

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN
OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Boštjan AJDIČ

**OGREVANJE S SEKANCI
NA GOZDNEM GOSPODARSTVU
NOVO MESTO**

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij – 1. Stopnja

Ljubljana, 2015

UNIVERZA V LJUBLJANI
BIOTEHNIŠKA FAKULTETA
ODDELEK ZA GOZDARSTVO IN OBNOVLJIVE GOZDNE VIRE

Boštjan AJDIČ

**OGREVANJE S SEKANCI
NA GOZDNEM GOSPODARSTVU
NOVO MESTO**

DIPLOMSKO DELO
Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

**HEATING WITH WOOD CHIPS ON FOREST
ENTERPRISE NOVO MESTO**

B.Sc. THESIS
Professional Study Programmes

Ljubljana, 2015

Diplomsko delo je zaključek prve stopnje visokošolskega strokovnega študija gozdarstva na Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete Univerze v Ljubljani. Terenske analize so potekale pri stavbi Gozdnega gospodarstva Novo mesto, natančneje pri kurilnici za kurjenje na biomaso.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire BF je dne 10. 6. 2013 sprejela temo in za mentorja diplomskega dela imenovala doc. dr. Jurija Marenče.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

Podpisani izjavljam, da je naloga rezultat lastnega dela. Izjavljam, da je elektronski izvod identičen tiskanemu. Na univerzo neodplačno, neizključno, prostorsko in časovno neomejeno prenašam pravici shranitve avtorskega dela v elektronski obliki in reproduciranja ter pravico omogočanja javnega dostopa do avtorskega dela na svetovnem spletu preko Digitalne knjižnice Biotehniške fakultete.

Boštjan AJDIČ

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	GDK 839.3(497.4Novo mesto)(043.2)=163.6
KG	ogrevanje/sekanci/vsebnost vode/biomasa/GG Novo mesto
AV	AJDIČ, Boštjan
SA	MARENČE, Jurij (mentor)
KZ	SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
ZA	Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire
LI	2015
IN	OGREVANJE S SEKANCI NA GOZDNEM GOSPODARSTVU NOVO MESTO
TD	Diplomsko delo (visokošolski strokovni študij)
OP	VII, 43 str., 9 pregl., 18 sl., 17 vir
IJ	sl
JI	sl/en
AI	

V diplomski nalogi smo ugotavljali, kakšna je vsebnost vode pri sekancih glede na dostavljene količine. Na podlagi tega smo izračunali kurilno vrednost ter gostoto nasutja posameznega vzorca. Analizirali smo 19 vzorcev. Vsebnost vode je variirala med 12,2 % ter 46,4 %. Te velike razlike so najverjetneje posledica skladiščenja hlodovine oziroma že predhodno narejenih sekancev. To nam da vedeti, da je zelo pomembno skladiščenje sekancev za njihovo boljšo kakovost, ker le-ta bistveno vpliva na kurilno vrednost. S pomočjo formule smo izračunali kurilno vrednost sekancev. Pred tem je bilo potrebno en vzorec posušiti, da smo dobili suho snov, ki je bila pomembna in potrebna za sam izračun. Z izračunom gostote nasutja smo prišli do podatka o teži m^3 sekancev pri določeni vsebnosti vode. Opisali smo tudi cenovno primerjavo med kurilnim oljem ter zemeljskim plinom, kjer smo upoštevali isto količino proizvedene toplote.

Celotna analiza uporabe različnih energentov kaže, da je v konkretnem primeru ogrevanje z lesnimi sekanci najbolj smiselno.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN Dv1
DC FDC 839.3(497.4Novo mesto)(043.2)=163.6
CX heating/wood chips/water content/biomass/forest enterprise Novo mesto
AU AJDIČ, Boštjan
AA MARENČE, Jurij (supervisor)
PP SI-1000 Ljubljana, Večna pot 83
PB University of Ljubljana, Biotechnical faculty, Department of forestry and renewable forest resources
PY 2015
TI HEATING WITH WOOD CHIPS ON FOREST ENTERPRISE NOVO MESTO
DT Graduation Thesis (Professional Study Programmes)
NO VII, 43 p., 9 tab., 18 fig., 17 ref.
LA sl
AL sl/en
AB

In this thesis we have determined water content of the wood chips according to delivered consignment. Based on that we have calculated calorific value and density of the fill with each sample. We have analyzed 19 samples of which water content varied between 12,2 % and 46,4 %. These large differences are due to the storage of logs or wood chips that were already made. This indicates the importance of storing wood chips properly to get better quality only because it affects the heating value. By using the formula, we have calculated the calorific value of the chips. Prior to this it was necessary that we dried one sample in order to get a dry substance which was important for correct calculation. The density of the fill was calculated by a formula, to know how much a cubic meter of wood chips weights when containing that certain amount of water content. We also described a price comparison between fuel oil and natural gas where we followed the same amount of heat produced. Overall analysis of using different energy sources indicates that in the present case heating with wood chips makes the most sense.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJSKA INFORMACIJA	III
KAZALO VSEBINE	V
KAZALO PREGLEDNIC	VI
KAZALO SLIK	VII
1 UVOD	1
1.1 OBRAZLOŽITEV IN OPREDELITEV PROBLEMA	2
1.2 CILJI	2
2 SPLOŠNI DEL	3
2.1 LESNA BIOMASA	3
2.2 VRSTE LESNIH GORIV	4
2.2.1 Merske enote za lesna goriva	5
2.3 LASTNOSTI LESA (SEKANCEV)	7
2.3.1 Vsebnost vode v lesu in vlažnost lesa	7
2.4 MERILNE NAPRAVE ZA LESNE SEKANCE	8
2.5 VPLIV DREVESNE VRSTE NA KURILNOST	9
2.6 KEMIJSKA SESTAVA LESA	10
2.7 GOSTOTA LESA	11
2.8 KURILNA SEZONA	12
2.9 SEKANCI	12
2.9.1 Izdelava sekancev	12
2.9.2 Skladiščenje sekancev	14
2.10 STANDARDI ZA SEKANCE (pridobljeno na GIS)	15
3 MATERIALI IN METODE DELA	17
3.1 OPIS POSKUSA	17
3.2 METODE DELA IN UPORABLJENI PRIPOMOČKI	17
3.3 VZOREC	18
3.4 VSEBNOST VODE V SEKANCIH	19
3.5 GOSTOTA NASUTJA	20
3.6 KURILNA VREDNOST SEKANCEV	22
3.7 KALORIMETER PEČI TER DRUGIH ODJEMALCEV TOPLOTE	23
3.8 KOTLOVNICA NA GG NOVO MESTO	24
3.8.1 Opis kotla	24
3.8.2 Preskrba z gorivom	26
3.8.3 Opis kurjenja na GG Novo mesto	27
4 PRIMERJAVA OLJE / PLIN / SEKANCI	31
5 REZULTATI IN INTERPRETACIJA MERITEV	33
5.1 ANALIZA VLAŽNOSTI SEKANCEV	33
5.2 ANALIZA GOSTOTE NASUTJA SEKANCEV	34
5.3 ANALIZA KURILNE VREDNOSTI SEKANCEV	36
6 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI	38
7 POVZETEK	40
8 VIRI	42
9 ZAHVALA	

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Kemijska sestava lesa	10
Preglednica 2: Gostota lesa.....	11
Preglednica 3: Priporočila za skladiščenje sekancev	15
Preglednica 4: Standardi za lesne sekance	16
Preglednica 5: Podatki o kotlu.....	25
Preglednica 6: Kurilna vrednost energentov	31
Preglednica 7: Analiza vlažnosti sekancev.....	33
Preglednica 8: Analiza gostote nasutja sekancev	35
Preglednica 9: Analiza kurilne vrednosti sekancev	36

KAZALO SLIK

Slika 1: Kurilnica ter platenjak na GG Novo mesto	1
Slika 2: Vrsta lesnih goriv	4
Slika 3: Sušilna komora (Foto: Sinjur I., 20.9.2014).....	9
Slika 4: Lesni sekanci	12
Slika 5: Izdelava sekancev.....	13
Slika 6: Skladišče sekancev	14
Slika 7: Dostava sekancev	17
Slika 8: Merilec vremenskih vplivov ter beležka	18
Slika 9: Lesni sekanci	19
Slika 10: Vzorec v PVC vrečki	19
Slika 11: Sušilna komora in digitalna tehtnica (Foto: Sinjur I., 23. 4. 2014).....	20
Slika 12: Posoda za merjenje gostote nasutja ter lopatica	21
Slika 13: Vzorec za tehtanje gostote nasutja	21
Slika 14: Kotel na lesne sekance	24
Slika 15: Zbiralnik pepela.....	25
Slika 16: Kontrolna omarica.....	26
Slika 17: Shema nadzora peči.....	28
Slika 18: Grafični prikaz vsebnosti vode po vzorcih.....	34

1 UVOD

Biomasa je biološki material, katerega pridobimo iz živih ali nedavno živih organizmov. Zaradi nizke emisije ogljika je njena proizvodnja in uporaba prinesla dodatne družbene in okoljske koristi. Ob pravilni uporabi je lahko biomasa trajnostno gorivo, ki prinaša znatno zmanjšanje emisij ogljika v primerjavi s fosilnimi gorivi. S pomočjo sofinanciranja postajajo kotli na lesno biomaso dostopni gospodinjstvom in obratom, ki lahko lesne ostanke predelajo za namen lastnega ogrevanja. Glavne prednosti kotlov predstavljajo manjši ostanek pepela, spremljanje in nastavljanje peči ter znatno večji izkoristek, kot navaja Rosc (2012) v svojem diplomskem delu.

Po podatkih Statističnega urada Republike Slovenije vse več gospodinjstev les uporablja za ogrevanje kot tudi za segrevanje sanitarne vode. Tako se je v letu 2009 s pomočjo lesa ogrevalo že 300.000 gospodinjstev. Tretjina gospodinjstev les za ogrevanje pridela sama. Vendar se z lesom ne ogrevajo samo gospodinjstva, ampak tudi javne zgradbe.

V Sloveniji se pojavlja več vrst lesnih goriv. Najpomembnejša so drva, v zadnjih letih pa se vse bolj uveljavljajo sekanci. Po definiciji so sekanci nasekana biomasa v obliki kosov z določeno velikostjo delcev. Sama izdelava poteka z mehansko obelavo z ostrimi noži. Lesni sekanci so nepravilne pravokotne oblike, pojavljajo se v dolžini od 5 do 50 mm ter z razliko od drugih lesnih goriv, z zelo majhno debelino (Krajnc in Piškur, 2011).



Slika 1: Kurilnica ter plastenjak na GG Novo mesto

Gozdno gospodarstvo Novo mesto (v nadaljnjem besedilu GG Novo mesto) je bilo ustanovljeno leta 1945, z namenom gospodarjenja z državnimi gozdovi na območju današnjih občin. Glavna dejavnost podjetja je izvajanje gozdnih del v državnih gozdovih

na osnovi koncesijske pogodbe. V ta namen izvajajo sečnjo in spravilo gozdnih sortimentov, izdelavo in vzdrževanje gozdnih vlak ter varstvena in gozdnogojitvena dela. Poleg tega se tudi ukvarjajo s predelavo lesa in prodajo vrtnarskih izdelkov. Zaradi uporabe biomase pri ogrevanju njihovih rastlinjakov predstavljamo GG Novo mesto kot primer dobre prakse.

Rastlinjaki in plastenjaki so veliki porabniki toplotne energije. Zaradi visokih cen fosilnih goriv so se v GG Novo mesto odločili, da investirajo v ogrevanje rastlinjakov, poslovne stavbe ter kotlovnice s kotlom na lesne sekance. Za investicijo so se odločili zaradi uporabe lastne surovine in po ogledu primerljivih sistemov v Avstriji (Krajnc in Premrl, 2011).

1.1 OBRAZLOŽITEV IN OPREDELITEV PROBLEMA

Kakovost sekancev opredeljujejo vsebnost vode, drevesna vrsta, kakovost lesa, morebitno trohnenje, porazdelitev in velikost delcev ter delež nečistoč oziroma primesi. Vsi ti dejavniki vplivajo na kurilno vrednost, gostoto nasutja in delež pepela (Krajnc in Piškur, 2011).

V diplomskem delu smo želeli ugotoviti vlažnost sekancev in spremljati razliko glede na vsako dostavljeno pošiljko. Poleg tega smo ugotavljali gostoto nasutja, ki predstavlja pomemben kazalec kakovosti sekancev. S pomočjo jemanja vzorcev smo pridobili kurilno vrednost glede na izmerjeno vlažnost sekancev.

1.2 CILJI

Cilj naloge je bil pridobiti vzorce vsake pošiljke sekancev ter izmeriti njegovo vlažnost. Poleg tega smo s pomočjo meritev in tehtanja izračunali gostoto nasutja, kar je pomemben podatek zaradi samega skladiščenja sekancev ter njihove teže. Zaradi analize kakovosti sekancev smo izmerili tudi kurilno vrednost vsakega vzorca, ki je odvisen od vlažnosti sekancev. S tem poskusom želimo pokazati odvisnost kurilne vrednosti od vlažnosti in

gostote nasutja. S pridobljenimi rezultati bomo prikazali tudi primerjavo v količini porabljenih sekancev glede na različno drevesno vrsto ter tudi cenovno predstavili uporabo sekancev ali drugih goriv glede na enako doseženo ciljno toploto.

2 SPLOŠNI DEL

2.1 LESNA BIOMASA

Slovenija ima veliko gozdnih površin, zaradi česar biomasa predstavlja velik obnovljiv vir energije.

Biomasa se opredeljuje kot vsa organska snov, ki se uporablja kot vir energije. V to skupino se uvršča: les in lesne ostanke (lesna biomasa), ostanke iz kmetijstva, nelesnate rastline, ... V tem primeru sodi biomasa med obnovljive vire energije. V skupino biomase se uvršča manj kvaliteten les: les iz površin v zaraščanju, les iz kmetijskih površin, lesne ostanke predelave lesa ter odslužen les (Krajnc in Kovač, 2003).

Glavna razlika med biomaso in fosilnimi gorivi je biomasina obnovljivost in emisijska nevtrálnost. Izhaja iz tega, da se količina toplogrednih plinov pojavi v enaki meri, če se biomaso uporabi za namene ogrevanja ali naravnemu razkroju. Uporaba biomase stremi k zmanjšanju emisije ogjikovega dioksida v primerjavi s fosilnimi gorivi.

K lesni biomasii se uvršča (Butala in Turk, 1998):

- **okrogli les slabše kakovosti in gozdni ostanki**, ki nastajajo kot posledica rednih sečenj, nege mladih gozdov ter premen in sanitarnih površin. Mednje prištevamo vejevje, krošnje, debla majhnih premerov in manj kakovosten les, ki ni primeren za nadaljno industrijsko predelavo;
- **ostanke pri industrijski predelavi lesa**, kot so ostanki primarne in sekundarne predelave (krajniki, žaganje, lubje, prah);
- **kemično neobdelan les**, ki je produkt kmetijskih dejavnosti v sadovnjakih in vinogradih ter že uporabljen les (palette, leseni zaboji).

2.2 VRSTE LESNIH GORIV

Skladno z evropsko tehnično specifikacijo (SIST EN 14588:2010 Trdna biogoriva-Terminologija, definicije in opisi) so lesna goriva vse vrste biogoriv, ki posredno ali neposredno izvirajo iz lesne biomase. Lesna goriva so lahko različnega izvora in jih najdemo v različnih tržnih oblikah (Krajnc in Piškur, 2011).

Lesna goriva skladna s tehnično specifikacijo (SIST EN 14588:2010) so:

- **Drva:** les, ki je razžagan in po potrebi cepljen z namenom energetske izrabe v napravah, kot so peči, kamini ali kotli za centralno ogrevanje individualnih hiš oziroma stanovanj. Drva imajo praviloma določeno dolžino od 150 do 1000 mm.
- **Polena:** energetski les, nasekan z ostrimi sekalniki ali cepilnimi napravami, pri čemer je večina gradiva dolga od 150 do 500 mm.
- **Cepanice:** energetski les, razcepljen in razrezan večinoma na dolžino 500 mm ali več.
- **Okroglice:** energijski les, razrezan večinoma na dolžino 500 mm ali več.
- **Lesni 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 pravokotne oblike in značilne dolžine od 5 do 50 mm ter z majhno debelino v primerjavi z drugimi dimenzijami.
- **Grobi lesni sekanci:** les, nasekan z ostrimi sekalnimi napravami, pri čemer je dolžina večine delcev bistveno daljša kot pri lesnih sekancih, oblika pa je bolj robata. Značilna dolžina grobih lesnih sekancev znaša 50 do 150 mm.
- **Grobi lesni drobir:** energetski les v obliki koščkov različnih velikosti, ki se proizvajajo z lomljenjem in drobljenjem s topim orodjem, kot so valji ali kladiva.



Slika 2: Vrsta lesnih goriv

Na kakovost lesnih goriv lahko vplivamo z ustrezno tehnologijo pridobivanja, predelave, skladiščenja ter končne rabe (Krajnc in Piškur, 2011).

Najpomembnejše lastnosti lesnih goriv so dimenzije, tržna oblika, vsebnost vode, kurilnost in vsebnost za človeka in okolje škodljivih onesnažil. Poleg tega je pomemben še izvor lesnih goriv (Krajnc in sod., 2009).

Po izvoru lesna goriva delimo v:

- **Les iz gozda in plantaž:** je les iz gozdov, parkov, nasadov hitro rastočih drevesnih in grmovnih vrst ter drugih nasadov.
- **Stranski proizvodi in ostanki iz lesnopredelovalne industrije:** v tej skupini so razvrščeni lesni stranski proizvodi in ostanki iz industrijske proizvodnje. Ta biogoriva so lahko bodisi kemično neobdelana (npr. ostanki pri odstranjevanju skorje, žaganju, razžagovanju, oblikovanju ali stiskanju), ali pa gre za ostanke kemično obdelanega lesa, če ne vsebujejo težkih kovin ali halogeniranih organskih sestavin, ki izvirajo iz uporabe lesnih zaščitnih sredstev ali premazov.
- **Odslužen les:** ta skupina zajema odslužen les, ki je pri potrošniku oziroma uporabniku že zadostil svojemu osnovnemu namenu in ga ta jemlje kot odpadek. Glede obdelave veljajo ista merila kot pri skupini »stranski proizvodi in ostanki iz lesnopredelovalne industrije«. To pomeni, da odslužen les, ki bo uporabljen v energetske namene, ne sme vsebovati težkih kovin ali halogeniranih organskih sestavin, ki izvirajo iz uporabe lesnih zaščitnih sredstev ali premazov (Krajnc in sod., 2009).

2.2.1 Merske enote za lesna goriva

Pri samih analizah sekancev ter njihovega izračunavanja so pomembne merske enote. Z njimi si lažje predstavljamo razlike od drugih lesnih goriv. Določene merske enote so nam v pomoč in tudi kazalec kakovosti sekancev. Najbolj pomebna izmed naštetih sta gostota nasutja ter kurilnost goriva, ki sta opisana v nadaljevanju.

Pri lesnih gorivih so pomembne naslednje merske enote (Krajnc in Piškur, 2011):

- ❖ **Kubični (ali volumni) meter** (oznaka: m^3): uporablja se kot merska enota za prostornino, ki je v celoti napolnjena z lesom (brez vmesnih praznih prostorov). Ta merska enota se navadno uporablja za okrogli les brez skorje, v drugih primerih pa ponazarja ekvivalente okroglega lesa.
- ❖ **Prostornina zloženega gradiva / Prostorninski meter** (oznaka: prn): je merska enota, ki se uporablja za zložena drva. V literaturi je večinoma označen kot prn.
- ❖ **Prostornina nasutja / Nasuti (kubični) meter** (oznaka: nm^3): je merska enota, ki se uporablja za nasutje lesnih sekancev, lahko pa tudi za nasutje drv.
- ❖ **Prostornina lesnega goriva**; odvisna je od oblike, velikosti, homogenosti in razporeditve posameznih kosov lesa.
- ❖ **Tona**: je utežna mera, ki se v praksi uporablja za lesno gorivo. Pri navajanju in trgovanju z lesnimi gorivi na osnovi teže je pomembno poznavanje vsebnosti vode ali vlažnosti lesa. Tako ločimo tono suhe snovi ($w=0\%$) in tono sveže snovi ($w \geq \%$).
- ❖ **Gostota nasutja**: je masa deleža trdnega goriva, deljena s prostornino zabojnika, ki ga lesno gorivo napolni v določenih razmerah. Gostota nasutja se lahko izraža kot kg/prn ali kg/nm^3 , odvisno od tega, ali je lesno gorivo zloženo (drva) ali nasuto (drva ali sekanci). Gostota nasutja je odvisna od velikosti ter homogenosti posameznih delcev, ki tvorijo praznine med kosi, ki so lahko večji ali manjši, odvisno od velikosti in oblike lesnih delcev (peleti, briketi, sekanci, polena) ter časa skladiščenja.
- ❖ **Gostota lesa (ρ)**: je razmerje med maso in volumnom lesa pri določeni lesni vlažnosti (u). Izražena je v g/cm^3 ali kg/m^3 . Gostoto zračno suhega lesa, to je pri $u=12-15\%$, se označuje s $\rho_{12...15}$. Gostoto absolutno (sušilnično) suhega lesa se označuje s ρ_0 .
- ❖ **Osnovna gostota (R)**: je razmerje med maso pri suhi osnovi in telesnino pri sveži osnovi. Lahko je tudi količnik med maso absolutno (sušilnično) suhega lesa in maksimalnim volumnom, ki ga ima sveži les.
- ❖ **Energijska vrednost goriva**: izraža količino energije, ki se sprosti med popolnim izgorevanjem mase goriva.
- ❖ **Kurilnost (H_i)** (prej spodnja kurilna vrednost – net calorific value (NCV)): označuje tisto količino toplote, ki jo pridobimo z zgorevanjem goriva, če dimne pline ohlajamo samo do temperature rosišča vodne pare, ki je v dimnih plinih. Voda, ki se sprošča, se

šteje kot para, kar pomeni, da se odšteje toplotna energija, nujna za spremembo vode v paro (latentna toplota uparjanja vode pri 25 °C).

2.3 LASTNOSTI LESA (SEKANCEV)

Lesne sekance pridobivamo iz različnih oblik biomase. Mednje prištevamo ostanke lesa v gozdu, vejevje, okrogel les slabše kakovosti, industrijski les, ki ostane med predelavo ter neobdelan kemični les. Najpogosteje se uporabljajo v kuriščih s toplotno močjo večjo od 50 kW in vse do nekaj MW in tudi v kotlih za centralno ogrevanje stanovanjskih hiš, javnih in poslovnih stavb in tudi v industrijskih objektih (Papler, 2013).

2.3.1 Vsebnost vode v lesu in vlažnost lesa

Pomebna lastnost vseh goriv iz biomase je delež vode v gorivu. Ta zmanjšuje količino nastale toplote pri zgorevanju, saj se sicer del sproščene toplote porabi za sušenje goriva. Vlažnost goriv prikazujemo v odstotkih (Medved in Arkar, 2009).

Vodo v lesu opredeljujemo z vlažnostjo, ki je izražena kot delež mase vode glede na maso lesa v absolutnem suhem stanju (m_0) oziroma z vsebnostjo vode, ki je opredeljena z maso vode glede na maso vlažnega lesa (m_w). Delež je pogosto izražen v odstotkih.

- Vlažnost u (%) je delež mase vode v lesu glede na maso sušilnično (absolutno) suhega lesa.

$$u = \frac{m_w - m_0}{m_0} * 100 \quad \dots(1)$$

m_w – masa svežega lesa

m_0 – masa sušilnično suhega lesa

- Vsebnost vode w (%) je delež mase vode v lesu glede na maso vlažnega lesa. To mero najpogosteje uporabljamo pri trženju lesnega goriva (Krajnc in sod., 2009).

$$w = \frac{m_w - m_0}{m_w} * 100 \quad \dots(2)$$

m_w – masa svežega lesa

m_0 – masa sušilnično suhega lesa

Na vsebnost vode oziroma vlažnost lesnih goriv vplivamo tudi z ustrezno predpripravo in skladiščenjem. Za vsak kilogram vode, ki izhlapeva iz lesa pri gorenju, porabimo 0,68 kWh energije, uskladiščene v lesu (Krajnc in Piškur, 2011).

S sušenjem biomase zmanjšujemo vsebnost vode. Učinkovitost samega izgorevanja je veliko večji pri manjši vsebnosti vode. Zaradi tega je priporočljivo, da je vsebnost vode pri zgorevanju vedno enaka, saj je pri tem manj težav v kurišču.

Za sisteme ogrevanja gospodinjstev je priporočljivo, da znaša vsebnost vode do 30 % oziroma pri uporabi v pečeh (zaradi ekonomskih, ekoloških in tehnoloških razlogov) od 10 – 30 %. Ker vemo, da je cena sušenja zelo draga, so tudi kurišča peči prilagojena za biomaso, pri kateri se spreminja vlažnost (Papler, 2013).

2.4 MERILNE NAPRAVE ZA LESNE SEKANCE

Z merilnimi napravami je možno meriti različne parametre. Z instrumenti merimo vsebnost vode v lesu, porazdelitev velikosti lesnih sekancev, s katero merimo prisotnost finih delcev v vzorcu (frakcija) ter za kakovost lesnih sekancev opravimo še analizo gostote nasutja. Prvi dve analizi je možno meriti v laboratoriju, gostoto nasutja pa lahko merimo na terenu s primernimi pripomočki.

Vsebnost vode v sekancih opravimo z instrumenti, s katerimi izmerimo elektrostatični naboj. Višja kot je vsebnost naboja, višja je tudi dielektrična konstanta. V zadnjih nekaj letih so strakovnjaki razvili dielektrične higrometre, ki so namenjeni ravno za lesne sekance, žagovino, skorjo in pelete za razvrščanje v kakovostne razrede goriv. S takšnimi instrumenti merimo sekance z maksimalno vsebnostjo vode. Pri teh napravah sta zelo

pomembna kalibracija in pravilni izbor kalibrirne krivulje. S takimi instrumenti že v nekaj sekundah odčitamo vsebnost vode v vzorcu (Krajnc in Piškur, 2011). Velikostni razred sekancev se ugotavlja v laboratoriju. Z uporabo posebnih vibracijskih sit, razvrščenih v serijah, s postopki in siti ugotavljamo velikosti delcev, ki jih po končani analizi porazdelimo v frakcije (Krajnc in sod., 2009).



Slika 3: Sušilna komora (Foto: Sinjur I., 20.9.2014)

2.5 VPLIV DREVESNE VRSTE NA KURILNOST

Na kurilno vrednost vpliva izbira drevesne vrste. Zato je razmerje med ranim in kasnim lesom ali tako imenovano gostoto lesa zelo pomembno pri samem izkoristku ter kurilnosti. Poleg izbire drevesne vrste je še mnogo dejavnikov, ki vplivajo na kurilnost. Eden izmed pomembnejših je tudi vsebnost vode v lesu, ki močno vpliva na zmanjšanje kurilne vrednosti.

Drevesne vrste se med seboj razlikujejo po gostotah in sestavi lesa, ki poleg vlažnosti najbolj vplivata na kurilnost. Hkrati se vrste razlikujejo tudi po vsebnosti lignina in delno tudi vsebnost smol, voskov in olj (Krajnc in Piškur, 2011).

Kurilnost (H_{i0}) enega kilograma sušilnično suhega lesa različnih drevesnih vrst se razlikuje znotraj zelo ozkega intervala, in sicer ob 18,5 do 19 MJ/kg. Pri iglavcih je kurilnost za 2 %

višja kot pri listavcih, saj le ti vsebujejo več lignina in delno imajo tudi višjo vsebnost smol, voska in olja.

Za izračun kurilnosti (MJ/kg) lesa z dano vsebnostjo vode (w %) uporabljamo naslednjo formulo (Krajnc in sod., 2009):

$$H_i = \frac{H_{i0} * (100 - w) - 2,44 * w}{100} \quad \dots(3)$$

H_{i0} – kurilnost sušilnično suhega lesa

w – vsebnost vode

2.6 KEMIJSKA SESTAVA LESA

Rastlinska biomasa sestoji iz treh elementov in sicer ogljika (C), kisika (O) ter vodika (H). Skupno ti elementi sestavljajo 99 % suhe snovi lesa. Spodnja preglednica prikazuje deleže kemijskih elementov v lesu in skorji, ločeno med iglavci in listavci (Krajnc in sod., 2009).

Preglednica 1: Kemijska sestava lesa

Parameter	Enota	Les iglavcev		Les listavcev	
		Značilna vrednost	Značilna variacija	Značilna vrednost	Značilna variacija
Ogljik, C	w-% d	51	47 do 54	49	48 do 52
Vodik, H	w-% d	6,3	5,6 do 7,0	6,2	5,9 do 6,5
Kisik, O	w-% d	42	40 do 44	44	41 do 45
Dušik, N	w-% d	0,1	< 0,1 do 0,5	0,1	< 0,1 do 0,5
Žveplo, S	w-% d	0,02	< 0,01 do 0,05	0,02	< 0,1 do 0,05
Klor, Cl	w-% d	0,01	< 0,01 do 0,03	0,01	< 0,1 do 0,03
Fluor, F	w-% d	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005	< 0,0005

Parameter	Enota	Skorja iglavcev		Skorja listavcev	
		Značilna vrednost	Značilna variacija	Značilna vrednost	Značilna variacija
Ogljik, C	w-% d	54	51 do 56	55	52 do 56
Vodik, H	w-% d	6,1	5,9 do 6,5	6,1	5,9 do 6,5
Kisik, O	w-% d	40	36 do 43	40	36 do 43
Dušik, N	w-% d	0,5	0,3 do 1,2	0,3	0,1 do 1,0
Žveplo, S	w-% d	0,1	0,02 do 0,20	0,1	< 0,02 do 0,20
Klor, Cl	w-% d	0,02	< 0,01 do 0,05	0,02	< 0,1 do 0,05
Fluor, F	w-% d	0,001	< 0,0005 do 0,002	/	/

2.7 GOSTOTA LESA

Gostota lesa je razmerje med maso in volumnom danega telesa. Odvisna je od poroznosti, deleža tkiv ter vode v lesu.

Gostota je odvisna od vlažnosti lesa, tako imamo:

- gostoto pri drugih vlažnostih, gostoto sveže posekanega lesa,
- gostoto zračno suhega lesa pri vlažnosti 12-15 %,
- gostoto lesa v absolutnem suhem stanju pri vlažnosti 0 %.

V praksi se najpogosteje uporablja gostoto absolutno suhega lesa. Pri absolutno suhem lesu z 0 % vlažnosti so »prazni« prostori zapolnjeni le s plini, v celičnih stenah pa ni vode. Uporabljamo pa tudi gostoto zračno suhega lesa, ki je v ravnovesju z zunanjo klimo. Takšno vlažnost ima les, ki dalj časa leži na skladišču (Leban, 2010).

Preglednica 2: Gostota lesa

Ocena gostote	Vrsta lesa	Gostota zračno suhega lesa, ρ_{12-15} (kg/m ³)
		min. - srednja - maks.
izjemno nizka	balsa	70-260
	topolovina, črna	410-450-560
nizka	jelovina	350-450-750
	smrekovina	330-470-680
	borovina, rdeča	330-510-890
	lipovina	350-530-600
	jelševina	490-550-640
	macesnovina	440-590-850
srednja	kostanjevina	590-620-660
	češnjevina	600-630-790
	javorovina	530-630-790
	brezovina	510-650-830
	brestovina	480-680-850
	orehovina	570-680-850
	jesenovina	450-690-860
visoka	hrastovina	430-690-960
	bukovina	540-720-910
	hruškovina	690-740-800
zelo visoka	gabrovina, bela	540-830-860

2.8 KURILNA SEZONA

Trajanje kurilne sezone se računsko določa na podlagi temperature zraka in traja ves čas med prvim in zadnjim dnem ogrevalne sezone. Za prvi dan kurilne sezone se šteje dan po tistem, ko je v drugi polovici leta ob 21. uri tri dni zapored temperatura zraka nižja ali enaka $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$. Zadnji dan ogrevalne sezone je tretji zaporedni dan v prvi polovici leta, ko je ob 21. uri temperatura zraka višja od $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ in po tem dnevu ob 21. uri živo srebro trikrat zapored ne pade več pod omenjeno vrednost temperature zraka. (Krajnc in sod., 2009).

2.9 SEKANCI

Sekanec je nasekana lesna biomasa, ki ima nepravilno pravokotno obliko in meri med 50 in 150 mm. Izdelujemo jih s posebnimi tako imenovanimi sekalniki.



Slika 4: Lesni sekanci

2.9.1 Izdelava sekancev

Za izdelavo sekancev uporabljamo predvsem les najslabše kakovosti, droben les, sečne ostanke ter predvsem ostanke iz lesne industrije (Krajnc in sod., 2014).

Sekance lahko izdelujemo na delovišču v gozdu, na skladišču ob gozdni cesti, na domačem dvorišču ali posebnih skladiščih za les in sekance. Z mestom izdelave, vrsto surovine in razpoložljivo tehnologijo je povezana tudi vrsta sekalnika (Kovač, 2006).



Slika 5: Izdelava sekancev

Sekalnik je stroj, namenjen predelavi okroglega lesa neposredno v sekance. Je lahko stacionaren ali vgrajen na prikolici, kamionu oziroma nošen na tritočkovnem priklopu traktorja (Krajnc in sod., 2009).

Glede na sekalno enoto lahko sekalnike delimo na:

- kolutne sekalnike,
- bobenske sekalnike,
- vijalne sekalnike.

Glede na moč te stroje delimo v tri kategorije:

- lahki sekalniki (moč od 20 do 30 kW),
- srednji sekalniki (moč od 50 do 150 kW),
- veliki sekalniki (moč nad 150 kW).

Pri izdelavi je pomembno sito. To je orodje, ki omogoča razvrščanje sekancev med fazo proizvodnje, s čimer sicer zagotavlja večjo homogenost materiala, a obenem zmanjšuje produktivnost (Krajnc in Piškur, 2011).

2.9.2 Skladiščenje sekancev

Prvi pogoj za kakovost lesnih goriv je njihovo skladiščenje. Ta mora zadostovati kriterijem, ki jih ima lesno gorivo. Najpomembnejše je to, da se skladišče nahaja na zračnem in suhem prostoru.



Slika 6: Skladišče sekancev

Najboljši prostor za skladiščenje in sušenje lesnih sekancev je pokrita utrjena površina na sončni in zračni lokaciji. Struktura strehe naj bi omogočala maksimalno prezračevanje uskladiščenega materiala in olajšala ravnanje z lesnimi sekanci. Na tržišču so na voljo tudi zaščitne ponjave za sekance, ki so se izkazale kot učinkovite tako za sušenje svežih lesnih sekancev kot tudi za skladiščenje lesnih sekancev z vsebnostjo vode pod 30 % (Krajnc in Piškur, 2011).

Na podlagi raziskav so se izoblikovala naslednja priporočila za skladiščenje sekancev (Krajnc in sod., 2009):

Preglednica 3: Priporočila za skladiščenje sekancev

material/način skladiščenja	letna izguba (%suhe snovi)
gozdni lesni sekanci, sveži, nepokriti	20 do >35
fini gozdni lesni sekanci, sušeni, pokriti	2 do 4
grobi gozdni lesni sekanci (7-15 cm), sveži, pokriti	4
skorja, sveže, nepokrito	15 do 22
drva (bukev, smreka) po 2 letih, pokrita	2,5
drva (bukev, smreka) po 2 letih, nepokrita	5 do 6
hlodi (smreka, jelka), sveži, pokriti	1 do 3
celotna drevesa manjših premerov (topol, vrba), sveža, nepokrita	6 do 15

2.10 STANDARDI ZA SEKANCE (pridobljeno na GIS)

Evropski standardi (z oznako EN) predstavljajo na nivoju držav članic Evropske unije usklajene standarde. Tehnične specifikacije so normativni dokumenti, ki predpisujejo tehnične zahteve, ki jih mora izpolnjevati proizvod, proces ali storitev in ima nižji status od standarda. Na Slovenskem inštitutu za standardizacijo so do sedaj sprejeli 29 evropskih tehničnih specifikacij za trdna biogoriva. Označene so s kratico SIST – TS CEN/TS. Tej oznaki sledi šifra, leto sprejema in ime. Specifikacije za trda biogoriva so razdeljena na šest področij:

- 1) terminologija, definicije in opisi pojmov,
- 2) specifikacije goriv,
- 3) zagotavljanje kakovosti trdnih biogoriv,
- 4) vzorčenje in jemanje vzorcev,
- 5) fizikalne in mehanske analize ter
- 6) kemične analize (Krajnc in sod., 2009).

Evropski standardi, ki opredeljujejo metode za določanje posameznih lastnosti lesnih sekancev, so naslednji (Lesni sekanci, 2014):

Preglednica 4: Standardi za lesne sekance

trdna biogoriva-metode določevanja vlage-		
	en 14774-1:2009	metoda sušenja v peči-1.del:celotna
vsebnost		vlaga-referenčna metoda
vode		trdna biogoriva-metode določevanja vlage-
	en 14774-1:2009	metoda sušenja v peči-2.del:celotna
		vlaga-referenčna metoda
		trdna biogoriva-metode določevanja
	en 15149-1:2010	porazdelitve velikosti delcev-1.del:
		vibracijska zaslonska metoda z uporabo
porazdelitev		sita z odprtim 3,15 mm in več
delcev		trdna biogoriva-metode določevanja
	en 15149-1:2010	porazdelitve velikosti delcev-2.del:
		vibracijska zaslonska metoda z uporabo
		sita z odprtim 3,15 mm in manj
delež pepela	en 14775:2009	trdna biogoriva-metoda določevanja pepela
kalorična vrednost	en 14918:2009	trdna biogoriva-metode za ugotavljanje kalorične vrednosti
gostota nasutja	en 15103:2009	trdna biogoriva-metode za določevanje prostorninske mase
osnovne zahteve	en 14961	trdna biogoriva-specifikacije goriv in razredi-1.del:osnovne zahteve

Z opisovanjem lastnosti sekancev iz različnih virov smo hoteli opozoriti, na kaj vse moramo biti pozorni pri sami analizi sekancev. Tako smo želeli prikazati, da na kakovost in uporabnost sekancev pomembno vpliva tudi izdelava sekancev, njihovo skladiščenje, sama zgradba lesa, njihova kemijska sestava in gostota lesa.

Vse našteje lastnosti, opisane do sedaj, so zelo pomembne predvsem zato, ker želimo izdelovati sekance visoke kakovosti in primerne vsebnosti vode. Vse našteto odločilno vpliva na kurilnost, s tem pa tudi na finančni učinek ogrevanja s sekanci.

3 MATERIALI IN METODE DELA

3.1 OPIS POSKUSA

Cilj poskusa je bil ugotavljanje vsebnosti vode v lesnih sekancih pri posamezni pošiljki. Pošiljka je bila dostavljena s kamionom, ki je pripeljal 90 nm³ sekancev. Tako smo za vsako pošiljko jemali vzorce in jih nato analizirali na GIS-u. Dobljene rezultate smo analizirali, posebej smo bili pozorni na razlike, do katerih je pri nekaterih vzorcih prihajalo. Poleg tega smo primerjali tudi gostoto nasutja ter vpliv vsebnosti vode na kurilno vrednost. Vsi sekanci so bili iz hrastovega lesa in so prihajali od istega proizvajalca in sicer Ekosistema iz Zaloga. S poskusom smo pričeli 11. 10. 2013, ko je bila pripeljana prva pošiljka sekancev ter končali 28. 5. 2014, ko je bila dostavljena zadnja pošiljka.



Slika 7: Dostava sekancev

3.2 METODE DELA IN UPORABLJENI PRIPOMOČKI

Za izvedbo diplomskega dela smo potrebovali različne pripomočke, s katerimi smo zajemali podatke in jih pripravljali za kasnejšo analizo. Pri ugotavljanju vsebnosti vode smo uporabili sušilno komoro znamke Memmert – v tem primeru je bilo potrebno sušiti vzorec pri določeni temperaturi in času. Za analizo kurilne vrednosti je bil vzet vzorec, ki smo ga analizirali na Fakulteti za strojništvo. Sam rezultat gostote nasutja smo pridobili na terenu ob jemanju vzorca vsake pošiljke. Pri tem smo potrebovali posodo določene

velikosti, lopatico za jemanje sekancev ter digitalno tehtnico, s katero smo to analizo opravili.



Slika 8: Merilec vremenskih vplivov ter beležka

Vse podatke smo si sproti zapisovali ter jih na koncu analizirali z računalniško obdelavo v programu Microsoft Excel.

3.3 VZOREC

V našem primeru je bil vzorec sekanec, njegova drevesna vrsta je bila hrast. Ti vzorci so bili izdelani in pripeljani iz podjetja Ekosistem iz Zaloga. Po dogovoru med proizvajalcem in GG Novo mesto so morali biti sekanci v celoti iz hrasta ter vsebovati vodo od 20 – 30 %.



Slika 9: Lesni sekanci

3.4 VSEBNOST VODE V SEKANCIH

Za vsako dostavljeno pošiljko sekancev smo vzeli vzorec. Jemanje vzorca je potekalo tako, da smo s posebno lopatico odvzemali vzorce na različnih delih tovornjaka (10x), ko je le-ta raztovarjal tovor. Vseh deset kombiniranih vzorcev smo stresali v posodo, iz katere smo na koncu odvzeli približno 0,5 kg. Ta vzorec smo dali v PVC vrečko, ga neprodušno zaprli in zapakirali v še dodatno vrečko. Poslan je bil na GIS, kjer je potekala analiza vsebnosti vode.



Slika 10: Vzorec v PVC vrečki

Ugotavljanje vsebnosti vode v sekancih je zelo enostaven postopek. Poteka po standardu SIST EN 14774-1:2010, pri čemer smo sušili vzorce 24 ur pri temperaturi +105 °C. Samo sušenje je potekalo v sušilni komori znamke Memmert. Poleg sušilne komore je bila uporabljena tudi digitalna tehtnica, s katero smo odčitali težo posušenega vzorca.



Slika 11: Sušilna komora in digitalna tehtnica (Foto: Sinjur I., 23. 4. 2014)

Pridobili smo vsebnost vode v %, ki predstavlja delež vode na maso svežega oziroma mokrega vzorca ali drugače rečeno, kolikšen odstotek vode predstavlja njena masa v svežem oziroma mokrem vzorcu.

S tem postopkom smo pridobili rezultate za vsako pošiljo sekancev in jih tako lahko primerjali in ugotavljali razlike ter vzroke zanje. Pri samem jemanju vzorca smo poleg datuma zapisovali še podatke o vlažnosti ozračja, temperaturi ozračja, časa jemanja vzorca ter količino pripeljanih sekancev. Tako smo vse rezultate, pridobljenje na terenu in laboratoriju, prenesli v preglednico, ki prikazuje zgoraj omenjene podatke.

3.5 GOSTOTA NASUTJA

Gostota nasutja je masa trdnega goriva, deljena s prostornino zabojnika, ki ga lesno gorivo napolni v določenih pogojih. Lahko se izraža kot kg/m^3 ali kg/nm^3 , odvisno od tega ali je lesno gorivo zloženo kot drva ali v našem primeru nasuti sekanci (Krajnc in sod., 2014).

Sam postopek je bil opravljen s pomočjo posode, ki je merila 50 litrov ter lopatice, ki je bila namenjena jemanju vzorca. Z dostavljene pošiljke smo jemali vzorce z lopatico in jih dajali v opisano posodo. Ko smo le to napolnili do vrha, smo brez dodatnega tlačanja vsebine še dodali sekance, da je bila posoda polna. Postavili smo jo na digitalno tehtnico ter odčitali težo.



Slika 12: Posoda za merjenje gostote nasutja ter lopatica

Pred samim poskusom je bilo potrebno izmeriti še težo posode. Ta je znašala 5,2 kg. Za končni rezultat smo od teže vzorca odšteli težo posode. Postopek je bil enak pri vsaki dostavljeni pošiljki. Na ta način smo dobili rezultat, ki se je spreminjal glede na vlažnost vzorca.



Slika 13: Vzorec za tehtanje gostote nasutja

S to analizo lahko ugotovljamo, kolikšno težo predstavljajo sekanci v zalogovniku, ki je bil v našem primeru v velikost 10 m x 6 m x 3 m. Poleg vlažnosti in drevesne vrste na težo sekancev vpliva tudi velikost sekancev, ki je v našem primeru nismo ugotavljali.

Če bi lesne sekance kupovali po atro teži, bi zaradi večje količine vsebnosti vode plačali višjo ceno lesnih sekancev, čeprav bi bila njihova kurilnost manjša. V tem primeru bi bilo smiselno kupovati lesne sekance po tej metodi, če bi bila njihova vsebnost vode nizka. S tem bi dosegli nizko ceno ter dobro kurilno vrednost.

3.6 KURILNA VREDNOST SEKANCEV

Kurilno vrednost sekancev ocenjujemo kot tisto količino toplote, ki jo dobimo z izgorevanjem. Le-ta je odvisna od vlažnosti lesa ter drevesne vrste ter seveda same peči. Pri diplomskem delu smo ugotavljali kurilno vrednost za prvi vzorec, katerega je bilo potrebno sušiti tri dni, da je vlažnost bila primerna za meritev. Nato smo vzorec poslali na Fakulteto za strojništvo, kjer so izmerili kurilno vrednost suhega vzorca. S tem rezultatom smo pridobili kurilno vrednost dane drevesne vrste, kateri vzorec je bil absolutno suh. Na podlagi izračuna smo tako lahko izmerili kurilno vrednost posameznih vzorcev. Namen analize je bil ugotoviti kurilno vrednost vzorca z različno vsebnostjo vode in primerjati, koliko se le-ta procentualno razlikuje glede na različno vsebnost vode vzorca.

Za izračun kurilnosti z dano vsebnostjo vode smo uporabili formulo (Krajnc in sod., 2009):

$$H_i = \frac{H_{i0} * (100 - w) - 2,44 * w}{100} \quad \dots(4)$$

H_{i0} – kurilnost sušilnično suhega lesa

w – vsebnost vode

3.7 KALORIMETER PEČI TER DRUGIH ODJEMALCEV TOPLOTE

Kalorimeter ali toplotni števec je namenjen meritvam porabljene toplotne energije. Tako toplotni števec izračuna količino porabljene toplotne energije in jih prikaže v fizikalnih enotah kWh ali MWh.

Kalorimetri so bili porazdeljeni na peči ter posameznemu porabniku toplotne energije. Objekt, ki smo ga v diplomskem delu obravnavali, je ogreval več porabnikov toplotne energije, ki se nahajajo v neposredni bližini (poleg objektov gozdnega gospodarstva tudi nekaj dodatnih objektov). Na ta vir se je tako ogrevalo:

- šest plastenjakov (2160 m²),
- en steklenjak (800 m²),
- trgovina (290 m²),
- upravna stavba (920 m²),
- cerkev Šmihel (priključna moč 60 KW),
- stavba Škofije Novo mesto (priključna moč 240 KW),
- stanovanjska hiša Vidmar (priključna moč 20 KW),
- stanovanjska hiša Lešnjak (priključna moč 20 KW),
- stanovanjska hiša Murko (priključna moč 20 KW).

Vsak porabnik je imel nameščen kalorimeter, na katerem se je mesečno odčitavala poraba toplote. Zračunali smo jo po veljavni tarifi proizvajalca, v našem primeru GG Novo mesto. Pri seštevku kalorimetra porabnikov ter kalorimetra na peči je prišlo do razlik, kar predstavlja izgubo toplote. Te se je največ (kar 17,34 MWh) izgubilo meseca februarja na toplovodu.

3.8 KOTLOVNICA NA GG NOVO MESTO

3.8.1 Opis kotla

Na GG Novo mesto za namen kurjenja uporabljajo kotel Bioflamm tipa V 10 A, kateri zagotavlja 1,1 MWh proizvedene toplote.



Slika 14: Kotel na lesne sekance

V podjetju so kotel nabavili leta 2009. Kotel je izdelan in konstruiran tako, da je pri pravilni uporabi, pravilnem in predpisanem vzdrževanju za varnost primerno poskrbljeno - ni ogrožena varnost ljudi, niti niso ogrožene materialne dobrine. Izdelan je iz varjene pločevine in je atestiran. Konstruiran je tako, da skupaj z gorilnikom na biomaso omogoča regulirano zgorevanje in ekonomično spreminjanje biomase v toplotno energijo. Za lažjo predstavbo so spodaj podani podatki o kotlu (Povše, 2014).

Preglednica 5: Podatki o kotlu

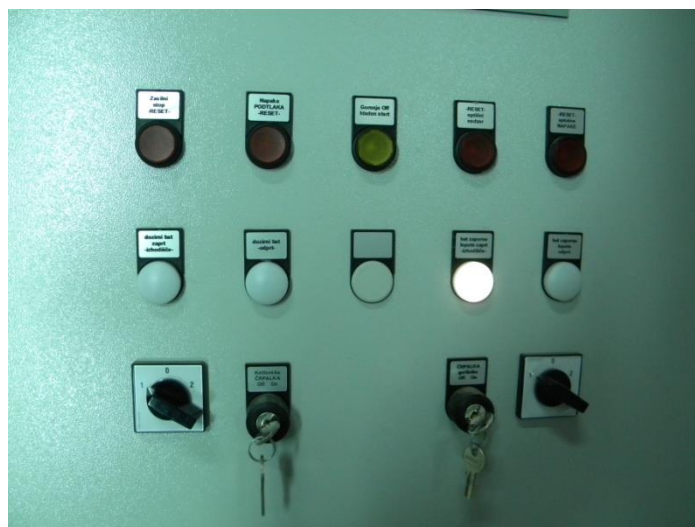
tovarniška številka	3866
naziv kotla	V 10 A
maksimalni dopustni obratovalni nadtak	3 bar
maksimalna dovoljena temperatura na pretoku	120°C
količina vode v kotlu	4210 L
leto proizvodnje	2009
preizkusni tlak	6 bar
preizkusni medij	Voda

Konstrukcija kotla omogoča sežig manjvrednih in problematičnih ostankov, ki jih prej ni bilo mogoče uporabiti za gorivo zaradi prevelikih emisij. Ima velik zgorevalni prostor ter povratni vlek za odlaganje velikih delcev lebdečega pepela. Na kotel je vgrajeno stransko in vzdolžno avtomatsko odstranjevanje pepela.



Slika 15: Zbiralnik pepela

Kotli lahko obratujejo z nadtlakom 3 bare in dnevno temperaturo pretoka 120 °C. Za samo uporabo kotla je potrebno nekaj predznanja, saj celoten postopek poteka preko računalniškega vodenja, ki je v kontrolni omari. Tako tudi vsako zaznano napako kotel posreduje preko računalnika.



Slika 16: Kontrolna omarica

3.8.2 Preskrba z gorivom

Lesne sekance, katere uporabljamo, so pridobljeni iz podjetja Ekosistemi d.o.o. iz Zaloga pri Novem mestu, ki se ukvarjajo s predelavo biomase. Samo podjetje ima več podružnic in so tudi največji tržni predelovalec lesne biomase v lesne sekance v Republiki Sloveniji. Letno proizvedejo 50.000 nm³ lesnih sekancev. Podjetje prodaja lesna goriva na domačem in tujem trgu. S svojimi izdelki skušajo postati vodilni oskrbovalci s tovrstnim gorivom na slovenskem trgu ter tudi širše (Povše, 2014).

V kurilni sezoni 2013/2014 je bilo za potrebe kurjenja porabljenih 1930 m³ lesnih sekancev. Lesni sekanci so bili izključno hrastovi (v lanski kurilni sezoni so bili smrekovi). Dostavljanje lesnih sekancev je sledilo prvotnemu dogovoru tehnologa in podjetja Ekosistemi, saj je variirala glede na vremenske vplive. Tako je bilo potrebno spremljati vsebino in količino sekancev v zalogovniku in pravočasno naročiti gorivo. Do izpada ogrevanja ni smelo prihajati, saj je toplota zelo pomemben dejavnik pri proizvodnji gojenja rastlin ter ogrevanja zasebnih odjemalcev. V primeru manjšega izpada je bila za vsak slučaj na voljo tudi manjša peč na olje, ki bi lahko nadomestila le krajši izpad.

3.8.3 Opis kurjenja na GG Novo mesto

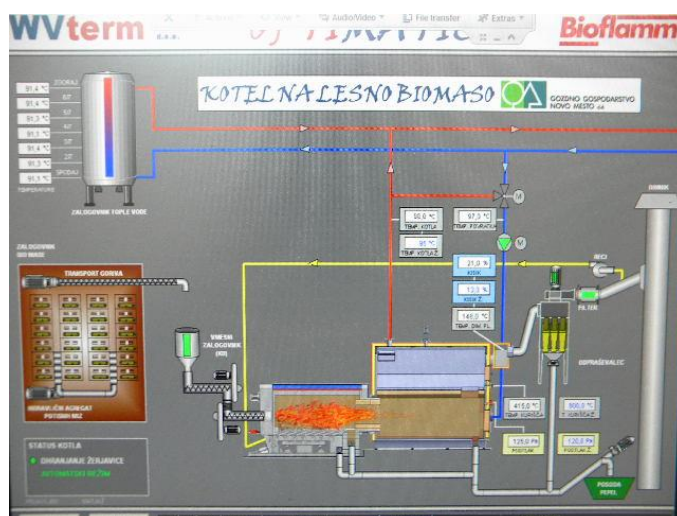
Za potrebo kurjenja je potreben nadzor nad samim delovanjem peči. To je potekalo preko računalnika, ki je zaznal vsako najmanjšo napako. Samo delovanje peči je upravljal računalniški sistem, tako doziranje sekancev kot tudi zagon peči ter njen izklop.

Vzdrževalec je imel nalogo, da je opravil vsakodnevni popis števecv, pregledal celotni prostor kurilnice in zapisal morebitne ugotovljene napake. Vsakodnevni opis je vseboval naslednje podatke:

- datum,
- uro,
- zunanjo temperaturo,
- kalorimeter peči,
- kalorimeter postaja,
- kalorimeter rastlinjaki,
- tlak v sistemu,
- temperaturo zalogovnika,
- temperaturo izhodne vode,
- temperaturo povratne vode,
- okvare,
- opombe.

Glavni namen nadzora peči je predvsem zagotavljanje pravilnega delovanja, spremljanja okvare ter odčitavanja kalorimetrov.

Na koncu meseca se je pripravil mesečni opis, ki je vseboval popis pregleda peči. Poleg tega je bila dodana količina porabljenih sekancev ter izračunana količina izgub po toplovodu. Rezultat se je pridobil na podlagi kalorimetra na peči ter pri odjemalcu. Te izgube so variirale in so presegle tudi 30 %.



Slika 17: Shema nadzora peči

Za celotno kurilno sezono smo ugotavljali tudi izkoristek peči. Ta je podan v dneh, urah in minutah in je prikazan v procentualnih razmerjih:

- do 25 % : 6 dni, 8 ur, 42 min
- do 50 % : 15 dni, 3 ure, 30 min
- do 75 % : 47 dni, 7 ur, 19 min
- do 100 % : 39 dni, 9 ur, 7 min
- v žerjavici : 148 dni, 23 ur, 19 min

S tem smo želeli prikazati, koliko dni, ur ter minut je peč delala z določeno procentualno zmogljivostjo. Podatki kažejo, da peč ni delovala na zgornji stopnji svoje zmogljivosti. To pomeni, da bi s pomočjo te peči v tistem času lahko ogrevali še dodatne prostore - njena zmogljivost torej ni bila polno izkoriščena.

Kurilna sezona v primerjavi s sezono 2012/2013 je bila uspešnejša, saj je bilo porabljenih manj sekancev, kar je posledica drugačne izbire drevesne vrste (v našem primeru hrast).

- V kurilni sezoni 2012/2013 je bilo porabljenih 2460 m³ sekancev, ki so proizvedli 2147 MWh (drevesna vrsta smreka).
- V kurilni sezoni 2013/2014 pa je bilo porabljenih 1930 m³ sekancev z oddano toploto 2297,3 MWh (drevesna vrsta hrast).

V nadaljevanju navajamo tudi mesečno porabo energije za celotno kurilno sezono za posamezne odjemalce toplote.

a) september in oktober 2013:

- rastlinjaki: 79,27 MWh,
- zasebni odjemalci: 25,35 MWh,
- trgovina in stavba: 38,22 MWh.

b) november 2013:

- rastlinjaki: 156,73 MWh,
- zasebni odjemalci: 51,32 MWh,
- trgovina in stavba: 46,72 MWh.

c) december 2013:

- rastlinjaki: 191,2 MWh,
- zasebni odjemalci: 73,74 MWh,
- trgovina in stavba: 58,16 MWh.

d) januar 2014:

- rastlinjaki: 167,29 MWh,
- zasebni odjemalci: 65,05 MWh,
- trgovina in stavba: 64,76 MWh.

e) februar 2014:

- rastlinjaki: 248,65 MWh.
- zasebni odjemalci: 65,35 MWh,
- trgovina in stavba: 68,6 MWh.

f) marec 2014:

- rastlinjaki: 171,67 MWh,
- zasebni odjemalci: 37,36 MWh,
- trgovina in stavba: 58,8 MWh.

g) april in maj 2014:

- rastlinjaki: 217,29 MWh
- zasebni odjemalci: 44.64 MWh
- trgovina in stavba: 50,42 MWh

Razlika med kalorimetrom na peči in dejansko pridobljeno toploto porabnikom je izguba na toplovodu, zato prihaja do razlik. Te razlike so različne iz meseca v mesec. Največja razlika nastane pri samem zagonu peči, saj mora topel zrak segreti toplovod in za to se porabi precej toplote. V začetnem mesecu so te izgube presegale 30 % celotne proizvodnje toplotne energije.

Zgoraj navedene vrednosti se iz meseca v mesec razlikujejo glede na porabo porabnika ter zunanje vremenske vplive. Poraba toplote za rastlinjake variira glede na potrebe rastlinjaka in trenutno gojenje rastlin.

4 PRIMERJAVA OLJE / PLIN / SEKANCI

V današnjem času ljudje vse bolj primerjamo in preizkušamo različne načine ogrevanja, s katerimi želimo priti do čim manjših stroškov in dela. Vse več gospodinjstev opušča ogrevanje na plin ali olje, saj je ogrevanje na lesno biomaso postalo cenejše. Na kratko zato predstavljamo primerjavo kurjenja s tremi različnimi navedenimi gorivi.

Za lažje razumevanje in predstavo prilagamo preglednico, kjer so opredeljene kurilne vrednosti različnih energentov.

Preglednica 6: Kurilna vrednost energentov

Kurilne vrednosti energentov		
gorivo-energent	enota	kurilnost (hi)
fossilna goriva		
rjavi premog	kg	3,8 kwh/kg
lahko kurilno olje-elko	lit	10,08 kwh/lit
zemeljski plin	sm3	9,47 kwh/sm3
	m3	27,31 kwh/m3
utekočinjen naftni plin-unp	kg	12,78 kwh/kg
	lit	6,95 kwh/lit
biomasa		
listavci, polena-30 cm	1 prm	2,398 kwh/prm
listavci, polena-1 m	1 prm	1,975 kwh/prm
iglavci, polena-30 cm	1 prm	1,735 kwh/prm
iglavci, polena-1 m	1 prm	1,429 kwh/prm
lesni sekanci g30	1 nm3	811 kwh/nm3
	kg	5,24 kwh/kg
peleti	kg	4,9-5,4 kwh/kg
električna energija		
elektrika	kwh	1 kwh

V našem primeru se je v kurilni sezoni, ki je trajala od 09. 09. 2013 do 04. 05. 2014, porabilo 1930 nm³ sekancev, pri tem je peč oddala 2297,3 MWh toplote. Strošek lesnih sekancev je za nasuti meter znašal 21 € z dostavo vred. Skupaj to znaša 44100 € na celotno količino porabljeno v kurilni sezoni. Upoštevati moramo še ostanek (80 nm³) sekancev, ki se bodo uporabili za začetek naslednje kurilne sezone.

Če bi za isto količino oddane toplote uporabili kurilno olje za gorivo, bi bili stroški 232920,70 €. Pri tej primerjavi nismo upoštevali zamenjave peči, temveč samo ceno goriva.

Za uporabo zemeljskega plina, kateri bi oddal isto količino toplote pri izgorevanju, bi bili stroški 104773,4 €. Enako kot v zgornjem primeru tudi tukaj ne upoštevamo zamenjave peči, temveč samo ceno goriva.

Za ta okvirni izračun smo upoštevali cene energentov s cenika Petrol (Cena energentov, 2014) ter ustnega vira tehnologa Primoža Povšeta (Povše, 2014):

- zemeljski plin: 0,4319 €/sm³,
- kurilno olje: 1,022 €/lit,
- sekanci: 21 €/nm³.

S primerjavo smo želeli opozoriti na smiselnost uporabe lesnih sekancev za ogrevanje v takšnih primerih. S tem načinom ogrevanja dosežemo bistvene prihranke. Smotnost uporabe drugih energentov je odvisno od zahtev ter same količine. V manjših stanovanjskih hišah, kjer so omejeni s prostorom, se večkrat uporablja tudi kurilno olje oziroma zemeljski plin. Tak način ogrevanja je sicer dražji, vendar ob tem potrebujemo za energent precej manj skladiščnega prostora.

V primeru bistvenih sprememb cen zemeljskega plina in kurilnega olja, bi se seveda cenovna razmerja in stroški ogrevanja precej spremenili.

5 REZULTATI IN INTERPRETACIJA MERITEV

5.1 ANALIZA VLAŽNOSTI SEKANCEV

V celotni kurilni sezoni smo analizirali 20 vzorcev sekancev. Prvi vzorec smo vzeli iz količine 80 m³ še iz lanskoletne kurilne sezone, ki je po končani kurilni sezoni ostal v skladišču. S to količino se je pričelo kurjenje. Zgolj prvi vzorec (lansko leto) je bil v sestavi drevesnih vrst 50 % smreka ter 50 % hrast. Ker je bil le ta nekoliko dlje v zalogovniku, je bila njegova vsebnost vode pričakovano nekoliko manjša. Vsi ostali vzorci so bili narejeni zgolj iz hrastovega lesa. Sekanci so vedno prihajali od istega proizvajalca. Sama izdelava sekancev je potekala na skladišču podjetja. Z analizami smo želeli ugotoviti, do kolikšnih razlik prihaja med dobavljenimi sekanci in kako le ti vplivajo na kurilno vrednost. V spodnji preglednici so prikazani rezultati analiz, za vsak vzorec posebej.

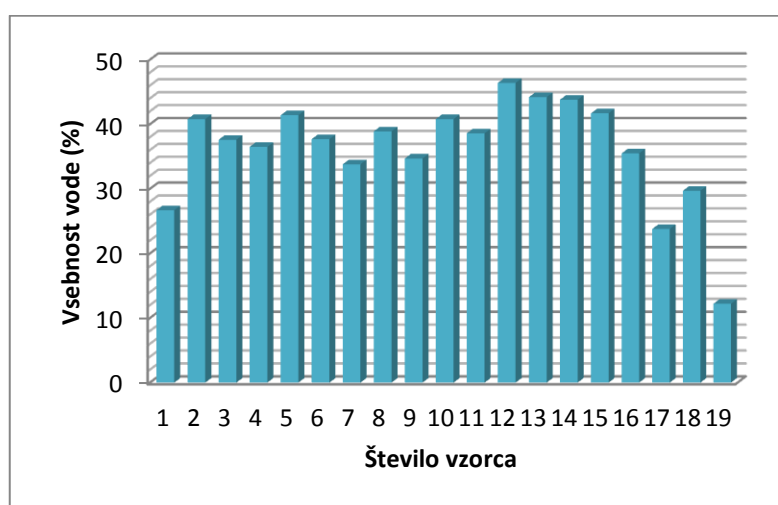
Preglednica 7: Analiza vlažnosti sekancev

Število vzorca	Datum/Ura	T. ozračja (°C)	Vlažnost ozračja (%)	Sestava DV	Vsebnost vode (%)	Velikost vzorca	Količina sekancev (nm ³)
zalogovnik	20.9.2013/7.15	13	70%	50% sm., 50% hr.	20,4	0,5kg	80
1	11.10.2013/10.40	13,7	89%	100% Hrast	26,7	0,5kg	90
2	23.10.2013/9.51	19,2	63%	100% Hrast	40,8	0,5kg	90
3	6.11.2013/7.14	4,8	82%	100% Hrast	37,6	0,5kg	90
4	15.11.2013/8.47	9,5	77%	100% Hrast	36,5	0,5kg	90
5	23.11.2013/11.20	5,3	47%	100% Hrast	41,4	0,5kg	90
6	6.12.2013/12.13	14,2	41%	100% Hrast	37,7	0,5kg	90
7	16.12.2013/14.33	2,3	45%	100% Hrast	33,8	0,5kg	90
8	21.12.2013/10.13	7,6	74%	100% Hrast	38,9	0,5kg	90
9	10.1.2014/10.10	10	67%	100% Hrast	34,7	0,5kg	90
10	16.1.2014/8.49	7,8	60%	100% Hrast	40,8	0,5kg	90
11	25.1.2014/10.17	2,2	45%	100% Hrast	38,6	0,5kg	90
12	31.1.2014/11.01	-1,3	63%	100% Hrast	46,4	0,5kg	90
13	10.2.2014/10.21	6,3	66%	100% Hrast	44,2	0,5kg	180
14	21.2.2014/12.24	13,1	61%	100% Hrast	43,8	0,5kg	90
15	27.2.2014/9.56	18,2	39%	100% Hrast	41,7	0,5kg	180
16	15.3.2014/9.31	18,7	39%	100% Hrast	35,5	0,5kg	90
17	1.4.2014/16.17	23,8	23%	100% Hrast	23,8	0,5kg	90
18	29.4.2014/15.14	20,3	71%	100% Hrast	29,7	0,5kg	180
19	28.5.2014/12.11	17,6	63%	100% Hrast	12,2	0,5kg	40

Kot je razvidno iz preglednice, je največjo vlažnost vseboval vzorec št. 12. Od vseh analiziranih vzorcev je bila ravno v tem času temperatura najnižja. Izračunana povprečna vlažnost vseh vzorcev je znašala 35,26 %, kar kaže tudi na dejstvo, da precej vzorcev odstopa od pogojev, ki jih je zahtevalo podjetje GG Novo mesto od dobavitelja. Zahtevali so lesne sekance v sestavi 100 % hrast ter njihove vsebnosti vode 20-30 %.

Iz vzorca 19 je razvidno, da je vsebnost vode znašala 12,2 %. Ta vrednost je glede na ostale vzorce zelo izstopala. To je predvsem posledica že izdelanih sekancev, ki so se sušili na odprtem skladišču in niso bili pripeljani takoj po izdelavi.

Poleg vsebnosti vode so v pregledanici prikazani tudi drugi parametri, kot so datum, čas jemanja vzorca, vlažnost ozračja, temperatura ozračja, količina pripeljanih sekancev, teža vzorca ter sestava drevesne vrste. Naštete parametre smo pridobili s posebno napravo. Ta je na podlagi vremenskih vplivov odčitala želene parametre.



Slika 18: Grafični prikaz vsebnosti vode po vzorcih

Vsebnost vode v pridobljenih vzorcih vidimo na grafičnem prikazu. Razvidno je, da kar pri petnajstih vzorcih vsebnost vode višja od 30 %, le zadnji vzorec bistveno odstopa navzdol.

5.2 ANALIZA GOSTOTE NASUTJA SEKANCEV

Z analizo gostote nasutja smo želeli pokazati kako vlažnost sekancev vpliva na njihovo težo. Vzorce smo jemali vzporedno z vzorci za pridobitev vlažnosti sekancev. Z analizo smo prikazovali gostoto nasutja vseh devetnajstih vzorcev. Gostoto nasutja nismo izmerili za vzorec, kateri je bil v zalogovniku iz predhodnjega leta. Rezultati gostote nasutja so prikazani v spodnji preglednici. Poleg opisane analize so prikazani tudi drugi parametri. V preglednici je zapisana tudi velikost vzorca. To pomeni teža vzorca sekancev, ki je bila

vzeta s posebno posodo ter od velikosti (teže) vzorca odšteta teža posode, ki smo jo uporabljali za analizo.

Preglednica 8: Analiza gostote nasutja sekancev

Število vzorca	Datum/Ura	Temperatura ozračja	Vlažnost ozračja	Sestava DV	Gostota nasutja (kg/nm ³)	Velikost vzorca
Zologovnik	/	/	/	/	/	/
1	11.10.2013/10.40	13,7	89%	100% Hrast	274	13,7
2	23.10.2013/9.51	19,2	63%	100% Hrast	314	15,7
3	6.11.2013/7.14	4,8	82%	100% Hrast	294	14,7
4	15.11.2013/8.47	9,5	77%	100% Hrast	302	15,1
5	23.11.2013/11.20	5,3	47%	100% Hrast	316	15,8
6	6.12.2013/12.13	14,2	41%	100% Hrast	300	15
7	16.12.2013/14.33	2,3	45%	100% Hrast	262	13,1
8	21.12.2013/10.13	7,6	74%	100% Hrast	294	14,7
9	10.1.2014/10.10	10	67%	100% Hrast	270	13,5
10	16.1.2014/8.49	7,8	60%	100% Hrast	312	15,6
11	25.1.2014/10.17	2,2	45%	100% Hrast	302	15,1
12	31.1.2014/11.01	-1,3	63%	100% Hrast	332	16,6
13	10.2.2014/10.21	6,3	66%	100% Hrast	330	16,5
14	21.2.2014/12.24	13,1	61%	100% Hrast	354	17,7
15	27.2.2014/9.56	18,2	39%	100% Hrast	320	16
16	15.3.2014/9.31	18,7	39%	100% Hrast	272	13,6
17	1.4.2014/16.17	23,8	23%	100% Hrast	290	14,5
18	29.4.2014/15.14	20,3	71%	100% Hrast	274	13,7
19	28.5.2014/12.11	17,6	63%	100% Hrast	198	9,9

Največja izračunana gostota nasutja je znašala 354 kg/nm³, najmanjša pa 198 kg/nm³. To kaže na dejstvo, da te razlike niso odvisne samo od vlažnosti, temveč tudi od velikosti sekancev. Bolj kot so lesni sekanci zdrobljeni, večja je tudi gostota nasutja. Če bi bili vzorci odvisni samo od vlažnosti lesa, bi največji delež pripisali vzorcu z najvišjo vsebnostjo vode. Vendar temu ni bilo tako. Izračunana povprečna gostota nasutja je znašala 295 kg/nm³.

V diplomskem delu nismo posebej analizirali velikosti posameznih delcev, ampak smo se osredotočili le na količino vode v posameznih vzorcih in z njo povezane njihove kurilne vrednosti.

5.3 ANALIZA KURILNE VREDNOSTI SEKANCEV

Kurilna vrednost je bila analizirana za en vzorec, katerega je bilo potrebno posušiti. Zaradi bolj natančnih rezultatov smo naredili tri meritve ter tako vzeli povprečje. S tem vzorcem smo pridobili absolutno suh vzorec, katerega rezultat smo uporabili za izračun kurilne vrednosti glede na različne vsebnosti vode vzorcev. Tako smo dobili rezultat, pridobljen iz laboratorija, ki prikazuje kurilno vrednost vzorca sekanca:

Prva meritev: 18.085 MJ/kg

Druga meritev: 17.364 MJ/kg

Tretja meritev: 17.582 MJ/kg

Povprečna vrednost: **17.677 MJ/kg**

S pridobljenimi podatki o kurilni vrednosti smo na podlagi formule (zapisana v poglavju 3.6) izračunali še za vsak vzorec posebej. V naši analizi smo ugotavljali zgolj vpliv količine vode v lesu in povezavo z njegovo kurilno vrednostjo. To je podatek, ki je uporabnike sekancev na GG Novo mesto tudi najbolj zanimal. Dobljeni podatki so se med seboj bistveno razlikovali, kar je razvidno iz spodnje preglednice.

Preglednica 9: Analiza kurilne vrednosti sekancev

Število vzorca	Datum/Ura	Sestava DV	Vsebnost vode (%)	Kurilna vrednost (MJ/kg)
1	11.10.2013/10.40	100% Hrast	26,7	12,31
2	23.10.2013/9.51	100% Hrast	40,8	9,47
3	6.11.2013/7.14	100% Hrast	37,6	10,11
4	15.11.2013/8.47	100% Hrast	36,5	10,33
5	23.11.2013/11.20	100% Hrast	41,4	9,35
6	6.12.2013/12.13	100% Hrast	37,7	10,09
7	16.12.2013/14.33	100% Hrast	33,8	10,88
8	21.12.2013/10.13	100% Hrast	38,9	9,85
9	10.1.2014/10.10	100% Hrast	34,7	10,70
10	16.1.2014/8.49	100% Hrast	40,8	9,47
11	25.1.2014/10.17	100% Hrast	38,6	9,91
12	31.1.2014/11.01	100% Hrast	46,4	8,34
13	10.2.2014/10.21	100% Hrast	44,2	8,79
14	21.2.2014/12.24	100% Hrast	43,8	8,87

“se nadaljuje”

“nadaljevanje preglednice 9: Analiza kurilne vrednosti sekancev ”

Število vzorca	Datum/Ura	Sestava DV	Vsebnost vode (%)	Kurilna vrednost (MJ/kg)
15	27.2.2014/9.56	100% Hrast	41,7	9,29
16	15.3.2014/9.31	100% Hrast	35,5	10,54
17	1.4.2014/16.17	100% Hrast	23,8	12,89
18	29.4.2014/15.14	100% Hrast	29,7	11,70
19	28.5.2014/12.11	100% Hrast	12,2	15,22

Najvišja kurilna vrednost je tako znašala 15,22 MJ/kg, najnižja pa 8,34 MJ/kg. Povprečna vrednost vseh izračunanih kurilnih vrednosti pa 10,43 MJ/kg. Enostaven izračun kaže na dejstvo, da vsebnost vode bistveno vpliva na toplotni izkoristek lesa. Hkrati pa tudi nakazuje velik pomen načina in časa izdelave ter skladiščenja lesnih sekancev. Z različnim pristopom in uporabo sekancev lahko zato bistveno vplivamo tudi na gospodarnost njihove uporabe.

6 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

Poudarek v diplomski nalogi je bil predvsem v ugotavljanju vsebnosti vode v sekancih ter ugotavljanje njihove kurilne vrednosti. Vsebnost vode predstavlja problem pri samem kurjenju, saj večji delež le-te vpliva na kurilno vrednost. Manjša kot je kurilna vrednost, višja je vsebnost vode in obratno. S tem kažemo na velik pomen sekancev z nizko vsebnostjo vode, saj ti lahko oddajo več toplotne energije, kar je najbolj pomembno in hkrati tudi glavni cilj ogrevanja. Vsebnost vode je nenazadnje povezana tudi s samimi stroški kurjenja - bolj kot je les vlažen, več ga je potrebno za doseganje določene količine toplote.

S samo raziskavo smo hoteli pokazati tudi na dejstvo, da vlažnost sekancev preko leta zelo variira med seboj. To dokazuje, da je izdelava potekala v različnih vremenskih pogojih in časovnem vegetacijskem obdobju. Les za izdelavo sekancev ni bil pokrit in s tem zaščiten pred vremenskimi vplivi, kar je potrdil tudi tehnolog Primož Povše.

Vsebnost vode je mogoče zmanjšati s pravilnim skladiščenjem lesa, če je to le mogoče. S tem se bistveno pridobi na sami kurilni vrednosti, količina potrebnega lesnega goriva se zmanjša, s tem pa tudi potrebni stroški za ogrevanje.

Sama poraba sekancev je seveda odvisna tudi od vremenskih pogojev, zato so rezultati o porabi sekancev v letošnji in lanski sezoni tudi zato pričakovano različni.

Da je uporaba sekancev za ogrevanje smiselna, smo dokazali tudi s primerjavo ogrevanja z različnimi gorivi, kot je kurilno olje ter zemeljski plin. Po pridobljenih cenah in kurilne vrednosti za omenjena goriva smo izračunali, da je najbolj smiselna uporaba sekancev, nato zemeljskega plina, kot zadnje pa je najmanj ugodno ogrevanje s kurilnim oljem.

Z vsemi navedenimi ugotovitvam smo prišli do zaključka, da je predvsem vlažnost sekancev pomemben dejavnik tako za kakovost sekancev, kot tudi za strošek ogrevanja. Vsak kupec bi želel, da bi bila vlažnost sekancev čim nižja, saj bi s tem pridobil najvišjo kurilno vrednost in s tem povezano oddano toploto odjemalcem. Zato bi bilo smiselno, da bi se kupec in proizvajalec dogovorila za nakup količine sekancev v atro teži. To pa

pomeni, da je to teža suhega lesa. V tem primeru kupec stroškovno ne izgublja, tudi če pokuri večjo količino sekancev.

7 POVZETEK

Z diplomskim delom smo želeli poudariti tista dejstva, ki zagotavljajo kakovost lesnih sekancev in njihovo uporabo. Na kakovost lahko bistveno vplivamo že s samim skladiščenjem hlodovine, sledi pa seveda izdelava sekancev ter končno njihovo skladiščenje.

Skozi diplomsko delo smo opravili več različnih analiz. Na začetku smo pri vsaki pripeljani pošiljki s posebno lopatico in na različnih mestih jemali vzorce. Tako zajete vzorce smo odlagali v posebno posodo in iz nje oblikovali vzorec težak 0,5 kg. Po tej poti smo ugotavljali koliko vode vsebuje posamezen vzorec. Te vrednosti so se gibale med 20 in 40 %.

Vzporedno z jemanjem vzorca za analizo vsebnosti vode, smo izmerili tudi gostoto nasutja posameznega vzorca. Vsebinsko sekancev v večjih loncih (50 l) smo stehali. Dobljene vrednosti so se nahajale v razmaku med 9,9 kg ter 17,7 kg. Po tej poti smo izračunali vrednosti za gostoto nasutja sekancev izraženo v kg/nm^3 . S to analizo smo želeli ugotoviti, kako vsebnost vode v sekancih vpliva na njihovo gostoto. Razlike nastajajo tudi pri različni velikosti sekancev. Večji kot so sekanci, manjša bi bila gostota nasutja, saj bi le ti vplivali na več praznega prostora med posameznimi delci. Ker so bili lesni sekanci iste dimenzije, teh analiz nismo opravili.

V samih analizah smo se dotaknili predvsem kurilne vrednosti sekancev. Praksa nas opozarja, da na vrednosti kurilnosti sekancev odločilno vpliva vsebnost vode v njih. Tako smo z vrednostjo absolutno suhega vzorca dobili njegovo kurilno vrednost. S pomočjo analize smo za vsak vzorec izračunali njegovo kurilno vrednost, pri tem pa pri vsakem upoštevali njegovo vsebnost vode. Dobljene vrednosti so se bistveno spreminjale glede na vsebnost vode v posameznem vzorcu. Vrednosti so se gibale od 8,34 MJ/kg ter vse do 15,22 MJ/kg. S takšno analizo smo želeli pokazati kako odločilno na kurilno vrednost sekancev vpliva vsebnost vode, temu primeren je tudi njihov izkoristek in uporabnost.

V diplomskem delu smo med seboj primerjali tudi različne energente: primerjali smo lesne sekance, kurilno olje ter zemeljski plin. S pomočjo kurilne vrednosti posameznih energentov smo lahko pokazali na strošek ogrevanja in razlike, ki pri tem nastajajo. Rezultati analize so bili pričakovani - uporaba lesnih sekancev kot energenta je primerna in predstavlja v našem primeru najcenejši vir ogrevanja.

8 VIRI

Babuder M. 2009. Obnovljivi viri energije v Sloveniji. Celje, Fit media: 168 str.

Butala V., Turk J. 1998. Lesna biomasa – neizkoriščen domači vir energije. Ljubljana, FEMOPET Slovenija: 20 str

Cene energentov

<http://www.petrol.si/ponudba-na-servisih/za-vozilo/goriva-petrol/gibanje-cen> (23. 9. 2014)

Čebul T., Krajnc N. 2011. Proizvodnja lesnih sekancev v Sloveniji. Kmečki glas. Priloga Gozdarstvo, 68: 13-15

Krajnc N., Kovač Š. 2003. Lesna biomasa – Okolju prijazen obnovljiv vir energije: brošura. Slovenska Bistrica, Občina Slovenska Bistrica: 23 str.

Krajnc N., Piškur M., Klun J., Premrl T., Piškur B., Robek R., Mihelič M., Sinjur I. 2009. Lesna goriva: drva in lesni sekanci: proizvodnja, standardi kakovosti in trgovanje. Ljubljana, Silva Slovenica: 81 str.

Krajnc N., Piškur M. 2011. Kakovost lesnih goriv: drva in lesni sekanci. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Silva Slovenica: 23 str.

Krajnc N., Premrl T. 2011. Ogrevanje rastlinjakov z lesnimi sekanci. Prijazno okolju – Neodvisno – konkurenčno Novo mesto. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Silva Slovenica: 2 str.

Krajnc N., Piškur M., Prislan P., Triplat M. 2014. Kakovostna lesna goriva za vsakogar. Ljubljana, Gozdarski inštitut Slovenije, Silva Slovenica: 20 str.
http://www.gozdis.si/data/oddelki/gte/Lesna_biomasa/literatura/kakovostna_lesna_goriva.pdf (23. 9. 2014)

Kurilne vrednosti energentov

<http://www.geosonda.com/toplotna-crpalka/kurilne-vrednosti-energentov> (23. 9. 2014)

Kurilna vrednost lesa in fosilnih goriv

http://www.kurjava.si/blog/Kurilna_vrednost_lesa/ (23. 9. 2014)

Leban I., 2010. Osnove lesarstva: lastnosti lesa. Škofja loka, Srednja lesarska šola Škofja Loka: 42 str.

http://www.cpi.si/files/cpi/userfiles/Lesarstvo_tapetnistvo/4-LES_LASTNOSTI.pdf
(14. 8. 2014)

Lesni sekanci. Ljubljana, Ministrstvo za kmetijstvo in okolje

http://www.mko.gov.si/si/delovna_podrocja/gozdarstvo/navodila_za_pravilno_kurjenje/nasve_ti_za_pripravo_drv/lesni_sekanci/ (23. 9. 2014)

Medved S., Arkar C. 2009. Energija in okolje: obnovljivi viri energije. Univerza v Ljubljani, Zdravstvena fakulteta: 177 str.

Papler R. 2013. Osnove uporabe lesne biomase. Ljubljana, Energetika marketing: 419 str.

Povše P. 2014. »Cena lesnih sekancev, opis kurjenja, podatki za predhodnja leta«
(osebni vir, 20. 8. 2014)

Rosc J. 2012. Vpliv načina shranjevanja gozdnih lesnih sekancev na njihovo vlažnost: diplomsko delo. (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozal.: 63 str.

9 ZAHVALA

Posebna zahvala gre direktorju Gozdnega gospodarstva Novo mesto, univ. dipl. inž. Andreju Kastelicu, ki mi je omogočil zajemanje potrebnih podatkov za pisanje diplomskega dela v njihovem podjetju ter pridobitve informacij ter vseh koristnih nasvetov in znanj na področju lesnih sekancev.

Za pomoč pri izdelavi in pomoč pri pisanju diplomskega dela se zahvaljujem doc. dr. Juriju Marenčetu.

Hvala tudi tehnologu Primožu Povšet, ki me je čez celotno nalogo spremljal in mi pomagal z nasveti.

Zahvala gre tudi zaposlenim na Gozdarskem inštitutu Slovenije, še posebej pa Iztoku Sinjurju za pomoč pri meritvah vsebnosti vode sekancev ter dr. Niki Krajnc za pomembna gradiva in nasvete.

Za pomoč pri izmeri kurilne vrednosti se zahvaljujem prof. dr. Iztoku Golobiču s Fakultete za strojništvo.

Končna zahvala gre tudi mojim najbližjim, ki so mi stali ob strani in me spodbujali pri izdelavi diplomskega dela.