil naslednji:

- 31,50 mm,
- 16,00 mm,
- 8,00 mm,
- 3,15 mm,
- 2,80 mm,
- 2,00 mm,
- 1,00 mm,
- 0,50 mm,
- 0,25 mm,
- ostanek.



Slika 18: Struktura sekancev po sejanju

Sekance nasujemo v najvišje sito tako, da segajo do roba sita. Zaradi velikosti vzorcev smo morali nekaj vzorcev razdeliti na več manjših in jih nato nasuti v stresalnik. Sejanje je trajalo 3 minute, pri amplitudi 3 mm.



Slika 19: Stresalna naprava s siti za ugotavljanje velikosti lesnih sekancev

3.5 GOSTOTA NASUTJA

Gostoto nasutja lesnih sekancev smo ugotavljali v skladišču. V prostore ob kotlovnici smo prinesli laboratorijsko tehtnico in vedro z določeno prostornino. V vedro smo nasuli z zajemalko zajete sekance do točno določene prostornine (2 l), nato pa smo polno vedro

postavili na tehtnico in odčitali maso vzorca. Opravili smo šest meritev gostote nasutja s sekanci iz središča kopice ter šest meritev s sekanci s površine kopice. Po enakem postopku smo izmerili tudi gostoto nasutja lubja.

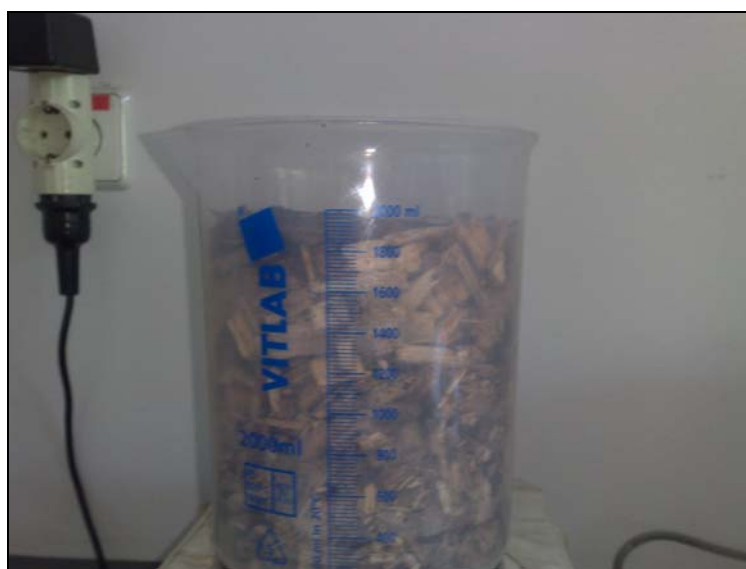
Formula za izračun gostote nasutja lubja je naslednja:

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ [kg/m}^3\text{]} \quad \dots(5)$$

ρ ... gostota nasutja (kg/m³)

m ... masa vzorca (g)

V ... volumen vzorca (g)



Slika 20: Določanje gostote nasutja

3.6 PRISOTNOST LUBJA

Lubje se po svojih kurilnih lastnostih razlikuje od lesa, zato smo ugotavljali tudi prisotnost lubja. Celoten vzorec smo stresli skozi sito z odprtini 3 mm tako, da so ostali samo večji delci, ki smo jih lahko ročno ločili. Vse delce, ki so ostali na situ, smo postavili na tehtnico in ugotovili maso, nato pa smo jih stresli na mizo in izločili delce lubja. Lubje smo stresli v posodico, to postavili na tehtnico in odčitali maso. Na koncu smo po formuli za odstotkovni delež lubja izračunali še odstotek deleža lubja.

$$x = \frac{m_{LUB}}{m_{VZO}} * 100 \text{ [%]} \quad \dots(6)$$

x ... odstotek deleža lubja (%)

m_{LUB} ... masa lubja (g)

m_{VZO} ... masa celotnega vzorca (g)

4 REZULTATI IN INTERPRETACIJA MERITEV

4.1 ANALIZA LESNIH SEKANCEV

Pri laboratorijskih raziskavah smo ugotavljali vlažnost lesnih sekancev in posledično izračunali vsebnost vode. Nadalje smo ugotavljali tudi porazdelitev velikosti delcev, gostoto nasutja in prisotnost lubja.

Predvsem nas je zanimalo, ali vlažnosti lesnih sekancev zadostujejo potrebam glede na dogovor z dobaviteljem, s katerim je dogovorjeno, naj vlažnost sekancev ne bi presegla 40 % oziroma vsebnost vode več kot 28,6 %. Zanimala nas je tudi razlika vlažnosti lesnih sekancev, ki se nahajajo v središču kopice in na njeni površini ter v kateri standard spadajo glede na vsebnost vode.

Porazdelitev velikosti delcev smo ugotavljali za določanje o tem, v kateri razred standarda bi lahko uvrstili analizirane lesne sekance. Zanimalo nas je tudi, kolikšen je delež prahu (delež frakcij pod 1 mm) in ali se v kopicah nahajajo tudi delci, večji od 30 cm, ki bi lahko povzročali motnje pri dobavi goriva iz dnevnega zalogovnika do kotla.

Tudi v tem primeru imajo v kotlovnici dogovor za dobavo sekancev velikostnega razreda G50 po avstrijskem standardu Ö NORM M7133.

Poleg tega smo pri vseh vzorcih izmerili tudi gostoto nasutja in prisotnost lubja.

V preglednicah, objavljenih v nadaljevanju, je razvidno, kdaj, kje in koliko vzorca smo vzeli ter njegove lastnosti.

Preglednica 6: Prvi vzorec (12. 3. 2010)

Datum:	12. 3. 2010			
Odvzem:	V središču kopice			
Masa:	691,5 g			
Volumen:	3,71			
Vsebnost vode	30,21	%	SIST	M40
			O NORM	W35
Porazdelitev delcev			SIST	P45
			O NORM	G50
Prisotnost lubja	6,7	%		
Gostota nasutja	186,7	Kg/nm ³		
Posebnost: vzorec odvzet takoj ob dobavi sekancev.				

Preglednica 7: Drugi vzorec (12. 3. 2010)

Datum:	12. 3. 2010				
Odvzem:	Na površini kopice				
Masa:	635,2 g				
Volumen:	3,5 l				
Vsebnost vode	30,58	%	SIST	M40	
			O NORM	W35	
Porazdelitev delcev			SIST	P45	
			O NORM	G50	
Prisotnost lubja	3,1	%			
Gostota nasutja	171,6	Kg/nm ³			
Posebnost: vzorec odvzet takoj ob dobavi sekancev.					

Prve vzorce, ki smo jih odvzeti v skladišču ob kotlovnici v Kočevju 12. marca 2010, so bili odvzeti takoj ob dobavi. Pozanimali smo se tudi o surovini za izdelavo sekancev in izvedeli, da je bila posekana v enem ali dveh mesecih pred izdelavo. Surovina je bila pripeljana v skladišče podjetja Grča, d. d., in skladiščena na asfaltiranem ter zračnem, toda nepokritem prostoru. Glede na to, da se je surovina za izdelavo sekancev lahko le delno osušila in je bila odvisna tudi od zunanjih vremenskih pogojev, smo pričakovali nekoliko višjo vsebnost vode kot 30,58 %. Pričakovali smo tudi, da bo razlika vsebnosti vode med vzorci, zajetimi v središču kopice in vzorci, zajetimi na njeni površini, nična ali zelo majhna, kar se je na koncu tudi izkazalo. Iz preglednice je razvidno, da oba vzorca presegata maksimalno dovoljeno vsebnost vode za nekaj odstotkov (2 do 3). Oba vzorca spadata v razred W35 po avstrijskem standardu Ö NORM in v razred M40 po tehnični specifikaciji SIST.

Pri analizi porazdelitve velikosti delcev smo ugotovili, da oba vzorca popolnoma ustrezata velikostnemu razredu G50 po avstrijskem standardu Ö NORM, če ju uvrstimo v tehnično specifikacijo SIST-TS CEN/TS 14961:2005 pa spadata v velikostni razred P45.

Pri merjenju gostote nasutja smo ugotovili, da oba vzorca spadata v srednji razred gostote nasutja S 200 po avstrijskem standardu Ö NORM M 7133.

Preglednica 8: Tretji vzorec (15. 3. 2010)

Datum:	15. 3. 2010			
Odvzem:	Na površini kopice			
Masa:	329,9 g			
Volumen:	1,6l			
Vsebnost vode	46,0	%	SIST	M55
			O NORM	W50
Porazdelitev delcev			SIST	P45
			O NORM	G50
Prisotnost lubja	7,7	%		
Gostota nasutja	205,7	Kg/nm ³		
Posebnost: vzorec odvzet takoj ob dobavi sekancev.				

Preglednica 9: Četrti vzorec (15. 3. 2010)

Datum:	15. 3. 2010			
Odvzem:	V središču kopice			
Masa:	300 g			
Volumen:	1,5 l			
Vsebnost vode	46,7	%	SIST	M55
			O NORM	W50
Porazdelitev delcev			SIST	P45
			O NORM	G50
Prisotnost lubja	14,6	%		
Gostota nasutja	200	Kg/nm ³		
Posebnost: vzorec odvzet takoj ob dobavi sekancev.				

Tudi tretji in četrti vzorec sta bila odvzeta takoj ob dobavi v skladišče. Surovina za izdelavo sekancev je bila prav tako posekana pred enim do dvema mesecema in pripeljana v skladišče podjetja Grča, d. d. Po približno enem mesecu je bila surovina sesekana in pripeljana na lokacijo kotlovnice Trata. Tudi pri teh vzorcih smo pričakovali, da razlike v vsebnostih vode praktično ne bo. Vsebnost vode pri obeh vzorcih znaša okoli 46 %, kar smo tudi predvidevali glede na stanje surovine pred izdelavo sekancev.

Z analizo vsebnosti vode smo ugotovili, da oba vzorca spadata v razred W50 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133 in v razred M55 po tehnični specifikaciji SIST-TS CEN/TS 14961:2005.

Analiza porazdelitve velikosti delcev pa je pokazala, da oba vzorca spadata v velikostni razred G 50 po standardu Ö NORM M 7133. Če ju uvrstimo v tehnično specifikacijo SIST, pa ponovno oba spadata v razred P45.

Pri uvrstitvi v razred gostote nasutja ju moramo uvrstiti v najvišji razred S 250.

Preglednica 10: Peti vzorec (17. 3. 2010)

Datum:	17. 3. 2010				
Odvzem:	Na površini kopice				
Masa:	321,3 g				
Volumen:	2 l				
Vsebnost vode	42,8	%	SIST	M55	
			O NORM	W50	
Porazdelitev delcev			SIST	P45	
			O NORM	G50	
Prisotnost lubja	19	%			
Gostota nasutja	160,6	Kg/nm ³			
Posebnost: vzorec zajet dva dni po dobavi v skladišče.					

Preglednica 11: Šesti vzorec (17. 3. 2010)

Datum:	17. 3. 2010				
Odvzem:	V središču kopice				
Masa:	272,9 g				
Volumen:	1,5 l				
Vsebnost vode	46,2	%	SIST	M55	
			O NORM	W50	
Porazdelitev delcev			SIST	P45	
			O NORM	G50	
Prisotnost lubja	18,4	%			
Gostota nasutja	181,3	Kg/nm ³			
Posebnost: vzorec zajet dva dni po dobavi v skladišče.					

Peti in šesti vzorec sta bila zajeta iz enake surovine na istem mestu, le z dvodnevno razliko kot tretji in četrti vzorec. To pa zato, ker smo želeli ugotoviti, koliko se osušijo sekanci v dveh dneh. Vremenski pogoji za sušenje niso bili najboljši, saj je bilo oblačno, temperatura se je gibala okoli 4 °C, relativna zračna vlažnost pa je bila v času vzorčenja 21 %. Predvidevali smo, da bo razlika vsebnosti vode le med vzorci, zajetimi na površini.

Pri analizi vsebnosti vode se je izkazalo, da so se sekanci, ki so bili na površini kopice, delno osušili, na 42,8 % vsebnosti vode. Vsebnost vode se je zmanjšala za 3,4 %, medtem ko se sekanci v notranjosti kopice niso osušili. Poudariti je treba, da tako majhne razlike vsebnosti vode med tretjim in petim vzorcem niso vedno znak sušenja, saj prihaja do različnih vsebnosti vode v kopici že ob sami dobavi sekancev v skladišče. Temu je tako zaradi različne vlažnosti hlodovine za izdelavo sekancev.

Tako smo z analizo vsebnosti vode ugotovili, da oba vzorca spadata v razred W50 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133 in v razred M55 po tehnični specifikaciji SIST-TS CEN/TS 14961:2005.

Pri analizi porazdelitve velikosti delcev smo ugotovili, da oba vzorca ustrezata mejnim vrednostim velikostnega razreda G50 po Ö NORM M 7133 in P45 po tehnični specifikaciji SIST.

Pri uvrstitvi v razred gostote nasutja ju uvrščamo v srednji razred gostote nasutja S 200 po avstrijskem standardu Ö NORM M 7133.

Preglednica 12: Sedmi vzorec (19. 3. 2010)

Datum:	19. 3. 2010				
Odvzem:	Na površini kopice				
Masa:	498,2 g				
Volumen:	2,5 l				
Vsebnost vode	27,0	%	SIST	M30	
			O NORM	W30	
Porazdelitev delcev			SIST	P45	
			O NORM	G50	
Prisotnost lubja	6,2	%			
Gostota nasutja	199,2	Kg/nm ³			
Posebnost: vzorec zajet štiri dni po dobavi v skladišče.					

Preglednica 13: Osmi vzorec (19. 3. 2010)

Datum:	19. 3. 2010				
Odvzem:	V središču kopice				
Masa:	589,5 g				
Volumen:	2,5 l				
Vsebnost vode	43,1	%	SIST	M55	
			O NORM	W50	
Porazdelitev delcev			SIST	P45	
			O NORM	G50	
Prisotnost lubja	9,3	%			
Gostota nasutja	235,8	Kg/nm ³			
Posebnost: vzorec zajet štiri dni po dobavi v skladišče.					

Tudi sedmi in osmi vzorec se navezujeta na predhodno jemanje vzorcev. Tudi ta sta bila zajeta iz iste surovine kot predhodna dva (3, 4, 5, 6), le še dva dni kasneje kot za zadnje vzorčenje (5, 6). Tudi tu smo želeli ugotoviti, kako se sekanci še nadalje sušijo glede na vremenske pogoje, ki pa so bili ta dneva veliko bolj ugodni za sušenje sekancev. Bilo je sončno in temperatura je bila okoli 8 °C. Relativna zračna vlažnost zraka je bila v času

vzorčenja 54 %. Predvidevali smo, da se bo vsebnost vode lesnih sekancev, ki se nahajajo na površini kopice, še naprej nižala, medtem ko bo vsebnost vode lesnih sekancev v središču kopice ostala nespremenjena. Rezultati analize vsebnosti vode so pokazali, da se je vsebnost vode vzorca, zajetega na površini kopice, zmanjšala na 27 %, medtem ko se vzorcu, ki smo ga zajeli v središču kopice, vsebnost vode skoraj ni spremenila. Razlika v vsebnosti vode med osmim in šestim vzorcem je bila 2,7 %, vendar ta razlika ni signifikantna, saj se v tako velikih kopicah pojavljajo razlike v vsebnosti vode, ki so posledica različnih vlažnosti hlodovine za izdelavo sekancev. Tako smo dokazali, da se sekanci, skladiščeni v kopicah, sušijo le na površini, medtem ko se sekanci v notranjosti kopice ne morejo sušiti brez prisilnega prezračevanja.

Z analizo vsebnosti vode smo torej ugotovili, da sedmi vzorec, ki je bil zajet na površini kopice, spada v razred W30 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133, ter v razred M30 po tehnični specifikaciji za trdna biogoriva SIST-TS CEN/TS 14961:2005.

Vzorec osem, ki je bil zajet v središču kopice, pa spada v razred W50 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133 in v razred M55 po tehnični specifikaciji za trdna biogoriva SIST-TS CEN/TS 14961:2005.

Pri analizi porazdelitve velikosti delcev smo ugotovili, da oba vzorca ustrezata mejnim vrednostim velikostnega razreda G50 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133, ter P45 po tehnični specifikaciji za trdna biogoriva SIST-TS CEN/TS 14961:2005.

Pri uvrstitvi v razred gostote nasutja sedmi vzorec uvrščamo v srednji razred S200, medtem ko osmi vzorec uvrščamo v najvišji razred S250 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133.

Sedmi vzorec je bil tudi prvi med množico vzorcev, ki izpolnjuje vse zahteve kupca.

Preglednica 14: Deveti vzorec (26. 3. 2010)

Datum:	26. 3. 2010				
Odvzem:	Na površini kopice				
Masa:	506,1 g				
Volumen:	2,8 l				
Vsebnost vode	51,3	%	SIST	M55	
			O NORM	W50	
Porazdelitev delcev			SIST	P45	
			O NORM	G50	
Prisotnost lubja	11,5	%			
Gostota nasutja	180,7	Kg/nm ³			
Posebnost: vzorec zajet dva dni po dobavi v skladišče.					

Preglednica 15: Deseti vzorec (26. 3. 2010)

Datum:	26. 3. 2010				
Odvzem:	V središču kopice				
Masa:	608,4 g				
Volumen:	3 l				
Vsebnost vode	57,4	%	SIST	M55	
			O NORM	W50	
Porazdelitev delcev			SIST	P45	
			O NORM	G50	
Prisotnost lubja	10,4	%			
Gostota nasutja	202,8	Kg/nm ³			
Posebnost: vzorec zajet dva dni po dobavi v skladišče.					

Vzorca devet in deset smo odvzeli dva dni po dobavi sekancev v skladišče ob kotlovnici, zato smo tudi tukaj predvidevali majhno razliko vsebnosti vode med vzorcem, zajetim v središču in vzorcem, zajetim na površini kopice. Surovina za izdelavo sekancev je bila posekana približno pred enim mesecem in pripeljana v skladišče podjetja Grča, d. d., štirinajst dni pred izdelavo sekancev, zato smo pričakovali visoko vsebnost vode.

Pri analizi vsebnosti vode se je izkazalo, da sekanci, ki so bili zajeti na površini kopice, vsebujejo manj vode kot sekanci v njenem središču. Razlika v vsebnosti vode znaša 6,1 %, kar pa, kot smo že omenili, ni nujno, da je to posledica procesa sušenja sekancev.

Tako smo z analizo vsebnosti vode ugotovili, da vzorec 9 z vsebnostjo vode 51,3 %, ki je bil zajet na površini kopice, ne spada več v razred W50 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133, saj preseže mejno vrednost razreda za 1,3 %. Pri uvrstitvi v tehnično specifikacijo za trdna biogoriva SIST-TS CEN/TS 14961:2005 ga lahko uvrstimo v razred M55.

Vzorec deset z vsebnostjo vode 57,4 % ne moramo uvrstiti v avstrijski standard Ö NORM M 7133, saj presega zgornjo mejno vrednost kar za 7,4 %.

Pri tehnični specifikaciji za trdna biogoriva SIST-TS CEN/TS 14961:2005 tega lahko uvrstimo v najvišji razred M65, z mejno vrednostjo vsebnosti vode 65 %.

Pri analizi porazdelitve velikosti delcev smo ugotovili, da vzorca ne ustrezata velikostnima razredoma G50 in P45. Pri devetem vzorcu smo ugotovili, da ga ne moremo uvrstiti v velikostni razred zaradi prevelikega deleža delcev pod 1 mm. Za ta velikostni razred je dovoljenih samo 4 % takšnih delcev, v našem primeru pa znaša prisotnost delcev pod 1 mm kar 5 %. Pri uvrstitvi devetega vzorca v tehnično specifikacijo za trdna biogoriva SIST-TS CEN/TS 14961:2005 ima vzorec prenizek delež glavne frakcije (velikost delcev od 3,15 do 45 mm), saj bi moral biti več kot 80 %, izmerjeni delež pa je le 78,2 %.

Pri 10. vzorcu je delež delcev pod 1 mm kar 7,6 %, kar krepko presega mejno vrednost 4 %. Pojavi pa se tudi previsok delež fine frakcije. Po avstrijskem standardu Ö NORM M 7133 za velikostni razred G50 delež delcev pod 5,6 mm ne sme presegati 20 %, v našem primeru pa znaša 22,7 %. Če poskušamo 10. vzorec uvrstiti v tehnično specifikacijo za trdna biogoriva SIST-TS CEN/TS 14961:2005, tega ne moremo storiti zaradi prenizkega deleža glavne frakcije in prevelikega deleža delcev pod 1 mm.

Delež glavne frakcije bi moral biti višji kot 80 %, v našem primeru pa znaša 77,3 %. Deseti vzorec presega tudi mejno vrednost delcev pod 1 mm za 2,6 %, saj ta znaša 5 %.

Pri uvrstitvi v razred gostote nasutja deveti vzorec uvrščamo v srednji razred S200, medtem ko deseti vzorec uvrščamo v najvišji razred S250 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133.

Preglednica 16: Enajsti vzorec (1. 4. 2010)

Datum:	1. 4. 2010				
Odvzem:	Na površini kopice				
Masa:	467,9 g				
Volumen:	2,2 l				
Vsebnost vode	36,6	%	SIST	M40	
			O NORM	W40	
Porazdelitev delcev			SIST	P45	
			O NORM	G30	
Prisotnost lubja	9,0	%			
Gostota nasutja	212,2	Kg/nm ³			
Posebnost: vzorec zajet takoj ob dobavi.					

Preglednica 17: Dvanajsti vzorec (1. 4. 2010)

Datum:	1. 4. 2010				
Odvzem:	V središču kopice				
Masa:	541,2 g				
Volumen:	2,5 l				
Vsebnost vode	34,8	%	SIST	M40	
			O NORM	W35	
Porazdelitev delcev			SIST	P45	
			O NORM	G30	
Prisotnost lubja	7,5	%			
Gostota nasutja	216,4	Kg/nm ³			
Posebnost: vzorec zajet takoj ob dobavi.					

Enajsti in 12. vzorec sta bila odvzeta takoj po dobavi sekancev v skladišče. Surovina za izdelavo sekancev je bila posekana pred enim do dvema mesecema in pripeljana v

skladišče v zadnjih štirinajstih dneh. Pričakovali smo precej visoko vsebnost vode in zelo majhne razlike vsebnosti vode vzorcev, zajetih na površini in v središču kopice.

Pri analizi vsebnosti vode smo ugotovili, da je razlika med vzorcema le 1,8 %. Vzorec, ki smo ga zajeli na površini, je imel celo višjo vsebnost vode kot vzorec iz središča kopice. Omenjeno je že, da prihaja do takšnih razlik zaradi različnih vlažnosti hlodovine za izdelavo sekancev.

Vzorec 11 z vsebnostjo vode 36,6 % spada v razred W40 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133, ter v razred M40 po tehnični specifikaciji SIST-TS CEN/TS 14961:2005. Dvanajsti vzorec pa spada v razred W35 po Ö NORM M 7133 in v razred M40 po tehnični specifikaciji SIST.

Pri analizi porazdelitve velikosti delcev smo ugotovili, da 11. vzorec ne ustreza mejnim vrednostim velikostnega razreda G50 po Ö NORM M 7133. Zaradi prevelikega deleža delcev pod 1 mm vzorec 11 ne izpolnjuje zahteve tehnične specifikacije SIST, saj delež delcev pod 1 mm znaša 6,1 %, mejna vrednost pa je 5%.

Pri analizi porazdelitve velikosti delcev smo ugotovili, da 12. vzorec ustreza vsem mejnim vrednostim velikostnega razreda G50 po Ö NORM M 7133. Za uvrstitev v tehnično specifikacijo SIST ima tudi premajhen delež glavne frakcije (velikost delcev od 3,15 mm do 45 mm), ki bi morala presegati 80 %, v našem primeru pa je 79,8 %.

Pri uvrstitvi v razred gostote nasutja oba vzorca uvrščamo v najvišji razred gostote nasutja S 250 po avstrijskem standardu Ö NORM M 7133.

Preglednica 18: Trinajsti vzorec (9. 4. 2010)

Datum:	9. 4. 2010			
Odvzem:	Na površini kopice			
Masa:	418,2 g			
Volumen:	2,4 l			
Vsebnost vode	28,9	%	SIST	M30
			Ö NORM	W30
Porazdelitev delcev			SIST	P45
			Ö NORM	G50
Prisotnost lubja	4,8	%		
Gostota nasutja	174,1	Kg/nm ³		
Posebnost: vzorec zajet peti dan po dobavi v skladišče.				

Preglednica 19: Štirinajsti vzorec (9. 4. 2010)

Datum:	9. 4. 2010				
Odvzem:	V središču kopice				
Masa:	522,1 g				
Volumen:	2,5 l				
Vsebnost vode	44,22	%	SIST	M55	
			O NORM	W50	
Porazdelitev delcev			SIST	P45	
			O NORM	G50	
Prisotnost lubja	7,9	%			
Gostota nasutja	208,8	Kg/nm ³			
Posebnost: vzorec zajet peti dan po dobavi v skladišče.					

Trinajsti in 14. vzorec sta bila odvzeta peti dan po dobavi v skladišče in tako so se lahko sekanci glede na ugodne vremenske pogoje tudi primerno posušili. Surovina za izdelavo sekancev je bila posekana pred enim do dvema mesecema in pripeljana v skladišče v zadnjih štirinajstih dneh. Predvidevali smo kar precejšno razliko vsebnosti vode obeh vzorcev.

Tako smo z analizo vsebnosti vode ugotovili, da 13. vzorec, z vsebnostjo vode 28,9 %, ki je bil zajet na površini kopice, spada v razred W30, po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133, in v razred M30 po tehnični specifikaciji za trdna biogoriva SIST-TS CEN/TS 14961:2005.

Štirinajsti vzorec, ki je bil odvzet v središču kopice, z vsebnostjo vode 44,22 % spada v razred W50 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133 in v razred M55 po tehnični specifikaciji za trdna biogoriva SIST-TS CEN/TS 14961:2005.

Pri analizi porazdelitve velikosti delcev smo ugotovili, da oba vzorca ustrezata mejnim vrednostim velikostnega razreda G50 po Ö NORM M 7133 in P45 po tehnični specifikaciji SIST.

Pri uvrstitvi v razred gostote nasutja uvrščamo 13. vzorec v srednji razred S200, medtem ko 14. vzorec uvrščamo v najvišji razred S250 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133.

Preglednica 20: Petnajsti vzorec (22. 4. 2010)

Datum:	22. 4. 2010				
Odvzem:	Na površini kopice				
Masa:	545,7 g				
Volumen:	2,8 l				
Vsebnost vode	17,1	%	SIST	M20	
			O NORM	W20	
Porazdelitev delcev			SIST	P45	
			O NORM	G50	
Prisotnost lubja	12,7	%			
Gostota nasutja	194,9	Kg/nm ³			
Posebnost: vzorec zajet osmi dan po dobavi v skladišče.					

Preglednica 21: Šestnajsti vzorec (22. 4. 2010)

Datum:	22. 4. 2010				
Odvzem:	V središču kopice				
Masa:	516,7 g				
Volumen:	2,5 l				
Vsebnost vode	46,70	%	SIST	M55	
			O NORM	W50	
Porazdelitev delcev			SIST	P45	
			O NORM	G30	
Prisotnost lubja	17,5	%			
Gostota nasutja	206,4	Kg/nm ³			
Posebnost: vzorec zajet osmi dan po dobavi v skladišče.					

Petnajsti in 16. vzorec smo odvzeli osmi dan po dobavi v skladišče in tako so se sekanci ob ugodnih vremenskih pogojih lahko tudi primerno posušili. Surovina za izdelavo sekancev je bila posekana pred enim do dvema mesecema in pripeljana v skladišče v zadnjih štirinajstih dneh. Predvidevali smo največjo razliko vsebnosti vode med vzorcema, ker je bil to tudi najdaljši čas od dobave sekancev v skladišče do zajetja vzorcev.

Tako smo z analizo vsebnosti vode ugotovili, da vzorec 15 z vsebnostjo vode 17,1 %, ki je bil zajet na površini kopice, spada v razred W20 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133 in v razred M20 po tehnični specifikaciji za trdna biogoriva SIST-TS CEN/TS 14961:2005.

Petnajsti vzorec je eden izmed dveh vzorcev, ki ustrezata vsem zahtevam kupca, saj ima dovolj nizko vsebnost vode (17,1 %) in spada v velikostni razred G50.

Šestnajsti vzorec, ki je bil odvzet v središču kopice, z vsebnostjo vode 46,70 % pa spada v razred W50 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133 in v razred M55 po tehnični specifikaciji za trdna biogoriva SIST-TS CEN/TS 14961:2005.

Tako smo prišli do zaključka, da se sekanci v kopici ne sušijo, ne glede na vremenske pogoje in pretečeni čas.

Pri analizi porazdelitve velikosti delcev smo ugotovili, da oba vzorca ustrezata mejnim vrednostim velikostnega razreda G50 po Ö NORM M 7133 in P45 po tehnični specifikaciji za trdna biogoriva SIST-TS CEN/TS 14961:2005.

Pri uvrstitvi v razred gostote nasutja 15. vzorec uvrščamo v srednji razred S200, medtem ko 16. vzorec uvrščamo v najvišji razred S250 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133.

4.2 LUBJE

Preglednica 22: Lubje - vzorec 1a (17. 3. 2010)

Datum:	17. 3. 2010			
Odvzem:	Na površini kopice			
Masa:	263,2 g			
Volumen:	2,3 l			
Vsebnost vode	59,6	%	SIST	M65
			O NORM	W50
Porazdelitev delcev			SIST	P45
			O NORM	G50
Prisotnost lubja	100	%		
Gostota nasutja	114,3	Kg/nm ³		
Posebnost: Vzorec za lubje zajet takoj ob dobavi v skladišče.				

Preglednica 23: Lubje - vzorec 2a (17. 3. 2010)

Datum:	17. 3. 2010			
Odvzem:	V središču kopice			
Masa:	311,4 g			
Volumen:	1,9 l			
Vsebnost vode	57,9	%	SIST	M65
			O NORM	W50
Porazdelitev delcev			SIST	P45
			O NORM	G50
Prisotnost lubja	100	%		
Gostota nasutja	163,6	Kg/nm ³		
Posebnost: Vzorec za lubje zajet takoj ob dobavi v skladišče.				

Ker v kotlovnici v Kočevju uporabljajo kot kurivo tudi lubje, smo se odločili, da zajamemo tudi vzorce lubja. Lubje ima nekoliko drugačne kurilne lastnosti kot les. Lubja ne pridobivamo s sekalniki, temveč z drugimi postopki - lupilniki hlodovine, zato je lubje tudi drugačnih, bolj podolgovatih oblik. Lubje, ki smo ga zajeli v skladišču, je bilo videti precej mokro, zato smo predvidevali precejšnje vsebnost vode. Praksa je pokazala, da lubja ni dobro mleti, saj se pojavijo težave s prevelikim deležem prahu.

Ker smo lubje zajeli takoj ob dobavi v skladišče in se ni moglo osušiti, ima zelo visoko vsebnost vode. Vzorec 1a, ki je bil zajet na površini kopice, ima vsebnost vode 59,6 %, kar je najvišja izmerjena vrednost vseh vzorcev. Vzorec 2a, ki je bil zajet v središču kopice, pa ima vsebnost vode 57,9 %.

Tako smo z analizo vsebnosti vode ugotovili, da oba vzorca spadata v razred M65 po tehnični specifikaciji SIST-TS CEN/TS 14961:2005. Nobenega vzorca pa ne moremo uvrstiti v avstrijski standard za sekance Ö NORM M 7133, saj oba presegata najvišjo mejno vrednost 50 %, in sicer: vzorec 1a za 9,6 % ter vzorec 2a za 7,9 % vsebnosti vode.

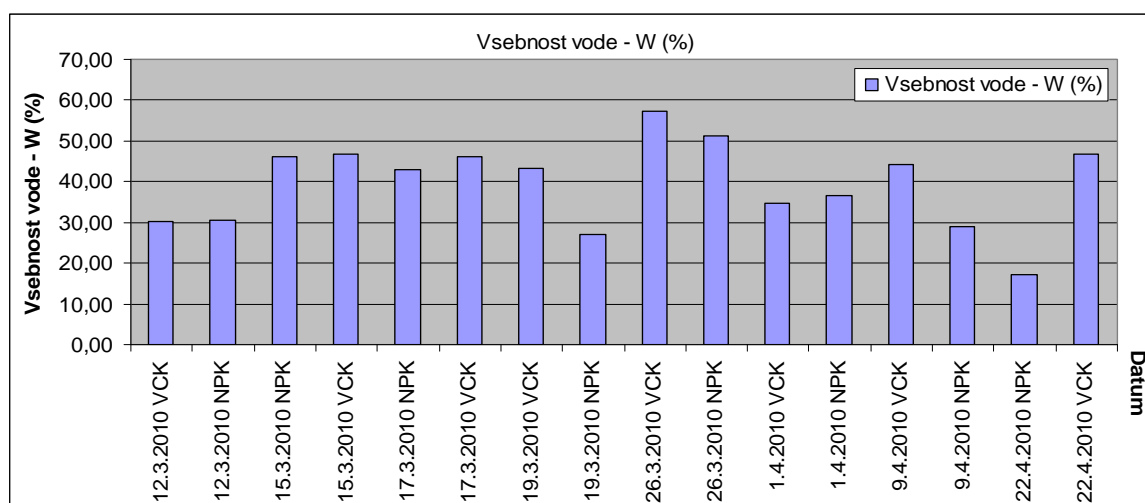
Lubja načeloma ne uvrščamo v velikostne razrede kot sekance, saj je drugačne oblike in se večinoma pojavlja v podolgovatih trakovih, ki se ob sušenju zvijajo v kolobarje. Pri analizi porazdelitve velikosti delcev lubja smo ugotovili, da glavno frakcijo sestavljajo prav največji delci, ki v dolžino v našem primeru merijo tudi do 43 cm.

Pri uvrstitvi v razred gostote nasutja pa uvrščamo vzorec 1a v najnižji razred S160, medtem ko vzorec 2a uvrščamo v srednji razred S200 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133.

4.3. ANALIZA LASTNOSTI LESNIH SEKANCEV

4.3.1 Vsebnost vode

V grafu, ki prikazuje vsebnost vode v vzorcih, lubja nismo upoštevali. Iz grafa je tudi razvidno, da le dva vzorca dosežeta željeno vsebnost, ki je do 30 % vode. To sta vzorca iz 19. marca 2010 NPK in 22. aprila 2010 NPK. Oba vzorca sta bila zajeta na površini kopice in ne takoj ob dobavi, temveč sta se nekaj dni sušila. Analiza je še pokazala, da je bila največja vsebnost vode v surovini za izdelavo sekancev z datumom 26. marec 2010, saj odstopata od ostalih vzorcev.

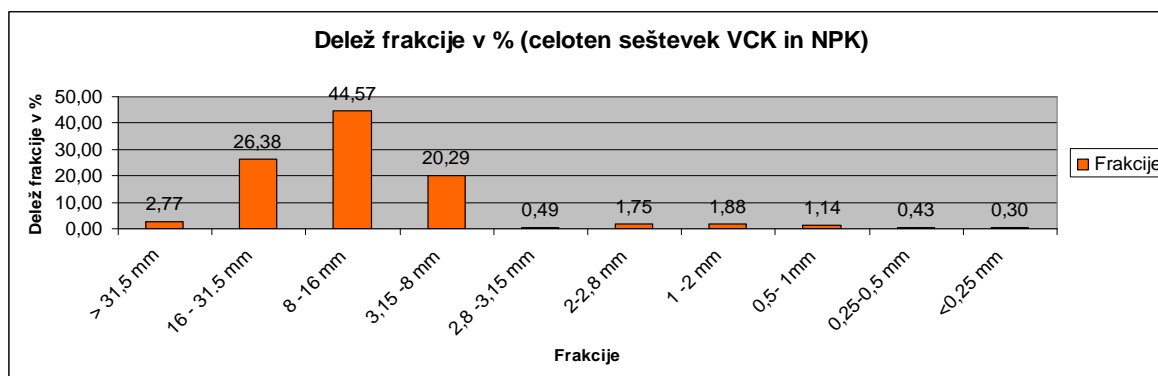


Slika 21: Vsebnost vode v vzorcih

Vsebnosti vode ostalih vzorcev se gibljejo med 35 in 40 %.

4.3.2 Porazdelitev velikosti delcev - skupen delež frakcij

V grafu, ki prikazuje porazdelitve velikosti delcev, vzorcev lubja nismo upoštevali. Če gledamo ustreznost porazdelitve velikosti delcev za nazaj, ugotovimo, da štirje vzorci ne ustrezajo velikostnemu razredu. To so vzorci, zajeti 1. aprila 2010 in vzorci, zajeti 26. marca 2010.



Slika 22: Porazdelitev velikosti delcev - skupen delež frakcij

Če nadalje pogledamo v graf skupne porazdelitve velikosti, ugotovimo, da ustrezajo vsem mejnim vrednostim velikostnega razreda G50 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133.

Mejnih vrednosti pa ne presežejo tudi ob uvrstitvi skupne porazdelitve velikosti delcev (povprečje vseh meritev) v tehnično specifikacijo za trdna biogoriva SIST-TS CEN/TS 14961:2005.

4.3.3 Gostota nasutja

Po pregledu in uvrstitvi v avstrijski standard za sekance Ö NORM M 7133 smo ugotovili, da največ, kar devet vzorcev, spada v srednji razred nasutja S200, kamor spadajo sekanci z gostoto od 160 do 200 kg/nm³. Vseh ostalih sedem vzorcev spada v najvišji razred gostote S 250, saj imajo gostoto višjo od 200 kg/nm³. V najnižji razred gostote nismo uvrstili nobenega vzorca.

4.4 ANKETA O KONTROLI KAKOVOSTI LESNIH SEKANCEV

Anketo smo izvedli, ker nas je zanimalo, kakšno je trenutno stanje kontrole kakovosti lesnih sekancev v Sloveniji. Predvidevali smo, da se kontrola na izvaja oziroma, da se izvaja samo v določenih kotlovnica. Zanimali so nas tudi splošni podatki o kotlovnici, njeni moči, kogeneraciji, ureditvi skladišča, času skladiščenja, transportu in skladiščenju lesnih sekancev.

Anketa je bila poslana po elektronski pošti, na naslove dvanajstih kotlovnica v Sloveniji. Pričakovali smo večji odziv na anketo, a je bil kar zadovoljiv rezultat, saj smo dobili polovico izpolnjenih anket. Nekatere kotlovnice pa se kljub telefonskim klicem in prošnjam niso odzvale na sodelovanje v anketi. Iz tega lahko razberemo, da nekatere kurilnice na lesno biomaso niso pripravljene za sodelovanje ali pa ne dajejo podatkov.

Iz ankete lahko ugotovimo, da se kotlovnice same po sebi zelo razlikujejo glede na:

- velikost kotlov,
- moč kotlov,
- transport goriva v kotel,
- način dobave sekancev,
- velikost skladišč,
- skladiščne kapacitete,
- način izvajanja kontrole kakovosti lesne biomase.

Kontrola kakovosti lesne biomase se izvaja v štirih kotlovnica od šestih, ki so pristale na sodelovanje v anketi. Ugotovili smo tudi, da se pomena kakovosti vhodne surovine za doseganje maksimalnega efekta najboljše zavedajo v Termoelektrarni Toplarni Ljubljana, d. o. o., in kotlovnici Črnomelj. Vlažnost lesne biomase je do 40 %.

V kočevski kotlovnici ne izvajajo kontrole kakovosti lesne biomase, saj doslej niso imeli težav s kakovostjo biomase. Prednost kotlovnice v Kočevju pa je tudi sistem transporta kuriva v kotel. Prednost kotlovnice je tudi kotel. Obstoječi sistem namreč omogoča kurjenje surovine z vlažnostjo tudi več kot 40 % in večjo vsebnostjo lubja. Lahko pa kurijo tudi samo nezmlato lubje.

Iz rezultatov ankete in pogovora z odgovornimi osebami iz kotlovnica lahko potrdimo, da je lesna biomasa na področju Slovenije zadovoljive kakovosti.

5 RAZPRAVE IN SKLEPI

Namen diplomske naloge je analizirati nekatere lastnosti lesnih sekancev. Pri ugotavljanju lastnosti sekancev smo upoštevali zahteve standarda Ö NORM M 7133 in tehnične specifikacije SIST-TS CEN/TS 14961:2005.

Ugotovili smo, da na lastnosti sekancev, ki smo jih analizirali, najbolj vpliva predhodno stanje surovine za izdelavo le-teh. Ker so bili sekanci večinoma izdelani iz okroglega lesa oziroma hlodovine s premeri od 7 do 35 cm, se v enem do dveh mesecev surovina v gozdu ni mogla osušiti na priporočeno vlažnost. Tudi po transportu v skladišče podjetja Grča, d. d., so bili hlodi shranjeni na nepokriti asfaltni deponiji in tako prepuščeni zunanjim vremenskim pogojem. Ker smo nekaj vzorcev sekancev zajeli takoj po njihovi dobavi v skladišče ob kotlovnici, lahko zatrdimo, da je bila vsebnost vode teh vzorcev enaka vsebnosti vode hlodovine, tj. med 45 in 55 %.

Pri analizi vsebnosti vode smo ugotovili, da samo dva vzorca od osemnajstih ustrezata zahtevam kupca. Oba vzorca sta bila zajeta nekaj dni po dobavi sekancev na površini kopice. Ostalih 16 vzorcev je presegalo mejne vrednosti vsebnosti vode. Nekaj vzorcev smo jemali tudi zaporedno, da bi ugotovili, ali se sekanci, ki so shranjeni v obliki kopice, lahko samostojno sušijo. Tako smo z zajemanjem vzorcev v središču kopice in na njeni površini dokazali, da se sekanci, shranjeni v obliki kopice, sušijo le na površini, v notranjosti pa ne. Zaporedni vzorci, zajeti na površini kopice, so se iz dneva v dan sušili, medtem ko je vsebnost vode vzorcev, zajetih v notranjosti kopice, ostala tako rekoč nespremenjena.

Poudariti je treba, da smo analizo pričeli izvajati proti koncu kurilne sezone, ko so v kotlovnici že porabili vso zalogo, ki so jo pripravili tik pred začetkom kurilne sezone. Ta zaloga predstavlja ostanke okoliških žagarskih obratov, kot so na primer krajniki, ki so povezani v butare. Ker se proizvodnja žagarskih obratov poveča skozi poletje, takrat v obratih ostaja tudi največ krajnikov, ki jih dobavitelj lesnih sekancev odkupuje in jih skladišči na sončnem, zračnem, toda nepokritem prostoru. Butare krajnikov se tako skozi celo poletno sezono osušijo pod 40 % vlažnost, kot jo zahtevajo v kotlovnici.

Pri analizi porazdelitve velikosti delcev smo ugotovili, da le dva vzorca od šestnajstih ne ustrezata mejnim vrednostim velikostnega razreda G50 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133. Sklepamo lahko, da vzorca ne moremo uvrstiti v velikostni razred zaradi zelo slabe kakovosti vhodne surovine (veje, skorja, trohneči les ipd.), ali pa zaradi slabo nabrušenih nožev v sekalniku.

Analizo gostote nasutja lesnih sekancev smo izvajali samo zato, da bi sekance uvrstili v razrede gostote nasutja. Tako smo ugotovili, da 9 vzorcev spada v srednji razred gostote nasutja S200. Le en vzorec spada v nižji razred S160 in ostalih 8 vzorcev v višji razred gostote nasutja S250 po avstrijskem standardu za sekance Ö NORM M 7133. Podatki so predstavljeni v tabelah, kjer so prikazani rezultati meritev.

Tako smo na koncu vseh analiz ugotovili, da samo dva vzorca ustrezata vsem mejnim vrednostim standarda Ö NORM M 7133. Na podlagi tega menimo, da bi bilo dobro

sekance ob dobavi v primeru ugodnih vremenskih pogojev raztresti po celotni asfaltirani površini do debeline 20 cm, da bi se lažje osušili. Možna pa je tudi nadgradnja skladišča s sistemom prisilne ventilacije za sušenje sekancev z uporabo predhodno segretega zraka s sončno energijo.

V kotlovnici Kočevje trenutno ne spremljajo nobenih parametrov lesnih sekancev. Glede na izide analize pa jim priporočamo, ne glede na specifikacije kotlovnice (konstrukcija kotla in transporta goriva omogoča kurjenje goriva z veliko vlažnostjo - tudi do 70 %, pa tudi velikost goriva ni problematična, kurijo lahko tudi lubje, prisotnost prahu pa je zanemarljiva), spremljanje kakovosti vhodne surovine, saj je s tem mogoče zagotoviti maksimalni izkoristek vhodne surovine.

Analiza ankete je še pokazala, da se kotlovnice med seboj razlikujejo po močeh kotla. Moči znašajo od 1 MW pa vse do 40 MW. Vse kotlovnice imajo kombinirani način transporta, ki je sestavljen iz verižnih, tračnih in vijačnih transporterjev ter potisnih batov. Kogeneracijo imajo samo v dveh toplarnah. Večina kotlovnice uporablja za proizvodnjo toplote sekance, le izjemoma tudi ostala goriva. Izmed vseh anketiranih ne spremljajo karakteristik samo v kotlovnici v Kočevju in Železnikih. V vseh ostalih kotlovnici spremljajo vlažnost lesnih sekancev, medtem ko v nekaterih tudi porazdelitev velikosti delcev in prisotnost prahu. Najboljšo kontrolo lastnosti imajo v Termoelektrani in toplarni Ljubljana, saj imajo celo t. i. online merjenje vlažnosti sekancev. Ugotovili smo, da v kotlovnici, kjer spremljajo vlažnost, uporabljajo sekance z vlažnostjo med 30 in 40 %, samo na Vranskem pa uporabljajo zelo suhe sekance, kjer je vlažnost pod 10 %. Večina kotlovnice uporablja sekance velikostnega razreda G30 in G50, prisotnost prahu pa je pod 5 %.

6 POVZETEK

Lesna biomasa že od nekdaj predstavlja vir energije za ogrevanje. Uporaba biomase, ob spoznanju, da se zaloge fosilnih goriv zmanjšujejo, vedno bolj narašča in to ne samo v Sloveniji, ampak tudi po svetu. Uporaba biomase ni samo moderen, ampak tudi okolju prijazen način ogrevanja.

V diplomski nalogi smo najprej opisali najbolj pogoste oblike lesne biomase, kot so cepanice, okroglice, polena, stiskanci, sekanci in lesni ostanki. Ker pa je namen naloge analiza sekancev, skladiščenih ob kotlovnici v Kočevju, smo te tudi podrobneje predstavili. Opisali smo tehnologije za izdelavo sekancev, transport, skladiščenje in sušenje lesnih sekancev ter kurilne naprave za kurjenje z lesnimi sekanci.

Za področje proizvodnje in uporabe sekancev so bili izdelani standardi, predpisi in tehnične specifikacije, ki določajo lastnosti vhodnih materialov, tehnologije za izdelavo ter kurilne vrednosti. Slovenija nima svojih standardov za trdna biogoriva in se zgleduje po tujih standardih, zato smo to področje na kratko predstavili v poglavju 2.4.

Izvedli smo analizo vsebnosti vode, pri kateri smo ugotavljali dejansko vsebnost vode in razliko vsebnosti vode med vzorci, zajetimi na površini kopice ter vzorci, zajetimi v središču kopice. Analizirali smo tudi porazdelitev velikosti delcev, z namenom, da bi ugotovili delež sekancev največjih dimenzij - tistih, ki še ustrezajo transportnim trakovom in polžem, ter delež delcev velikosti pod 1 mm. Sprotno pa smo merili tudi gostoto nasutja.

Končni rezultati so pokazali, da le dva vzorca od osemnajstih ustrezata vsem mejnim vrednostim vseh analiz. To pomeni, da imata le dva vlažnost nižjo od 40 % in ustrezata velikostnemu razredu porazdelitve velikosti delcev G50 po avstrijskem standardu Ö NORM M7133. Večina ostalih vzorcev je imela previsoko vsebnost vode, le dva vzorca pa nismo mogli uvrstiti v velikostni razred G50. Z zaporednim zajemanjem vzorcev v središču kopice in na površini kopice smo dokazali, da se sekanci, shranjeni v obliki kopice, sušijo le na površini, v notranjosti kopice pa ne.

Ob primerjavi podatkov drugih kotlovnici z rezultati naše analize, opravljene v kotlovnici v Kočevju, lahko ugotovimo, da je v kočevski kotlovnici vlažnost lesnih sekancev večja, saj je povprečna vlažnost vseh vzorcev 65 %. Pri uvrstitvi v velikostni razred pa lahko večino vzorcev umestimo v razred G50 in le nekaj v G30, prisotnost prahu pa je pri vseh vzorcih pod dovoljeno mejo. Tako smo ugotovili, da se sekanci, ki jih uporabljajo v kotlovnici v Kočevju, razlikujejo le po višji vlažnosti.

7 VIRI

- Kopše I., Krajnc N. 2005. Ogrevanje z lesom. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije, Agencija za učinkovito rabo in obnovljive vire energije. Gozdarski inštitut Slovenije: 4–9.
- Marutzky R., Seeger K. 1999. Energie aus Holz und anderer Biomasse. Leinfelden-Echterdingen, DRW-Verlag Weinbrenner: 59–94.

SPLETNI VIRI

- Forestry statistics. 2011. Eurostat.
http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Forestry_statistics (16. nov. 2011).
- Kaker D. 2009. Tehnološke značilnosti izdelave lesnih kuriv. Biotehniška fakulteta.
http://www.digitalna-knjiznica.bf.uni-lj.si/vs_kaker_dejan.pdf (20. dec. 2011).
- Les kot gorivo. 2011. Lesna biomasa.
<http://www.biomasa.zgs.gov.si/?p=les> (16. nov. 2011).
- Noč Razinger M. 2005. Svetovni dan varstva okolja. Statistični urad Republike Slovenije (3. jun. 2005).
http://www.stat.si/novice_poglej.asp?ID=581 (20. nov. 2011).
- Parameters, units and conversion factors. 2010. Unified bioenergy terminology - UBET.
<http://www.fao.org/docrep/007/j4504e/j4504e08.htm> (8. 10. 2010).
- Sonoforce. 2011. Kockum Sonics.
<http://www.kockumsonics.com/products/soniccleaning/sonoforce.htm> (10. nov. 2011).
- Tehnologije pridobivanja in rabe lesne biomase: Izdelava kuriva. 2011. Lesna biomasa.
http://www.biomasa.zgs.gov.si/index.php?p=tehn_kurivo (20. nov. 2011).
- Vzdrževanje in obratovanje. 2011. Komunala Kočevje.
<http://www.komunala-kocevje.si/energetika-vzdrzevanje-obratovanje> (10. nov. 2011).

STANDARDI

- SIST-TS CEN/TS 14961:2005. 2005. Trdna biogoriva - specifikacija in razredi biogoriv, razen biomase za proizvodnjo bioplina.
- ÖNORM M 7133. Chipped wood for energetic purposes - Requirements and test specifications.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Dominiki Gornik Bučar za spodbujanje in vodenje pri izdelavi diplomskega dela. Zahvaljujem se tudi recenzentu prof. dr. Sergeju Medvedu. Za pomoč in nasvete pri opravljanju laboratorijskih poskusov se zahvaljujem Iztoku Sinjurju.

Zahvaljujem se tudi Komunali Kočevje za predstavitev kotlovnice in njenega delovanja. Še posebej pa se zahvaljujem Vladimirju Bizjaku za nasvete in pomoč pri pripravi diplomske naloge.

PRILOGA

Priloga 1: Tehnične specifikacije kotlovnice na lesno biomaso v Sloveniji

Vprašanja	Termoelektrarna Toplarna Ljubljana, d. o. o.	Železniki
Splošni podatki		
Moč kotla	207MW (40 MW lesni sekanci)	23 MW
Način transporta	verižni transporter	Avtomatsko doziranje preko verižnih transporterjev in dozirnih batov
Kogeneracija	da	da
Analiza vhodne surovine		
Uporabljena vhodna surovina za proizvodnjo toplote	sekanci (mešano)	Pretežno sekanci, tudi ostalo
Katere karakteristike biomase spremljate	vlažnost (online in v laboratoriju)	nič
Ali ob dobavi spremljate vlažnost surovine	da	/
Kakšna je vlažnost surovine	< 40 %	/
Ali ob dobavi spremljate velikost delcev surovine	da	/
Kakšna je velikost delcev	G50	/
Ali ob dobavi spremljate prisotnost prahu	da	/
Kakšna je prisotnost prahu	0 %	/
Kolikšna je povprečna dnevna poraba surovine	do 700 nm ³	33 t
Koliko dobaviteljev surovine imate	3	15 - 20
V kakšnem intervalu dobavljate surovino	dnevno	Dobava na poziv
Količina porabljene surovine v kurilni sezoni 2009	63.751 t	27.000 nm ³
Količina porabljene surovine v kurilni sezoni 2010	42.885 t	
Skladiščenje surovine		
Ureditev skladišča	Pokrit zalogovnik	Deloma odprta skladišča, večinoma pokrita
Velikost skladišča	4 x 730 m ³ (2.960 m ³)	1.600 m ³
Maksimalni čas skladiščenja surovine	2 dni	3 - 8 mesecev

Vprašanja	Črnomelj	Slovenske Konjice, Loče
Splošni podatki		
Moč kotla	2.3 MW	1 MW
Način transporta	Trak in polž	Tračni transporter, vijačni transporter
Kogeneracija	ne	ne
Analiza vhodne surovine		
Uporabljena vhodna surovina za proizvodnjo toplote	sekanci, briketi, peleti (mešano)	sekanci (mešano)
Katere karakteristike biomase spremljate?	Vlažnost velikost delcev prisotnost prahu	vlažnost
Ali ob dobavi spremljate vlažnost surovine?	da	da
Kakšna je vlažnost surovine?	35 %	30 - 35 %
Ali ob dobavi spremljate velikost delcev surovine?	da	ne
Kakšna je velikost delcev?	G30	/
Ali ob dobavi spremljate prisotnost prahu?	da	ne
Kakšna je prisotnost prahu?	do 5 %	/
Kolikšna je povprečna dnevna poraba surovine?	25 nm ³	9 nm ³
Koliko dobaviteljev surovine imate?	2	1
V kakšnem intervalu dobavljate surovino?	2- do 3-krat tedensko	Polnitev po potrebi
Količina porabljene surovine v kurilni sezoni 2009	1.100 t	1.941 nm ³
Količina porabljene surovine v kurilni sezoni 2010		
Skladiščenje surovine		
Ureditev skladišča	Pokrito in delno zaprto	Delno odprto pokrito
Velikost skladišča	250 m ³	50 m ³
Maksimalni čas skladiščenja surovine	3 - 4 dni	2 dni

Vprašanja	Kočevje	Vransko
Splošni podatki		
Moč kotla	4,5 MW	3,2 MW
Način transporta	Tračni transporterji + dozirni pah (bat)	Pomična tla → tekoči trak → delilni polž
Kogeneracija	ne	ne
Analiza vhodne surovine		
Uporabljena vhodna surovina za proizvodnjo toplote	Sekanci	Pretežno sekanci, tudi ostalo
Katere karakteristike biomase spremljate?	nič	Vlažnost, velikost delcev
Ali ob dobavi spremljate vlažnost surovine?	/	da
Kakšna je vlažnost surovine	/	2 - 10 %
Ali ob dobavi spremljate velikost delcev surovine?	/	da
Kakšna je velikost delcev?	/	3 - 10 cm
Ali ob dobavi spremljate prisotnost prahu?	/	ne
Kakšna je prisotnost prahu?	/	
Kolikšna je povprečna dnevna poraba surovine?	100 nm ³	22 nm ³
Koliko dobaviteljev surovine imate?	1	4 stalne, 3 občasne
V kakšnem intervalu dobavljate surovino?	dobava na poziv	Tudi do 5-krat na teden
Količina porabljene surovine v kurilni sezoni 2009		8.200 nm ³
Količina porabljene surovine v kurilni sezoni 2010		
Skladiščenje surovine		
Ureditev skladišča	Pokrito, odprto	Odprto, pokrito skladišče
Velikost skladišča	3.000 m ³	800 m ³
Maksimalni čas skladiščenja surovine	3 - 6 mesecev	Poleti do 3 mesece