

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

Dejan SANABOR

**UGOTAVLJANJE VLAŽNOSTI LESA PRI IZDELAVI
PELETOV**

Diplomsko delo

Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja

Ljubljana, 2012

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

Dejan SANABOR

UGOTAVLJANJE VLAŽNOSTI LESA PRI IZDELAVI PELETOV

DIPLOMSKO DELO

Visokošolski strokovni študij – 1. Stopnja

**ASSESSMENT OF WOOD HUMIDITY IN THE MANUFACTURE OF
PELLETS**

B. Sc. Thesis

Professional Study Programmes

Ljubljana, 2012

Diplomsko delo je zaključek Visokošolskega študija gozdarstva. Opravljeno je bilo na Univerzi v Ljubljani, Oddelku za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire Biotehniške fakultete.

Komisija za študijska in študentska vprašanja Oddelka za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire je za mentorja imenovala doc. dr. Jurija Marenčeta.

Komisija za oceno in zagovor:

Predsednik:

Član:

Član:

Datum zagovora:

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

Dejan Sanabor

KLJUČNA DOKUMENTACIJA INFORMACIJA

ŠD	Dv1
DK	GDK 839.3(043.2)=163.6
KG	les/vsebnost vode/sekanci/peleti/lesna biomasa
KK	
AV	SANABOR Dejan
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	2012
IN	UGOTAVLJANJE VLAŽNOSTI LESA PRI IZDELAVI PELETOV
TD	Diplomsko delo (Visokošolski strokovni študij – 1. stopnja)
OP	VIII, 31 str., 2 pregl., 13 sl., 21 vir.
IJ	sl
JJ	sl/en
AI	Vsebnost vode predstavlja pomembno lastnost lesa pri njegovi uporabi. Pri tem je pomembna ne samo količina vode v lesu, ampak tudi njena spremenljivost tekom celotnega leta. Namen diplomske naloge je bil ugotoviti, kako se vsebnost vode pri sekancih ter žagovini spreminja preko leta oziroma po posameznih letnih časih. S takšnimi informacijami lahko prispevamo k bolj realnemu načinu plačila in sicer po atro teži - ta predstavlja absolutno suh les. Vsebnost vode v svežih sekancih in žagovini so merili z vlagomerom DFO-80, maso vzorcev pa z digitalno tehtnico AND EK – 6000i. Raziskave so potekale preko celega leta. Skupno število vzorcev je bilo 527. Podjetje, kjer so potekale raziskave, izdeluje pelete izključno iz iglavcev – ti so bili v raziskavi ločeni glede na drevesno vrsto (smreka, jelka, bor). Največja vsebnost vode je bila ugotovljena pri boru, medtem, ko med smreko in jelko ni bistvenih razlik. Žagovina je iz mešanih drevesnih vrst, rezultati pa kažejo, da se vsebnost vode ne spreminja tako izrazito kot pri sekancih in je pri tem tudi nižja tako skozi mesece kot tudi skozi celotno leto.

KEY WORDS DOCUMENTATION

DN	Dv1
DC	FDC 839.3(043.2)=163.6
CX	wood/water content/wood chips/pellets/biomass
CC	
AU	SANABOR, Dejan
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	2012
TI	ASSESSMENT OF WOOD HUMIDITY IN THE MANUFACTURE OF PELLETS
DT	B. Sc. Thesis (Professional Studies Programmes)
NO	VIII, 31 p., 2 tab., 13 fig., 21 ref.
LA	sl
AL	sl/en
AB	Water content is an important feature of wood in its use. The quantity of water in timber and its variability throughout the year is very important. The purpose of this work was to determine how the content of the water in wood chips and sawdust changes over months and seasons. The results should contribute to a more real way of payment under ATRO weight, which represents the absolute dry wood. The water content of fresh wood chips and sawdust was measured by hygrometer DFO-80; the mass of samples was measured with digital scale AND EK-6000i. Research was conducted throughout the year. Total number of samples was 527. Company, where the research took place, produces pellets exclusively of conifers, so the chips were separated by tree species: spruce, fir and pine. The highest water content was in pine chips, while between spruce and fir chips are no significant differences. Sawdust contains different tree species. Results showed that the water content does not change as significantly as water content in wood chips and is slightly lower throughout the month as well as throughout the year.

KAZALO VSEBINE

KLJUČNA DOKUMENTACIJA INFORMACIJA.....	III
KEY WORDS DOCUMENTATION	IV
KAZALO VSEBINE.....	V
KAZALO PREGLEDNIC.....	VII
KAZALO SLIK.....	VIII
1 UVOD.....	1
2 OPREDELITEV PROBLEMA	2
3 DOSEDANJE RAZISKAVE	3
4.1 NAJPOMEMBNEJŠE MERSKE ENOTE.....	5
4.1.1 Peleti	6
4.1.2 Sekanci	7
4.2 VLAŽNOST IN VSEBNOST VODE V LESU	9
4.3.1 Merilne naprave za lesne sekance	12
4.4 STANDARDI IN ZAKONODAJA	13
5 DELOVNE HIPOTEZE	15
6 METODE DELA	16
6.1 OPIS POSKUSA.....	16
6.2 UPORABLJENI INSTRUMENTI V RAZISKAVI.....	16
6.2.1 Vlagomer DFO – 80	16
6.2.2 Digitalna tehtnica AND EK – 6000i	17
6.2.3 Program	18
6.3 METODE.....	19
6.3.1 Odvzem vzorca ter merjenje mase materiala.....	19
6.3.2. Merjenje vsebnosti vode v lesu	20
7 REZULTATI	21
7.1 PREGLED PODATKOV	21
7.2 PREGLED RAZLIČNIH ODVISNOSTI.....	22
7.2.1 Vsebnost vode v žagovini glede na mesece.....	22
7.2.2 Vsebnost vode v žagovini glede na letne čase.....	22
7.2.3 Vsebnost vode v sekancih po drevesnih vrstah glede na mesece.....	24

7.2.4	Vsebnost vode sekancev glede na letne čase.....	26
7.2.5	Vsebnost vode med žagovino in sekanci glede na mesece.....	27
7.2.6	Vsebnost vode pri žagovini ter sekancih skozi celotno leto.....	28
8	RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI	29
9	VIRI.....	31
	ZAHVALA.....	34

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Tehnični podatki lesnih peletov (www.instalater.si, 2008).....	7
Preglednica 2: Razmerje med vsebnostjo vode in vlažnostjo lesa pri določeni kurilni vrednosti (Butala in Turk, 1998: 8)	10

KAZALO SLIK

Slika 1: Značilna oblika peletov	7
Slika 2: Različna oblika in velikost sekancev	8
Slika 3: Vlagomer DFO – 80.....	17
Slika 4: Digitalna tehtnica AND EK – 6000i	18
Slika 5: Program za urejanje podatkov.....	19
Slika 6: Vsebnost vode v žagovini glede na mesece	22
Slika 7: Vsebnost vode v žagovini glede na letne čase	23
Slika 8: Vsebnost vode sekancev smreke glede na mesece.....	24
Slika 9: Vsebnost vode sekancev jelke glede na mesece.....	25
Slika 10: Vsebnost vode sekancev bora glede na mesece	26
Slika 11: Vsebnost vode sekancev glede na letne čase	27
Slika 12: Vsebnost vode pri žagovini in sekancih glede na mesece.....	28
Slika 13: Primerjava povprečne vsebnosti vode med žagovino in sekanci skozi celotno leto	28

1 UVOD

Les je imel že od nekdaj pomembno vlogo pri nas, spreminjal se je samo njegov namen (glažute, železarstvo). Gozdnatost se je skozi stoletja spreminjala, tako so gozd na začetku krčili za naselja in obdelovalne površine, kasneje pa za potrebe glažut ter železarstva. Leta 1875 je gozd pokrival 36 % Slovenije, leta 2005 pa že 58,5 %. Vzrok je predvsem v zaraščanje travnikov zaradi opuščanja kmetijstva.

Tradicionalno še vedno prevladujejo drva kot glavna oblika lesnih goriv, vendar pa v zadnjih letih narašča tudi poraba lesnih sekancev in peletov (Krajnc in Piškur, 2011). K porasti lesnih goriv je pripomoglo tudi občutno draženje fosilnih goriv ter vedno večja ozaveščenost o pomenu naravnih in obnovljivih virov. Povečanje porabe lesa v energijske namene je privedlo do dejstva, da les ni pomemben zgolj v okrogli obliki, ampak so pomembni tudi sečni ostanki.

Raba drv je na slovenskem podeželju tradicionalna. Sekanci in lesni peleti pa se kot lesna goriva šele počasi uveljavljajo. Trg s takšno obliko goriv se v zadnjih letih hitro razvija. K temu je veliko prispevala država z različnimi programi in dodeljevanjem nepovratnih sredstev. Z razvojem celotnega področja pridobivanja in rabe lesne biomase je potrebna uravnotežena ponudba in povpraševanje, saj bomo le tako dobili zelene rezultate.

Z biomaso imenujemo vso organsko snov in organske ostanke. V energetiki predstavlja vso tisto organsko snov, ki jo lahko uporabimo kot vir energije, tako toplotne kot električne. Med biomaso uvrščamo lesne odpadke, ostanke iz kmetijske dejavnosti, industrijske rastline, odpadne vode živilske industrije. Za Slovenijo, katera sodi med najbolj gozdnote evropske države, je najpomembnejša lesna biomasa.

2 OPREDELITEV PROBLEMA

Količina vode v lesa predstavlja njegovo pomembno lastnost pri uporabi v energijske namene. Pri tem je pomembna ne samo količina vode v lesu, ampak tudi njena spremenljivost tekom celotnega leta. Na količino vode pomembno vpliva tudi izvor lesne mase in drevesna vrsta.

S povečanim povpraševanjem po lesnih gorivih postaja vse pomembnejše zagotavljanje kakovosti teh goriv. Na kakovost lesnih goriv lahko vplivamo z ustrežno tehnologijo pridobivanja, predelave in skladiščenja. Kakovost sekancev opredeljujejo vsebnost vode, drevesna vrsta, kakovost lesa, morebitno trohnenje, porazdelitev in velikost delcev ter delež različnih nečistoč oziroma primesi. Vsi ti dejavniki pa vplivajo na kurilno vrednost, gostoto nasutja in delež pepela (Krajnc in Piškur, 2011).

V nalogi smo želeli ugotoviti vsebnost vode v lesu glede na letno obdobje ter razliko med sekanci ter žagovino. Dobljeni rezultati bi pripomogli k bolj realnemu načinu plačila lesa – po atro teži. Sedanji način pretvorbe ter izračun mase ni primeren za celotno leto – razlog je predvsem v dejstvu, da se vsebnost vode v biomasi tekom leta razlikuje. Razlog temu je prav razlika vsebnosti vode v biomasi znotraj enega leta.

Atro teža je merilo za določanje energijske vrednosti lesa, najpogosteje se uporablja za nasuti tovor npr. sekance. To je teža absolutno suhega lesa, torej lesa brez prisotnosti vode. Na ta način lahko bolj korektno določimo energijsko vrednost lesa.

V raziskavi smo ugotavljali predvsem vsebnost vode v sekancih ter žagovini, ne pa kurilne vrednosti lesa, ki nas v nalogi ni zanimala.

3 DOSEDANJE RAZISKAVE

Vsebnost vode predstavlja velik problem pri lesu, predvsem tam, kjer se količina plačuje pa masi tovara. Vedeti je potrebno, da drevo potrebuje vodo za življenje, vendar pa lahko le – to zmanjšamo, ko les skladiščimo. Pravilno skladiščenje bistveno vpliva na vsebnost vode v lesu ter njegovo ohranjenost, kar je zelo pomembno za nadaljnjo predelavo.

Kar nekaj avtorjev se je v preteklosti ukvarjalo s količino vode v lesu. Najbolj primeren prostor za skladiščenje je pokrit prostor z utrjeno podlago. Rosc (2012) je v svojem diplomskem delu to nazorno predstavil, ter ugotovil, da se vlažnost med sekanci, kateri so na suhem (zaščiteni pred dežjem), ter sekanci na prostem, razlikuje za skoraj 100 %. Sekance na prostem lahko zaščitimo s ponjavo, vendar pa je to ob lepem vremenu potrebno odstraniti zaradi nabiranja vlage v zgornjem sloju.

Za izdelavo pelet se uporabljajo predvsem lesni ostanki, ki se po drevesni vrsti in velikosti med seboj zelo razlikujejo. Z drobljenjem lahko strukturo lesa spreminjamo, vendar pa pri tem vsebnost vode ne zmanjšamo ampak je potrebno material sušiti. Večja vsebnost vode predstavlja tudi večjo porabo energije ter s tem večje stroške.

Kaker (2009) je v svojem diplomskem delu ugotavljal, kolikšna vlažnost je potrebna za oblikovanje peletov. Rezultati so pokazali, da so največje napetosti pelet dosežene pri 15 % vlažnosti.

Pastre (2002) navaja, da je v 1 toni suhega lesa 5300 kWh energijske vrednosti, kar je ekvivalentno 1600 kWh električne energije ter 4750 kWh toplotne energije. Ugotavlja tudi, da se za izdelavo pelet iz suhe snovi potrebuje od 5 do 6 % energijske vrednosti peletov. Pri izdelavi peletov iz vlažne žagovine je poraba od 12 do 15 % energijske vrednosti peletov; za izdelavo peletov iz vlažnih sekancev, pri katerih je vključeno še mletje in sušenje pa 48 % energijske vrednosti peletov .

Različne drevesne vrste se med seboj razlikujejo tudi po kurilni vrednosti. Les z večjo gostoto ima tudi večjo kurilno vrednost v primerjavi z lesom, ki imajo nižjo gostoto. Glede

na maso imajo največjo kurilno vrednost iglavci, listavci pa glede na prostornino. Listavci, ki imajo večjo gostoto imajo zato tudi večjo kurilno vrednost na m^3 , zato so bolj primerni za ogrevanje, saj zgorevajo počasneje in imajo več žerjavice. Za kuhanje so primernejši iglavci, saj imajo večjo kurilno vrednost na kg, zato zgorevajo hitreje in intenzivneje. Kurilna vrednost pa je odvisna tudi od kemične sestave lesa. Les iglavcev ima v povprečju večjo vsebnost lignina, zato imajo večjo kurilno vrednost na osnovi mase (Dolenšek, 1999).

Veliko avtorjev je v svojih delih poudarilo, da ima vsebnost vode oziroma vlažnost velik pomen pri kurilni vrednosti. Sprunk (2006) je v svojem diplomskem delu ugotavljal, kako se polena glede na obliko najhitreje sušijo. Polena je razdelil na štiri skupine: okroglice, polovice, četrtine ter sredice. Navaja, da se najboljše sušijo sredice na sončni strani in pokrita, najslabše pa okroglice v senci.

Krajnc in sod. (2009) menijo, da pravilno sušenje in skladiščenje bistveno vpliva na vsebnost vode v lesu ter ohranjenost lesa. Umetno sušenje je zaradi velike porabe energije drago, zato priporočajo naravno sušenje. Trajanje je odvisno od časa sečnje, oblike lesa, kraja sušenja in vrste lesa.

4 LESNA GORIVA

Standardno z evropsko tehnično specifikacijo (SIST EN 14588 : 2010 Trda biogoriva – Terminologija, definicije in opisi, 2010) so lesna goriva vse vrste biogoriv, ki posredno ali neposredno izvirajo iz lesne biomase. Lesna goriva se uvrščajo v širšo skupino trdih biogoriv (Krajnc in Piškur, 2011). Biomasa opredeljuje vso organsko snov in sodi med obnovljive vire energije (Pogačnik in Kranjc, 2000).

Na kakovost lesnih goriv lahko vplivamo z ustrežno tehnologijo pridobivanja, predelave, skladiščenja ter končne rabe. Zaradi omejenosti s količino fosilnih goriv, ter zavesti, da so emisije, ki pri tem nastajajo okolju neprijazne, narašča število potrošnikov lesnih goriv. V zadnjih letih mora vedno več držav, zaradi strogih ekoloških predpisov, stremeti k zmanjšanju emisij v zraku. Z ekonomskega stališča pa k temu, da čim več investirajo v razvoj tehnologij za pridobivanje in pripravo lesnih goriv (Krajnc in Piškur, 2011).

Po katalogu produktov lesne biomase (2005) se lesna kuriva uporablja v obliki polen, cepanic, okroglic, sekancev, stiskancev (peleti, briketi) in lesnih ostankov.

4.1 NAJPOMEMBNEJŠE MERSKE ENOTE

Kranjc in Piškur (2011) navajata naslednje pomembne merske enote v povezavi z lesnimi gorivi:

- **Kubični (ali volumenski) meter** (oznaka: m^3) se uporablja kot merska enota za prostornino, ki je v celoti napolnjena z lesom (brez praznih prostorov). Navadno se ta merska enota uporablja za okrogli les brez skorje.
- **Prostorninski meter** (oznaka: prm) je merska enota, ki se uporablja za zložena drva.
- **Nasuti (kubični) meter** (oznaka: nm^3) je merska enota, ki se uporablja za nasutje lesnih sekancev, lahko tudi za nasutje drv.
- **Tona** (oznaka: t) je utežna mera, ki se uporablja v praksi za lesna goriva. Pri navajanju in trgovanju z lesnimi gorivi na osnovi teže je pomembno poznati vsebnost vode ali vlažnosti lesa.

- **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/prm ali kg/nm³, odvisno od tega, ali je lesno gorivo zloženo (drva) ali nasuto (drva in lesni 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/cm³ ali kg/m³. Gostota zračno suhega lesa, to je pri $u = 12-15\%$, se označuje s $\rho_{12...15}$. Gostota 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 svež les.
- **Energijska vrednost goriva** izraža količino energije, ki se sprosti med popolnim izgoretjem enote mase goriva.

4.1.1 Peleti

Oznaka „peleta“ prihaja iz angleščine in pomeni kroglica. Postopek peletiranja je star že 100 let in so ga najprej uporabljali v industriji krmil. Pred več kot dvajsetimi leti so v ZDA in Kanadi razvili tehniko za zgorevanje lesnih peletov, ki je nato preko Skandinavije prodrla v Evropo. Lesni peleti so se na nemškem trgu prvič pojavili šele 1996 leta. Razvoj kotlov na pelete je nato povzročil še velik razmah industrijske proizvodnje pelet po vsej Evropi (Tihec, 2009).

Peleti so stiskanci, narejeni iz čistega lesa. Proizvajajo se industrijsko s stiskanjem suhega lesnega prahu in žaganja. So valjaste oblike navadno premera 8 mm (lahko tudi 6, 10 in 12 mm) in dolžine do 50 mm. V postopku izdelave se uporablja zgolj visokotlačna para. Za izboljšanje mehanske trdnosti se jim lahko doda še od 1 do 3 % krompirjevega ali koruznega škroba. Lesni prah se stiska v stiskalnicah (peletirkah) pod velikim pritiskom in povečano temperaturo. S tem se zmanjša vsebnost vode in prostornina poveča pa se

gostota. Zaradi večje gostote imajo višjo kurilno vrednost in sicer 4,9 kWh/kg (Lesna biomasa, 2006).

Preglednica 1: Tehnični podatki lesnih peletov (www.instalater.si, 2008)

Tehnični podatki	
Premer	6 mm
Dolžina	10 do 30 mm
Kurilna vrednost	4,9 kWh/kg
Količina pepela	< 0,5 %
Teža	650 kg/nm ³

Lesni peleti izgorevajo CO₂ nevtravno, to pomeni, da se v zrak sprosti samo toliko CO₂, kolikor se ga je vezalo pri naravnem procesu – fotosintezi iz zraka. Za primerjavo: pri izgorevanju 1 m³ zemeljskega plina se sprosti 2 kg CO₂, pri izgorevanju 1 l kurilnega olja se dodatno sprosti v zrak 2,8 kg CO₂ (<http://www.peleti.com>).



Slika 1: Značilna oblika peletov

4.1.2 Sekanci

Lesne sekance lahko pridobivamo iz gozda ali plantaž, stranskih proizvodov, ostankov iz lesnopredelovalne industrije ter iz odsluženega lesa. Za podajanje količine sekancev uporabljamo nasuti meter (nm³). Njihova oblika je nepravilna, dolžina pa od 5 do 50 mm. Kakovost lesnih sekancev je opredeljena z vsebnostjo vode, drevesno vrsto, kakovostjo

lesa, morebitnim trohnenjem lesa, velikostjo delcev ter deležem različnih nečistoč oziroma primesi (Krajnc in Piškur, 2011).

Za izdelavo sekancev uporabljamo sekalnike – z njimi v sekance predelujemo okrogli les ali različne oblike lesa. Sekalniki so lahko stacionarni, vgrajeni na kamionu ali prikolici ali na 3-točkovnem priklopu traktorja, poganja pa ga lahko lasten motor ali traktor. Glede na moč jih delimo tri skupine: lahki sekalniki (20 t/dan oziroma $5\text{nm}^3/\text{uro}$), srednji sekalniki (do 60 t/dan oziroma $50\text{nm}^3/\text{uro}$), veliki sekalniki (nad 60t/dan oziroma nad $50\text{nm}^3/\text{uro}$) (Čebul in Kranjc, 2011).

Pri lesnih sekancih je pomemben podatek tudi gostota nasutja. 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. Na gostoto nasutja vplivajo tudi vsebnost vode ter drevesne vrste (Krajnc in Piškur, 2011).

Za določanje količine sekancev se uporablja nasuti kubični meter (nm^3). Za lažje razumevanje: iz 1m^3 okroglega lesa dobimo od 2,5 do 3nm^3 sekancev, količina je odvisna od velikosti sekancev.



Slika 2: Različna oblika in velikost sekancev

4.2 VLAŽNOST IN VSEBNOST VODE V LESU

Rast drevesa je odvisna od vode, ki v zunanem delu beljave prenaša rudninske snovi iz korenin do listov. Voda je pomembna za proces fotosinteze in za vzdrževanje življenjskih funkcij drevesa. Količina vode v drevesu pa ni enakomerno razporejena. Največ vode je v zunanem delu beljave, proti jedru pa upada. V lesu ločimo prosto in kapilarno (vezano) vodo, ki se nahaja v celičnih stenah. Proste in kapilarne vode je največ v rastočem lesu in lesu takoj po sečnji. Količina te vode se med letom spreminja, saj je vlažnost lesa najnižja pozimi, najvišja pa spomladi in zgodaj poleti. Stanje, ko pore ne vsebujejo več proste vode, v celičnih stenah pa se nahaja še vsa vezana voda, imenujemo točka nasičenosti celičnih sten. Lesna vlažnost pri tej točki nasičenosti celičnih sten niha med 22 in 35 %. Pri sušenju najprej izhlapi prosta voda, s tem postane les lažji, nato pa pride do izhlapevanja vezane vode, kar ima za posledico, da začne les spreminjati dimenzijo (Leban, 2010).

Osnovna lastnost goriv je kurilnost, ki predstavlja količino toplote, ki nastane pri popolnem zgorevanju enote goriva, pri čemer se produkti zgorevanja ne ohladijo pod temperaturo rosišča vodne pare. Izražamo jo v kWh (kilovatna ura) in MJ (mega joul). Na kurilno vrednost lesa vplivajo vlažnost lesa, kemična zgradba, drevesna vrsta idr. S povečevanjem vsebnosti vode se niža kurilna vrednost lesa, saj se del energije, ki se sprosti med procesom izgorevanja, porabi za izhlapevanje vode. Ohranjenost lesa bistveno vpliva na kurilno vrednost, saj ima npr. trohneč les manjšo gostoto in s tem tudi nižjo kurilno vrednost. Gostota lesa vpliva na sušenje, kurilno vrednost in proces izgorevanja (les z večjo gostoto zgoreva počasneje). Kurilnost se razlikuje glede na posamezne sestavine v lesu, saj je kurilna vrednost pri iglavcih za 2 % višja kot pri listavcih. Razlog je v višji vsebnosti lignina in delno tudi v višji vsebnosti smole, voska in olja, ki se pojavljajo pri iglavcih (Krajnc in Piškur, 2011). Za izhlapevanje 1 kg vode potrebujemo 0,68 kWh energije (Lesna biomasa, 2006).

Vlažnost lesa je fizikalna lastnost lesa, ki vpliva na njegovo kurilno vrednost. Vlažnost lesa izračunamo kot razmerje med maso vode in maso lesa v absolutno suhem stanju. Vsebnost vode v lesu in vlažnost lesa sta različno definirani. Vsebnost vode v lesu je definirana z

razmerjem med maso vode in maso svežega lesa, medtem ko je vlažnost lesa razmerje med maso vode in maso absolutno suhega lesa (Kaker, 2009).

Glede na vsebnost vode v lesu ločimo (Krajnc in Kovač, 2003):

- **sveži les** – les takoj po poseku, ki ima vlažnost nad 40 %,
- **gozdno suh les** – les pol leta po poseku v primeru zimske sečnje oziroma štiri mesece po poseku v primeru letne sečnje, ki ima vlažnost od 20 do 40 %,
- **zračno suh les** – 6 mesecev sušen les na zračnem in pokritem mestu, ki ima vlažnost do 20 %,
- **tehnično suh les** – umetno sušen les, ki ima vlažnost od 6 do 12 %.

Preglednica 2: Razmerje med vsebnostjo vode in vlažnostjo lesa pri določeni kurilni vrednosti (Butala in Turk, 1998: 8)

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

Vedeti moramo, da je vsebnost vode močno spremenljiva fizikalna lastnost lesa, saj nanjo vpliva vrsta dejavnikov (Kopše in Kranjc, 2005): drevesna vrsta, rastišče, starost drevesa, letni čas poseka, vitalnost in zdravost drevesa, različna je v jedrovini in beljavi ter v ranem in poznem lesu.

Vlažnost je delež mase vode v lesu gleda na maso sušilnično (absolutno) suhega lesa (Krajnc in Piškur, 2011).

$$u = ((m_w - m_o) / m_o) \times 100 \quad \dots (1)$$

u.....vlažnost (%)

m_w ...masa svežega lesa (kot dobljeno) (g)

m_o ...masa sušilnično suhega lesa (g)

Vlažnost je zelo pomemben dejavnik lesa, ko govorimo o lesu kot gorivu. Toplotna energija je tesno povezana z vlago v lesu – večja kot je vlažnost, več energije se porabi za izločanje vlage in manj za ogrevanje. Za izhlapevanje 1 kg vode je potrebno 0,68 kWh energije (Krajnc in Piškur, 2011).

Vsebnost vode je delež mase vode v lesu glede na maso vlažnega lesa. To mero najpogosteje uporabljamo pri trženju lesnega goriva (Krajnc in Piškur, 2011).

$$w = ((m_w - m_o) / m_w) \times 100 \quad \dots (2)$$

w.....vsebnost vode (%)

m_w ...masa svežega lesa (kot dobljeno) (g)

m_o ...masa sušilnično suhega lesa (g)

Za izračun u iz w, in obratno, uporabljamo naslednji dve formuli (Krajnc in Piškur, 2011):

$$u = (100 \times w) / (100 - w) \quad \dots (3)$$

$$w = (100 \times u) / (100 + u) \quad \dots (4)$$

u.....vlažnost (%)

w.....vsebnost vode (%)

4.3 UGOTAVLJANJE VLAŽNOSTI ALI VSEBNOSTI VODE V LESNEM GORIVU

Čeprav je sušilna metoda (SIST–TS CEN/TS 14774–1: 2004 Trdna biogoriva–Metode določanja vlage–Metoda sušenja v peči–1. del) priznana referenčna metoda za natančno določanje vlažnosti lesa oziroma vsebnosti vode v lesu, nam tehnologija danes ponuja vrsto prenosnih praktičnih merilnikov za hitro določanje vlažnosti lesa. Takšni

Merilni instrumenti so praktični pri sklepanju pogodb za dobavo goriva po njihovi teži. Natančnost rezultatov je v veliki meri odvisna od merilne naprave, reprezentativnosti vzorca ter skrbnosti, s katero je merjenje opravljeno. Posebno pozornost je treba nameniti začetni nastavitvi merilnih instrumentov in korekcijskim faktorjem ter pravilnemu odvzemu vzorcev (Kranjc in sod, 2009).

Sušilna metoda se opravlja v laboratoriju, in jo sestavlja tehtanje vzorca pred in po sušenju in sušenje vzorca v peči pri 103 °C. Tako sušenje traja 24 ur oz. dokler ni dosežena konstantna masa (Kranjc in sod, 2009).

Merilne naprave, ki so na voljo na tržišču, lahko razdelimo glede na namembnost v merilne naprave za merjenje vlage v okroglem lesu in v lesu v razsutem stanju (predvsem sekanci in peleti). Zaradi kontrole kakovosti in v izogib sporom se priporoča občasno preverjanje vlažnosti z laboratorijskimi meritvami (Kranjc in sod, 2009).

4.3.1 Merilne naprave za lesne sekance

Vsebnost vode v sekancih merimo z instrumenti, s katerimi ugotavljamo elektrostatični naboj. Višja je vsebnost naboja, višja je tudi dielektrična konstanta. V zadnjih nekaj letih so strokovnjaki razvili dielektrične higrometre, namenjene prav za lesne sekance, žagovino, skobljance, skorjo in pelete, za razvrščanje v kakovostne razrede goriv, opredeljenih v tehnični specifikaciji SIST–TS CEN/TS 14961:2005. S takšnimi instrumenti lahko merimo lesne sekance iz velikostnega razreda P16 in P45 z maksimalno vsebnostjo vode (w) 60 %. Pri teh napravah sta zelo pomembna kalibracija in pravilni izbor kalibrirne krivulje, ki je v veliki meri odvisna od dimenzije sekancev. Pri meritvi stremo v merilno posodo natančno določeno količino sekancev, v merilni posodi sekanci prečkajo šibko elektromagnetno polje, k se spreminja pod vplivom vlažnosti lesa. Že v nekaj sekundah je mogoče na zaslonu instrumenta odčitati vsebnost vode v vzorcu (Kranjc in sod, 2009).

4.4 STANDARDI IN ZAKONODAJA

Slovenija nima standardov za trda goriva in biomaso, zato je Slovenski inštitut za standardizacijo (SIST) oziroma tehnični odbor Naftni derivati, maziva in sorodni proizvodi (TC NAD) januarja 2004 sprejel sklep o ustanovitvi delovne skupine WG3 – trda biogoriva. Glavni namen ustanovitve delovne skupine je spremljanje in uvajanje evropskih standardov na področju trdih biogoriv. Skupina je pripravila prevod dveh normativnih dokumentov, ki predpisujeta tehnične zahteve, ki jih mora izpolnjevati proizved, proces ali storitev, ki ima nižji status od standarda. To sta:

- 1. Standard prCEN/TS 14588 Solid Biofuels – Terminology, definitions and descriptions (Trda biogoriva, terminologija, definicija in opisi – CEN/TS 14588);
- 2. Solid biofuels – Fuel specifications and classes prCEN/TS 14961 (Trda biogoriva, razredi in specifikacija goriv – CEN/TS 14961).

V prvi tehnični specifikaciji je opisanih 147 pojmov s področja trdih biogoriv, vendar ostajajo določena vprašanja še odprta, tudi s prevodi izrazov v slovenščino. V drugi tehnični specifikaciji je opredeljenih 9 različnih oblik trdih biogoriv: peleti, briketi, oljne pogače, lesni sekanci, grobi lesni sekanci, drva, žagovina, skorja in slamne bale (Kranjc, 2005).

Cilj tehnične dokumentacije je zagotoviti nedvoumne in jasne principe za razvrščanje trdih biogoriv. Služila naj bi kot pripomoček za učinkovito trgovanje z biogorivi in dobro razumevanje med prodajalci in kupci, olajšala pa naj bi tudi postopek za izdajanje dovoljenja in priprave poročil (Kranjc, 2005).

Evropska tehnična specifikacija (SIST–TS CEN/TS 14961:2005) določa pogoje za uvrstitev lesnih sekancev v velikostne razrede (P16, P45, P63 in P100). Lesne sekance razvrščamo v velikostne razrede glede na zahteve po prevladujočem deležu glavne frakcije, omejitvi pri fini frakciji ter zahtevami glede grobe frakcije. Avstrijski standard ima nekoliko drugačne opredelitve zahtev, zato je zelo pomembno, na kakšen način se v trgovanju določijo zahteve glede velikostnega razreda delcev (Kranjc in sod, 2009).

Glede na velikost sekancev avstrijski standard ÖNORM M7133 določa 3 razrede:

- G 30 – sekanci dolžine manjše od 30 mm,
- G 50 – sekance dolžine manjše od 50 mm,
- G 100 – sekance dolžine manjše od 100.

Glede na vsebnost vode avstrijski standard ÖNORM M7133 določa 5 razredov sekancev:

- W 20 – vsebnost vode manjša od 20 %,
- W 30 – vsebnost vode od 20 do 29 %
- W 35 – vsebnost vode od 30 do 34 %
- W 40 – vsebnost vode od 35 do 39 %
- W 50 – vsebnost vode od 40 do 49 %

Glede na gostoto avstrijski standard ÖNORM M7133 določa 3 razrede sekancev:

- S 160 – sekanci z gostoto pod 160 kg/nm^3 (jelka, smreka),
- S 200 - sekanci z gostoto vsaj 160 kg/nm^3 (bor, breza),
- S 250 - sekanci z gostoto vsaj 200 kg/nm^3 (hrast, bukev)

5 DELOVNE HIPOTEZE

1. Vsebnost vode v žagovini ter sekancih se spreminjala preko leta.
2. Sekanci bodo imeli večjo vsebnost vode kot žagovina.
3. Vsebnost vode po drevesnih vrstah bo različna skozi letne čase.

6 METODE DELA

6.1 OPIS POSKUSA

Cilj poskusa je bil ugotoviti vsebnost vode v žagovini ter sekancih glede na letno obdobje in kako se le - ta preko leta spreminja. V ta namen so v peletarni Enerles v Pivki kupili vlagomer, s pomočjo katerega smo sušili v poskus vzete vzorce lesa, z digitalno tehtnico pa ugotavljali njegovo maso pred in po sušenju. Žagovina je bila sestavljena iz več drevesnih vrst, medtem ko so bili lesni sekanci ločeni po drevesnih vrstah. S poskusom smo začeli 7.7.2011.

6.2 UPORABLJENI INSTRUMENTI V RAZISKAVI

Pri izvedbi meritev smo si pomagali z instrumenti, ki so nam omogočili in v veliki meri olajšali delo:

- vlagomer DFO – 80,
- digitalna tehtnica AND EK – 6000i,
- program za zapisovanje podatkov.

6.2.1 Vlagomer DFO – 80

Vlagomer DFO – 80 se uporablja predvsem v aplikacijah, ki potrebujejo hitro sušenje. Omogoča popolnoma homogeno temperaturo, distribucijo ter hiter dinamičen odziv. Uporablja se ga lahko, kot v našem primeru za sušenje, poleg tega pa se ga lahko uporablja za sterilizacijo, žarjenje, mehčanje. Notranjost je izdelana iz poliranega nerjavečega jekla ter policami z nastavitvami položaja. Ventilator omogoča kroženje zraka in prezračevanje komore (vlagomer DFO - 80, 2012).



Slika 3: Vlagomer DFO – 80

6.2.2 Digitalna tehtnica AND EK – 6000i

Za tehtanje vzorcev smo uporabili digitalno tehtnico AND EK – 6000i. Primerna je tako za laboratorije, kot za proizvodnjo. Opremljena je z LCD osvetlitvenim zaslonom za enostavno branje, tipkovnica pa je zaščitena pred prahom ali razlitjem. Popolna digitalna kalibracija omogoča enostavno kalibracijo ter izravnavo z nastavljivo stopnjo nog. Enote za tehtanje so jasno navede na zaslonu, da se zagotovi pravilna merska enota, poleg tega pa lahko uporabnik izbere način tehtanja. Odčitane meritve smo s pomočjo programa prenesli na računalnik (digitalna tehtnica AND EK – 6000i, 2012).



Slika 4: Digitalna tehtnica AND EK – 6000i

6.2.3 Program

Program, ki nam je bil v pomoč pri računanju vsebnosti vode v žagovini ali sekancih ter zapisovanje ostalih podatkov je bil posebej sestavljen v ta namen. Z ukazi v programu smo lahko zapisovali čas in datum prihoda kamiona z vzorcem, od kod prihaja, v primeru sekancev smo zapisovali drevesno vrsto, temperaturo s katero smo sušil vzorec ter vrsto materiala. Program je oblikovan tako, da je preko tehtnice, ki je bila povezana na računalnik, odčital začetno in končno maso ter iz tega pridobil vsebnost vode v vzorcu za posamezen material (sekanci, žagovina).

Št.	Čas	Material	Dobavitelj	Vozilo	Št.dobavnice	Analiza	Temper. pri analizi	Zaključeno
65/2011	5.9.2011 ob 00:00	1. žagovina (ris) 2. žagovina (mušič)					120,0 °C	
67/2011	6.9.2011 ob 00:00	1. sekanci (tomšič) 2. sekanci (naši n				1. sekanci - jelka 2. sekanci naši	120,0 °C	
66/2011	6.9.2011 ob 00:00	1. sekanci (bambič) 2. žagovina (mal				sekanci - jelka	120,0 °C	
68/2011	7.9.2011 ob 00:00	1. žagovina (ris) 2. žagovina (zavčan					120,0 °C	
69/2011	8.9.2011 ob 00:00	1. žagovina (ris) 2. sekanci (zavčan)				sekanci jelka	120,0 °C	
70/2011	9.9.2011 ob 00:00	1. žagovina (tomšič) 2. žagovina (st					120,0 °C	
72/2011	13.9.2011 ob 00:00	1. sekanci (zavčan) 2. sekanci (ris) 3				sekanci - smreka	120,0 °C	
71/2011	13.9.2011 ob 00:00	1. žagovina (ris) 2. žagovina (mabok				sekanci - bor	120,0 °C	
73/2011	14.9.2011 ob 00:00	1. žagovina (bambič) 2. sekanci (ban				sekanci - smreka	120,0 °C	
74/2011	15.9.2011 ob 00:00	1. žagovina (zavčan) 2. žagovina (h					120,0 °C	
75/2011	20.9.2011 ob 00:00	1. žagovina (stanič) 2. žagovina 3. :					120,0 °C	
76/2011	22.9.2011 ob 00:00	1. sekanci (zavčan) 2. žagovina (mal					120,0 °C	

Slika 5: Program za urejanje podatkov

6.3 METODE

Metoda, katero smo uporabljali za ugotavljanja vsebnosti vode v žagovini ter sekancih, je potekala nekoliko drugače, kot zgoraj omenjena metoda (glej poglavje 4.3.1). V našem primeru smo imeli krajši čas sušenja ter višjo temperaturo. Glavni namen naloge, je bil ugotoviti povprečno vsebnost vode skozi leto ter letne čase.

6.3.1 Odvzem vzorca ter merjenje mase materiala

S posameznega kamiona smo odvzeli po en vzorec na štirih straneh z globine okoli 30 cm, ter ga nepredušno zaprli v PVC vrečko. Vsak vzorec smo stehali na digitalni tehtnici (AND EK – 6000i). Lesni sekanci so imeli maso 750 g, žagovina pa 650 g. Za ugotavljanje vsebnosti vode smo vzorce postavili v vlagomer (DFO – 80) za 180 minut pri temperaturi 120 °C. Vse pridobljene podatke smo s pomočjo prej omenjenega programa prenesli na računalnik.

6.3.2. Merjenje vsebnosti vode v lesu

Vsebnost vode smo določili tako, da smo posamezen vzorec stehtali in ga raztresli na pladenj – skupaj smo merili po 4 vzorce hkrati. Po končanem postopku sušenja, smo vzorce še enkrat stehtali. Iz razlike smo tako dobili količino vode, ki jo je vzorec vseboval. Poseben računalniški program je maso prvega in drugega tehtanja preko tehtnice prenesel na računalnik ter s pomočjo formule izračunal vsebnost vode po obrazcu $w = ((m_w - m_o) / m_w) \times 100$.

Vsi vzeti vzorci ter izračun meritev vsebnosti vode so bili izvedeni v podjetju Enerles.

7 REZULTATI

7.1 PREGLED PODATKOV

Poskus smo začeli 7.7.2011 ter ga izvajali preko celega leta. V tem obdobju smo pobirali vzorce tako žagovine kot sekancev različnih dobaviteljev. Skupaj smo nabrali 527 vzorcev, od tega 391 vzorcev žagovine ter 136 vzorcev sekancev.

Največ vzorcev smo pridobili v poletnih mesecih, saj so takrat dospele največje količine prejetega materiala, bistveno večje kot v jesenskem in zimskem času. Razlog tega je v dejstvu, da posamezni dobavitelji v hladnejših mesecih potrebujejo material tudi za kurjavo.

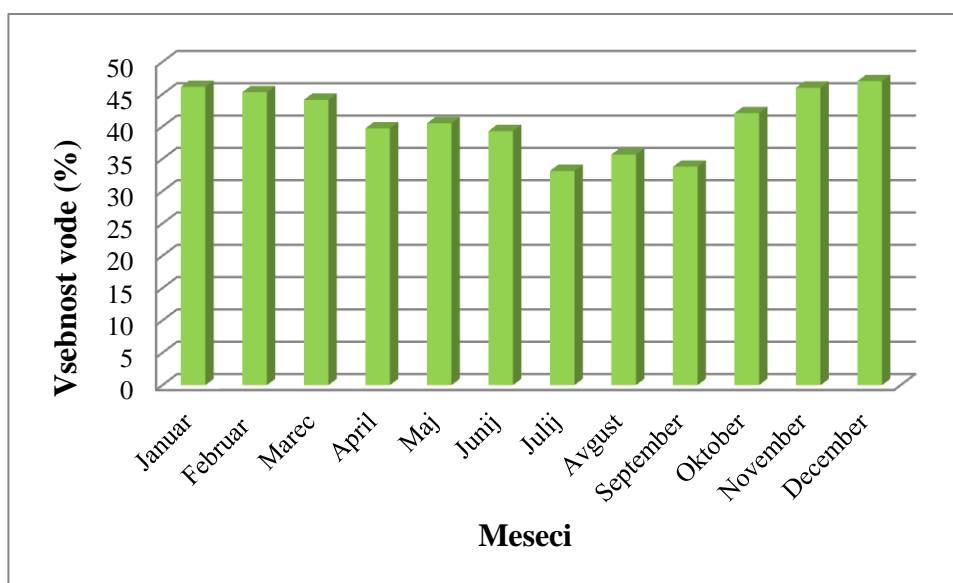
V poletnih mesecih smo zajeli 114, jeseni 93, v zimskem in pomladnem času pa 92 vzorcev žagovine. Vzorcev sekancev je bilo bistveno manj – vzrok je predvsem v manjšem številu dobaviteljev. Tako je bilo poleti 36, jeseni in pozimi 33, spomladi pa 34 vzorcev. Vzorci so se razlikovali tudi glede na drevesno vrsto. Poleti smo zajeli 18 vzorcev smreke, 16 vzorcev jelke ter 1 vzorec bora, jeseni 24 vzorcev smreke, 3 vzorce jelke ter 6 vzorcev bora, v zimskem času je bilo vzorcev smreke 26, jelke 6, spomladi pa smo pridobil 27 vzorcev smreke, 6 jelke ter 1 vzorec bora.

V diplomski nalogi smo analizirali podatke, tako pri sekancih kot pri žagovini po posameznih mesecih, letnih obdobjih ter glede na celotno leto s tem, da smo pri sekancih vzorce ločevali tudi po drevesnih vrstah. Namen takšne analize je bil ugotoviti, koliko se vsebnost vode razlikuje v krajšem obdobju ter ali je razlika med posameznimi letnimi obdobji različna.

7.2 PREGLED RAZLIČNIH ODVISNOSTI

7.2.1 Vsebnost vode v žagovini glede na mesece

V prvem trimesečju se vsebnost vode v žagovini ni bistveno spreminjala, saj je bila razlika samo 2 % - vsebnost vode je bila januarja 46,15 %, marca pa 44,14 %. V aprilu je bila razlika že nekoliko bolj opazna, saj se je vsebnost v primerjavi s prejšnjim mesecem zmanjšala za 5 %. Meseca maja ter junija je vsebnost vode predvsem zaradi obilnejših padavin v tem obdobju nekoliko narasla. Z naraščanjem temperature okolja se je postopoma zmanjševala tudi vsebnost vode. Tako se je od julija do vključno septembra gibala med 33 ter 35 %. Vsebnost vode se je v zadnji četrtini leta spet povečala. V primerjavi s septembrom se je oktobra povečala za dobrih 8 % (42,07 %) v decembru pa že za dobrih 13 % (47,04 %).



Slika 6: Vsebnost vode v žagovini glede na mesece

7.2.2 Vsebnost vode v žagovini glede na letne čase

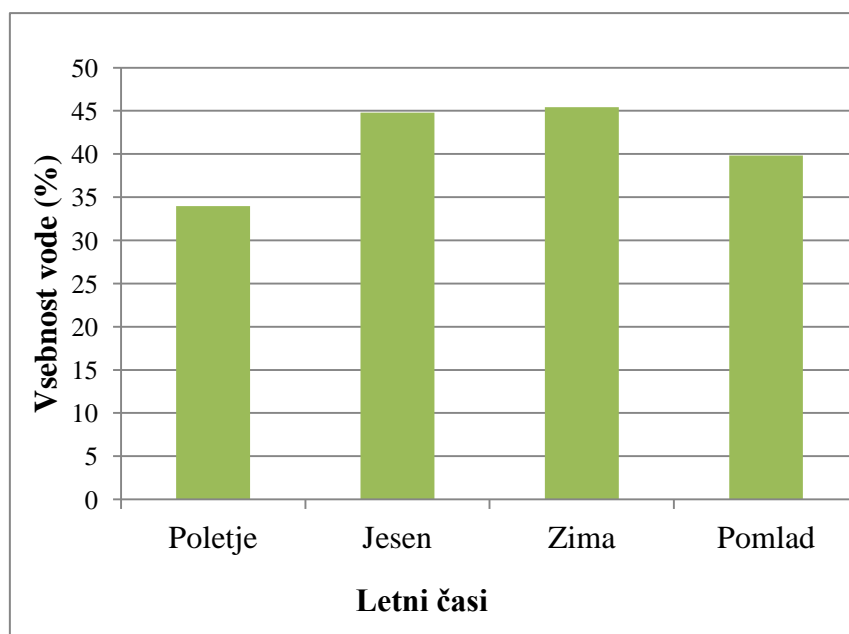
V letu 2011 je v Sloveniji skupaj povprečno padlo za 40 % manj padavin kot leto pred tem. Na postojnskem območju, od koder prihaja največ žagovine, je ravno poleti padlo največ padavin, temperatura zraka pa je bila med 18 in 20 °C (). Iz tega obdobja je zajetih tudi

največ vzorcev (114). Vsebnost vode je bila v tem obdobju 33,96 % in veliko odstopa od ostalih merjenih obdobj.

V jesenskem obdobju je največ dežja padlo v mesecu oktobru (210 mm), najmanj pa novembra, ki je bil obenem tudi najbolj suh mesec v letu. Temperature so se gibale med 3 in 9 °C (Izbrani podnebni ..., 2011), vsebnost vode pa je znašala 44,77 %.

V letu 2011 je bila zima zelo nenavadna – bilo je manj padavin kot ostala leta, pa tudi temperatura zraka je bila nekoliko višja od predhodnih let, saj se je gibala povprečno med 0 in 3°C. Snežna odeja se je zadrževala samo 20 dni, leto prej je trajala kar 76 dni (Izbrani podnebni ..., 2011). Vremenske razmere so bile z izjemo nekaj dni bolj kot ne zelo podobne jesenskim. Dokaz temu so tudi rezultati, saj je povprečna vsebnost vode v vzorcih znašala 45,42 %.

Pomlad 2012 je bila nenavadna, saj je bilo veliko temperaturnih nihanj v vseh treh mesecih. Povprečna temperatura je bila v primerjavi z zimsko nekoliko višja, posledica tega, pa je bila nižja vsebnost vode pozimi in jeseni, saj je znašala manj kot 40 % (39,80 %).

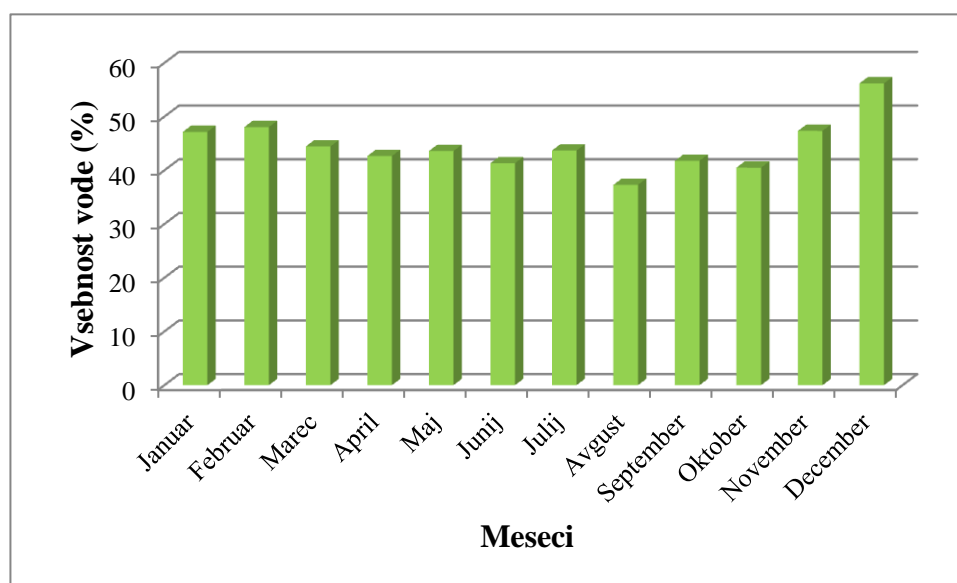


Slika 7: Vsebnost vode v žagovini glede na letne čase

7.2.3 Vsebnost vode v sekancih po drevesnih vrstah glede na mesece

SMREKA

Meseca januarja ter februarja je bila vsebnost vode med 47,16 % ter 48,06 %, kar je bilo za okoli 2 % več kot meseca marca. V aprilu ter naslednjih treh mesecih se je vsebnost gibala med najmanjšo 41,31 % v mesecu juniju ter najvišjo v mesecu juliju 43,68 %. Najmanjša vsebnost je bila v mesecu avgustu in sicer 37,3 %, naslednji mesec pa se je dvignila na 41,76 %. V zadnjem trimesečju je bila vsebnost vselej višja od 40 %, meseca decembra pa je bila kar 56,2 %, kar je tudi najvišja v celem letu pri smreki.

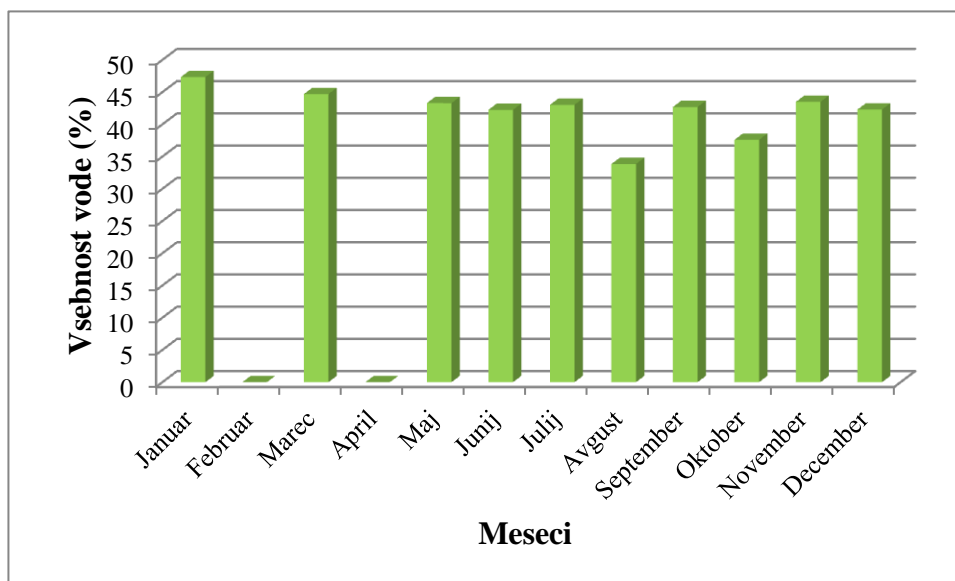


Slika 8: Vsebnost vode sekancev smreke glede na mesece

JELKA

Januarja je bila vsebnost vode podobna kot pri smreki in sicer 47,34 %. Naslednji mesec nismo zajeli nobenega vzorcev jelke, prav tako pa ne tudi meseca aprila, vmes je vlažnost znašala 44,7 % in se je v naslednjih mesecih postopoma zmanjševala. V maju, juniju ter juliju se je gibala med 42,25 % in 43,3 %. V mesecu avgustu je bila prav tako kot pri smreki vsebnost vode najnižja - 33,85 %. Septembra se je vsebnost vode občutno povišala

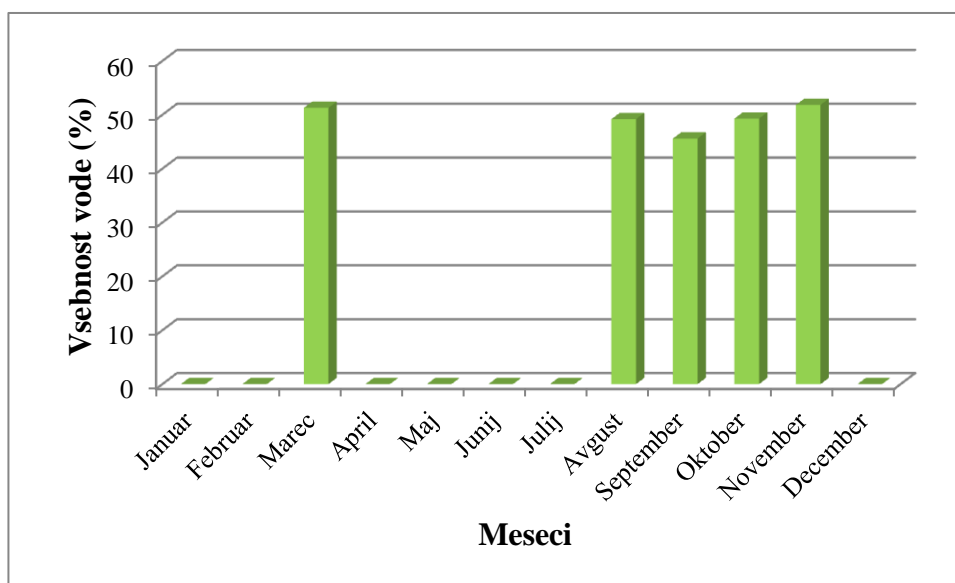
in sicer na 42,7 %, podobno je bilo tudi novembra in decembra, v oktobru pa je bila 37,6 %.



Slika 9: Vsebnost vode sekancev jelke glede na mesece

BOR

Izmed vseh treh drevesnih vrst smo imeli najmanj vzorcev bora, vendar pa je bila vsebnost pri vsakem vzorcu večja od 45 %. Marca in novembra je bila nekaj več kot 51 %, nekoliko manj (49 %) v avgustu in oktobru, najmanjša vsebnost vode pa je bila septembra in sicer 45,6 %. Razlog k temu je verjetno tudi to, da so vsi vzorci prišli v obdobju, ko je bilo na splošno večja vsebnost vode, poleg tega pa ima bor v primerjavi z ostalima dvema drevesnima vrstama (smreka, jelka), tudi zelo veliko gostoto lesa in s tem večjo količino vode.

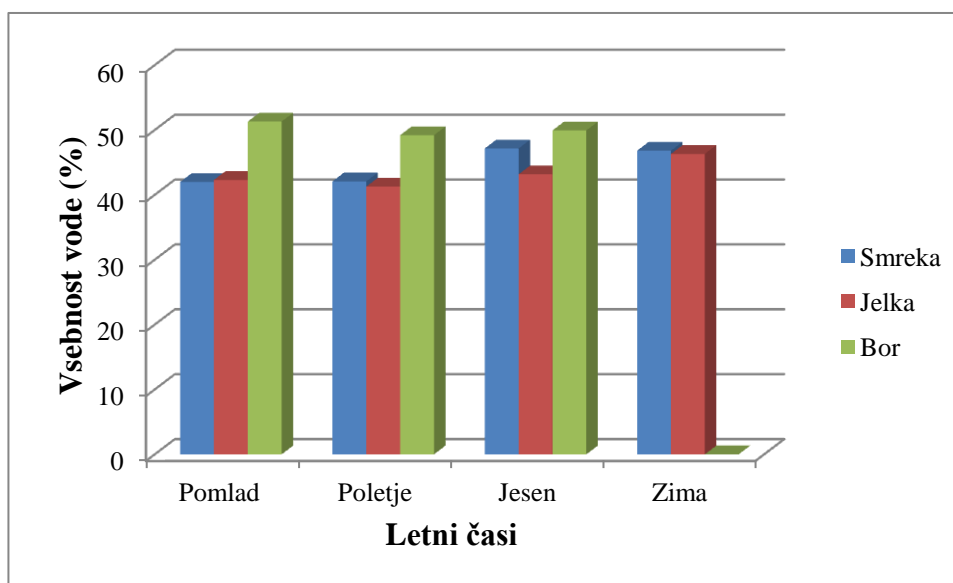


Slika 10: Vsebnost vode sekancev bora glede na mesece

7.2.4 Vsebnost vode sekancev glede na letne čase

Preko celotnega leta je imel bor najvišjo vsebnost vode. Najnižjo vsebnost vode je imel poleti (49,2 %), več jeseni 49,9 %, pozimi pa najvišjo (51,3 %).

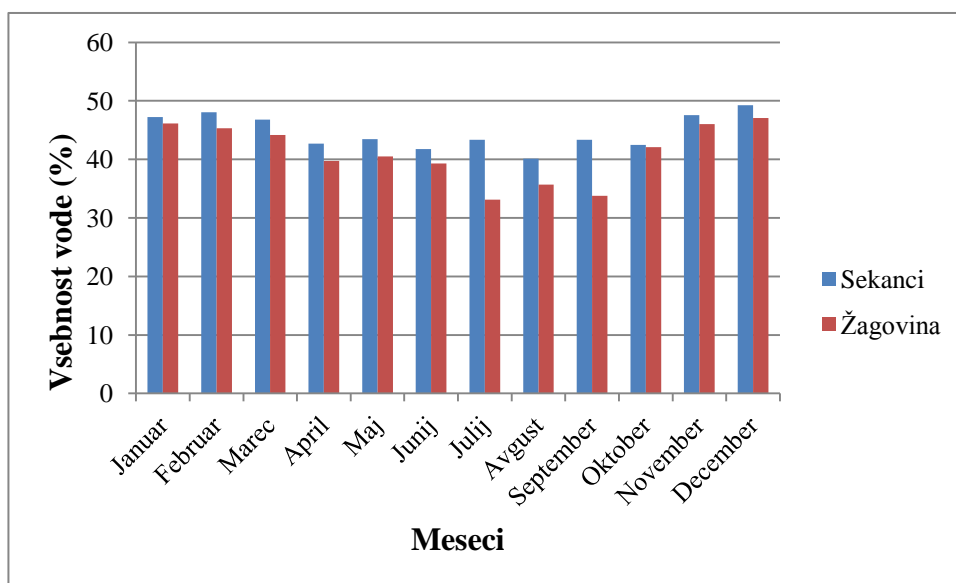
Smreka ter jelka se bistveno nista razlikovali skozi letne čase, nekoliko večja razlika je samo jeseni, ko je imela smreka 47,16 %, jelka pa 43,17 %. Obe drevesni vrsti sta imeli v pomladnih ter poletnih mesecih vsebnost vode okoli 42 % - jelka je imela spomladi 42,3 %, smreka pa 41,98 %, poleti pa je imela jelka 41,27 %, smreka pa 42,07 %. V zimskem času pa je bila vsebnost vode v obeh primerih nekoliko več kot 46 %.



Slika 11: Vsebnost vode sekancev glede na letne čase

7.2.5 Vsebnost vode med žagovino in sekanci glede na mesece

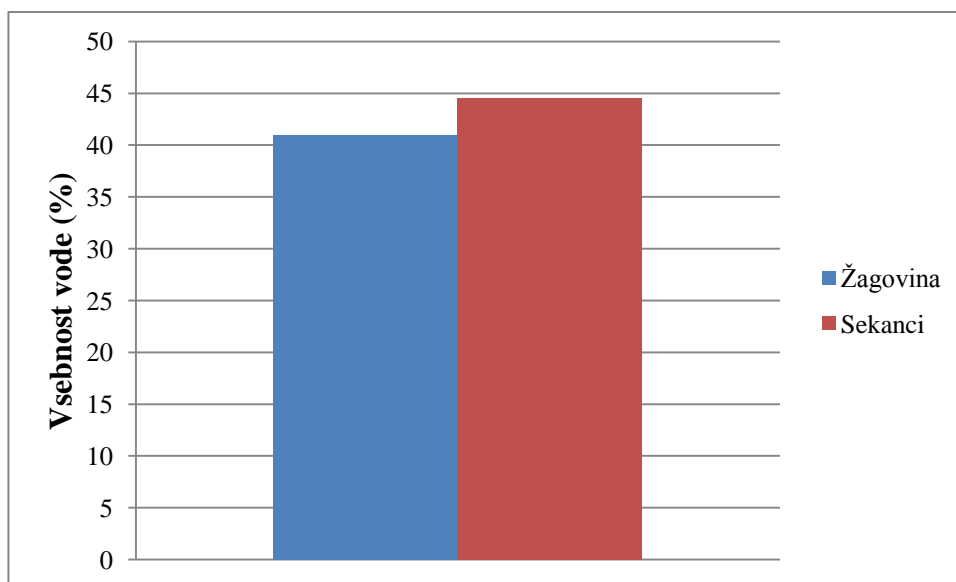
Prvi trije meseci so si po vsebnosti vode v sekancih in žagovini zelo podobni, saj je razlika le nekaj odstotkov. Pri sekancih je bila vsebnost v prvem mesecu 47,25 %, pri žagovini pa 46,15 %. Februarja se je pri sekancih povišala za nekaj več kot 1 %, medtem, ko je pri žagovini upadla za malo manj kot 1 %. Nekoliko višja vsebnost je bila še marca tako pri sekancih 46,81 % kot pri žagovini 44,14 %, nato pa je začela upadati. Od aprila do vključno oktobra se je pri sekancih vsebnost vode gibala od 40,12 % do 43,45 %, zadnja dva meseca pa se je ponovno tako kot v začetku leta dvignila na 47,56 % v novembru ter 49,25 % v decembru. Pri žagovini so april, maj in junij zelo podobni meseci, saj se razlikujejo za nekaj več kot 1 %. Podobno velja za naslednje tri mesece, vendar je tu vsebnost vode bistveno manjša in sicer je v juliju 33,14 %, v septembru nekoliko več, vendar manj kot v avgustu, ko je bila 35,67 %. V zadnjem trimesečju se je vsebnost iz 42,07 % v oktobru dvigovala do 47,04 % v decembru.



Slika 12: Vsebnost vode pri žagovini in sekancih glede na mesece

7.2.6 Vsebnost vode pri žagovini ter sekancih skozi celotno leto

Povprečna vsebnost, izračunana za celotno leto, je bila pri sekancih višja za dobre 3,5 %, in sicer je znašala 44,58 %, pri žagovini pa 40,99 %.



Slika 13: Primerjava povprečne vsebnosti vode med žagovino in sekanci skozi celotno leto

8 RAZPRAVA IN ZAKLJUČKI

Bistven cilj naloge je bil v prikazu razlik v vsebnosti vode glede na posamezne mesece, letna obdobja, drevesno vrsto tako pri sekancih kot pri žagovini. Vsebnost vode predstavlja velik problem tako pri kupcu kot prodajalcu, saj nihče noče kupovati niti prodajati vode, temveč les. Rezultati so pridobljeni zgolj v enem letu, zato lahko pri vprašanju vsebnosti vode predstavljajo zgolj orientacijo. Za večjo reprezentativnost bi bilo potrebno spremljati vsebnost vode več zaporednih let.

Pri prvi hipotezi smo predpostavili, da se bo vsebnost vode v žagovini ter sekancih bistveno spreminjala preko leta. Na podlagi rezultatov ankete lahko hipotezo zgolj delno potrdimo. Nekoliko večja odstopanja so samo pri žagovini in sicer za največ 13,9 %, medtem, ko je največja razlika pri sekancih 9,1 %. Pri sekancih ni velikih skokov v vsebnosti vode oziroma niso tako izraziti kot pri žagovini (v juniju 39,29 %, v juliju 33,14 %). K temu verjetno prispeva tudi struktura materiala, saj se žagovina hitreje suši kot sekanci.

Hipotezo, da bodo imeli sekanci večjo vsebnost vode kot žagovina lahko brez dvoma potrdimo. Sekanci so v večini primerov izdelani iz svežega lesa, zato je tudi vsebnost vode višja. Žagovina ima manjšo vsebnost vode, ker ni toliko časa izpostavljena vremenskim vplivom. V primeru, da je izpostavljena vremenu hitreje oddaja vodo, poleg tega pa je tudi v nekaterih primerih skladiščena v silosih, ki so zaprti oziroma pokriti in ni neposredno izpostavljena vremenskim vplivom. Kljub temu pa ni velikih razlik v vsebnosti vode z izjemo poletnih mesecev, kjer je razlika tudi 10 %.

V tretji hipotezi smo predpostavili, da bo vsebnost vode glede na drevesne vrste različna skozi letne čase. Rezultati so pokazali, da ima od vseh treh drevesnih vrst, ki pridejo v peletarno, največjo vsebnost vode bor. Vendar je treba upoštevati, da je bilo samo sedem vzorcev te drevesne vrste, kar je veliko manj od vzorcev smreke in jelke. V vseh vzorcih je bila kljub letnemu času vsebnost vode čez 49 %, to pa pripisujemo njegovi gostoti. Ostali dve drevesni vrsti sta si skozi posamezne letne čase zelo podobni, saj je bila razlika v vsebnosti vode med njima v treh obdobjih manjša kot 1 %. Izjema je samo jesen, kjer je

razlika med njima skoraj 4 % (3,99 %). Glede na rezultate bi to hipotezo lahko delno potrdili.

Pridobljenih rezultatov ne moremo smatrati za natančne, saj bi bilo potrebno večje število vzorcev, poleg tega pa tudi večletno merjenje. Vendar pa so sedanje meritve pokazale vsaj približek pravim vrednostim ter so lahko okvir za kakršne koli nadaljnje raziskave. V prihodnje bosta lahko tako kupec kot prodajalec okvirno vedela, kolikšna je vsebnost vode v sekancih ter žagovini, tako skozi mesece kot letna obdobja. Način plačila glede na čisto maso (atro teža) je najbolj primeren za oba, saj nihče noče kupovati oziroma prodajati vode.

Na vsebnost vode ne moremo neposredno vplivati, lahko pa jo zmanjšamo. V ta namen obstaja več možnosti: sekance oziroma žagovino lahko skladiščimo v zaprtem in pokritem prostoru ali pa kup na odprtem zaščitimo s ponjavo. Vendar pa je potrebno ob lepem vremenu le-to odstraniti, predvsem zaradi vlage, ki se nabira v zgornjih plasteh.

Nekatera podjetja se zavedajo vpliva vlažnosti in surovino ustrezno shranjujejo, medtem ko nekatera tega ne počno. V zadnjih letih se v Evropi odpira vedno več logističnih in trgovskih centrov, ki se ukvarjajo tudi s svetovanjem glede skladiščenja, obenem pa tudi prodajajo lesna goriva po zajamčeni kakovosti. Nanjo ima vsebnost vode v lesu pomemben vpliv.

9 VIRI

Butala V., Turk J. 1998. Lesna biomasa - neizkoriščen domači vir energije.

FEMOPET Slovenija, Univerza v Ljubljani, Fakulteta za strojništvo. Ljubljana: 20 str.

Čebul T., Kranjc N. 2011. Proizvodnja lesnih sekancev v Sloveniji. Gozdarstvo, : priloga
tednika Kmečki glas: 13.

Digitalna tehtnica AND EK – 6000i. 2012. A&D Company, Limited. Higashi-Ikebukuro,
Toshima-ku. Tokyo, Japan: 4 str.

<http://balance.balances.com/scales/769/> (avgust 2012)

Dolenšek M., Golob A., Medved M., Pogačnik N., Šumenjak M. 1999. Energija iz lesne
biomase. (Kmetovalčev priročnik). Slovenj Gradec: 28 str.

Kaker D. 2009. Tehnološke značilnosti izdelave lesnih kuriv: diplomsko delo. (Univerza v
Ljubljani, BF. Oddelek za lesarstvo). Ljubljana, samozaložba: 89 str.

Kopše I., Krajnc N. 2005. Ogrevanje z lesom. Ljubljana, Zavod za gozdove Slovenije,
Agencija za učinkovito rabo in obnovljive vire energije, Gozdarski inštitut Slovenije:
37 str.

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

Krajnc N. 2005. Standardi na področju trdih biogoriv. Bilten učinkovito z energijo, 6: str.
2

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.

Kaj so lesni peleti, številke, podatki, dejstva. 2012

http://www.peleti.com/index.asp?pg_nr=2337&lang=sl (september 2012)

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

http://ssu.acs.si/datoteke/TEMA%20MESECA/MAREC/4-LES_LASTNOSTI.pdf
(september 2012)

Lesna biomasa in oblike lesnega goriva. 2006

http://www.biomasa.zgs.gov.si/index.php?p=les_oblike (september 2012)

Lesna biomasa, vpliv vlage na energijsko vrednost lesa. 2006

http://www.biomasa.zgs.gov.si/index.php?p=izracunaj_vlaga (avgust 2012)

Peleti: ogrevanje prihodnosti – se imenujejo peleti. 2008

<http://www.instalater.si/clanek/36/Peleti> (september 2012).

Pastre O. 2002. Analysis of the technical obstacles related to the production and utilisation of fuel pellets made from agricultural residues: 107 str.

<http://www.pelletcentre.info/resources/1093.pdf> (avgust, 2012)

Pogačnik N., Krajnc R. 2000. Potenciali lesne biomase uporabne v energijske namene.

<http://www.biomasa.zgs.gov.si/files/Literatura/potencialLB2.pdf?PHPSESSID=687176d98412de2bf4dc9fef6526fb17> (avgust, 2012)

Spruk J. 2006. Pridobivanje in sušenje polen: diplomska naloga. (Univerza v Ljubljani, BF. Oddelek za gozdarstvo in obnovljive gozdne vire). Ljubljana, samozaložba: 69 str.

Izbrani podnebni elementi po meteoroloških postajah, Slovenija, 2011 - končni podatki. 2011. Ljubljana, Statistični urad RS.

https://www.stat.si/novica_prikazi.aspx?id=4710 (junij, 2012)

Tihec S. 2009. Vse skrivnosti pelet.

<http://varcevanje-energije.si/kotli-na-pelete/vse-skrivnosti-pelet.html> (september 2012)

Vlagomer DFO – 80. 2012. Holon, MRC International: 30 str.

[http://www.mrclab.com/Media/Uploads/MRC-CAT-32-low\(2\).pdf](http://www.mrclab.com/Media/Uploads/MRC-CAT-32-low(2).pdf) (avgust 2012)

ZAHVALA

Za vse napotke in pomoč pri pripravi in urejanju diplomske naloge se iskreno zahvaljujem mentorju prof. dr. Juriju Marenčetu.

Za sodelovanje in omogočitev meritev se zahvaljujem g. Petru Ježu ter g. Aleksandru Česniku.

Zahvaljujem se tudi svoji družini, prijateljem in vsem, ki so mi pomagali pri pisanju diplomske naloge in me podpirali v času celega študija.