

Marek Matsalu

BIOKÜTUSED JA NENDE KASUTUS VÄIKEKATELDES

LÕPUTÖÖ

Arhitektuuri ja keskkonnatehnika teaduskond

Tehnoökoloogia eriala

Sisukord

Lühendite loetelu.....	4
Sissejuhatus	5
1. Biomassist ja biokütustest lähemalt	6
1.1. Biomassid kütusena	7
1.1.1. Märgalade biomass.....	7
1.1.2. Rohtne biomass	8
1.1.3. Puitkütus.....	10
2. Biokütuste põletustehnoloogiad.....	15
2.1. Põletustehnoloogiate üldkirjeldus.....	17
2.2. Väikekatlad	20
2.3. Puidukütuse keemiline koostis ja kütteväärtus	24
2.4. Pilliroo keemiline koostis ja kütteväärtus.....	27
3. Biomassist Eestis ja Euroopas	30
3.1. Biomassist Eestis	30
3.2. Biomassist Euroopa Liidus	31
4. Biomass - keskkonna säästlikkus vs hinna sääst.....	32
Kokkuvõte	37
Summary	39
Viidatud allikad	41
Lisa 1. Koondandmed puitkütuse varude ja toodangu kohta koos energiasisaldusega.....	46
Lisa 2. Metsatööstuse kõrvaltoodangu energiatootmiseks kasutamise võimalused.....	49
Lisa 3. Puidu hinnad ilma käibemaksuta suuremate ettevõtete lõpplaohindade alusel.....	51
Lisa 4. OÜ Lihula Soojus ja intervjuu härra Tõnu Teesaarega.....	52

LÜHENDITE LOETELU

MW	megavatt,	Q_a^k	kuivaine	alumine
GW	gigavatt,	kütteväärtus,		
TW	teravatt,	Q_a^p	põlevaine	alumine
h	tund,	kütteväärtus,		
jne	ja nii edasi,	E^t	kuupmeetri	tarbimisaine
v.a.	välja arvatud,	energiasisaldus ($MW \cdot h/m^3$),		
mln	miljon,	A^k	tuhas kuivaines,	
tm	tihumeeter,	S^k	väävlisisaldus kuivaines,	
ha	hektar,	N^k	lämmastikuisaldus	
a.	aasta,	kuivaines,		
t	tonn,	Cl^k	kloorisisaldus kuivaines,	
u	umbes,	GJ	gigadžaul,	
ca	circa [tsirka] (ld) umbes,	KR	kavandatav raieaht,	
ligikaudu,		HR	hinnanguline raieaht,	
KLR	kokkuleppeline raieaht,	OÜ	osaühing,	
toe	naftaekvivalent,	AS	aktsiaselts,	
rm	ruumimeeter,	KP	küttepuit,	
PJ	petadžaul, $10^{15} J = 1 PJ$	RJ	raiejäätmed,	
(petaJ),		PTJ	puidutööstusejäätmed,	
W^t	niiskussisaldus	PPB	puidugraanulid e. pelletid ja	
tarbimisaines,		puidubrikett,		
TAK	Q_a^t , tarbimisaine	PS	puusüsi,	
kütteväärtus,	alumine	VP	võsapuit,	
TÜK	tarbimisaine	EM	energiavõsa ja –mets,	
kütteväärtus,	ülemine	ELJ	ehitus- ja lammutusjäätmed,	
vs	versus ld vastu, vastakuti,	ML	must leelis,	
		EL	Euroopa Liit.	

SISSEJUHATUS

Tänapäeva energeetika üheks perspektiivsemaks suunaks peetakse taastuvenergiaallikate kasutamist. Kuigi inimkond on kasutanud taastuvenergiaallikaid (tuuleenergia, biomassi energia, hüdroenergia) juba aastatuhandeid, on see erilise tähelepanu alla võetud viimase aastakümnnendi jooksul [1]. Materjalide ja teenuste hinnad on kerkunud ja kerkivad jätkuvalt ning taastuvate energiaallikate kasutamises nähakse päästerõngast tuleviku jaoks. 2004 – 2007 toimunud majandusbuum lõi soodsa pinna uute eramute, korterelamute ja teiste ehitiste rajamiseks, see omakorda tagas elanike sotsiaalse ja majandusliku heaolutunde [3]. Majanduskasvu ja elukvaliteediparandamisega suurenes ka energia tarbimine. Buumi ajal kasvas energiatootmine 17 % ja seda enamuses Eestis kaevandatava primaarenergiaallika (põlevkivi) arvelt. Looduslike ressursside osas tuleb arvesse võtta nii keskkonnakaitselisi piiranguid kui ka ühiskonna kasvavat vajadust loodusvarade, kui ressursside järele [2].

Taastuvenergia kasutamine ei ole kaugeltki mitte ainult majanduslik probleem, vaid leidub kattuvaid sotsiaalseid aspekte, mis ulatuvad üksikisiku vajadusest kuni tsivilisatsiooni püsima jäämiseni. Eestis on taastuvenergia ja sotsiaalprobleemide seos väga oluline, kus järsud sotsiaalmajanduslikud muutused toovad kaasa töötust ja ühiskonna meelepaha.

Käesoleva lõputöö eesmärgiks on vaadelda ja analüüsida põhjuseid, miks ei ole biokütuste ja väikekatelde kasutamine Eestis laialdaselt levinud. Töö koosneb neljast peatükist. Esimese osa moodustab üldine ülevaade biomassist ja biokütustest. Teises osas käsitletakse biomassi energeetilisi omadusi ja põletustehnoloogiate valikuvõimalusi. Kolmandas osas on tähelepanu keskmes biomassi kasutus Eestis. Võrdlusena tuuakse välja biomassi olukordi Euroopast. Viimases peatükis antakse ülevaade biomassi küttega katlamajade keskkonnamõjudest, emissiooni heitmetest lähtuvalt ja kõrgema kasuteguri lahendite leidmisest.

Lõputöö põhineb eesti-, inglise- ja saksa keelsel kirjandusel, kasutatud on taastuvenergiaallikate konverentsi kogumikke, artikleid, õigusakte, uurimustöid ja interneti viiteid.

1. BIOMASSIST JA BIOKÜTUSTEST LÄHEMALT

Aastatuhandeid on inimkond kasutanud üht perspektiivikamat taastuenergiaallikat - puitu. Energeetikas ja eriti meedias on pidevalt kuulda, et on avastatud uut tehnoloogiat ja uusi lahendeid. Tegelikult see „uus” ehk unustatud vana, on olnud meie kõrval ja meie ümber kogu aeg, lihtsalt nüüd on see tuntuks saanud uue terminoloogiaga – biomass, biokütus, puitkütus.

Eestis on tuntuks saanud mõiste biomass, üldtuntud energeetiline tooraine. Üldises tähenduses võib biomassi nimetada ka biotsünoosiks, mis tähendab „elutingimustelt enam-vähem ühtlast ala ehk biotoopi asustav roheliste taimede, seente mikroobide ja loomade elukooslust. Biotsünoos on ökosüsteemi elus osa” [6]. Energeetikas teatakse biomassi kui biomassist saadud tahket kütust (biomass-basedfuels) ja biokütust kui biomassist saadavat vedelkütust. Peale selle on ka biogaas, mida saadakse orgaaniliste jäätmete kääritamise teel, kuid antud töös seda ei käsitleta. Peeter Muiste ja Ülo Kask on kõige paremini defineerinud biokütust, kui: „bioloogilist (biogeenset) päritolu ja organismide elutegevuse tagajärjel tekkinud ning taastuvuse piires otseselt kütusena kasutatav või kütuseks töödeldud (vääristatud) tahket, vedelat või gaasilist ainet” [1]. Biomassi loetakse üldiselt taastuvaks.

Taastuvuse määrab tarbimise ja juurdekasvu suhe, mitte biomassi kasvukiirus ja sellega võime väita, et biokütus (biomass) ei ole sünonüümiks terminile „taastuvkütus” (renewablefuel). Üheks näiteks võib siinkohal tuua turba: olgugi, et tegu on taastuva ressursiga, on tema rotatsiooniperiood väga pikk ja seega peetakse seda pigem fossiilsete kütuste hulka kuuluvaks mitte biokütuseks (v.a. Soomes). [1]

Biokütust (biomassi) kui energiaressursi saab liigitada näiteks oma päritolu järgi [1]:

- taimsed,
- loomsed,
- orgaanilised jäätmed ja heitmed,

ja taastumiskiiruse järgi [7]:

- aeglaselt taastuvad kütused – turvas,
- mõõdukalt taastuvad kütused – puittaimed,
- kiirelt taastuvad kütused – kõrstaimed (orgaanilised jäätmed).

Vaatamata keerulisele ja kallile tehnoloogiale, kõnelevad biokütuste kasuks mitmedki argumendid. Esiteks on biomassi kasutamine kasulik keskkonnale CO₂ näitajate poolest - biomassi kasutades on CO₂ näitajad neutraalsed ja sellest tingituna ka vabastatud CO₂ maksudest. Teiseks on tegemist põhiliselt kodumaise taastuva ressursiga, mistõttu vähendaks sõltuvust energiakandjate impordist ja suurendaks ka riigi varustuskindlust. Kolmandaks pakuvad taastuvenergia tehnoloogiad Euroopas märkimisväärsed ärivõimalusi, arvestades et EU-27¹ sektoris tõuseb keskmiselt energia tarbimine umbes 2 %, Eestis ajavahemikul 2010 - 2011 oli see protsent aga 2,1 [11]. Neljandaks on biomass paljudes tööstustes tootmisjääk ning selle kasutamine lahendaks nii jäätmete utiliseerimise kui ka energiavarustuse probleemid antud tööstusele. Vastavalt ENMAK² 2030/2050 töögrupi poolt tehtud uuringule energiakandjate ja energia muundamiseks kasutatavate ressursside vallas, on koostatud pingerida ja kalkuleeritud mahud, kui palju tekib aastas (prognoos põhineb 2011 ja varasematel andmetel, kasutatud on eelkõige mitteavalikke teadusinfo andmebaase) tehnilis-majanduslikult kasutatavaid ressursse. Valdavalt puidutööstusest tekkivatest jäätmetest tekib vaba energeetilist ressursi 2,23 mln tm/a [12] (Lisa 2). Ja viiendaks tooks välja vastutuse tulevaste põlvete ees, mis me jätame endast maha. Inimkonna arengule on vajalik luua sellised tingimused, mis tagavad puhta looduse ja elukeskkonna säilimise. Säästvat arengut ei saa rajada pikas perspektiivis lõplikele loodusressurssidele. [9]

1.1. Biomassid kütusena

1.1.1. Märgalade biomass

Märgalasid on hinnatud üheks kõige väärtuslikumas ja samas enim ohustatuks ökosüsteemiks maailmas - tegemist ei ole mitte ainult lindude ja loomade elupaigaga, vaid neil on ka oluline roll vee säilitajana, puhastajana, süsihappegaasi sidujana ja energeetilise toorme allikana. Et säilitada märgalade, niitude ja roostike olemasolevat taimekooslust, on vaja inimtegevuse pidevat sekkumist taimestiku kasvuprotsessi, ilma milleta olemasolev taimekooslus asenduks peatselt kadastikega. Eestis on vastavalt ENMAK 2030/2050 kohaselt ligi 49 tuhat ha märgalasid (Tabel 1), kus kasvab piisavalt energeetilise kütuse toorainet. Suurimad neist asuvad Peipsi järves, Võrtsjärves, Matsalus (Kasari jõe deltas) ja Väikeses Väinas. [15] Eestis, nii mandril kui saartel, on rohkelt maa-alasid, mis on alatiselt liigniisked või vähemalt osa aastast veega kattunud. Ainuüksi Saaremaal on umbes 12 tuhat ha märgalasid. [13] Kõige levinuimaks taimeks märgaladel on pilliroog - *Phragmites australis* - mis on ühtlasi ka kõige levinum ja laialdasemalt kasutatav veetaim maailmas.

¹EL-27 (1. jaanuar 2007 kuni 30. juuni 2013): EL-25 liikmesriiki + Bulgaaria ja Rumeenia

²Eesti energiamajanduse pikaajaline arengukava aastani 2030, visiooniga aastani 2050

Teiseks oluliseks taimeks on hundinui – *Typhalatifolia* - mille laialdast levikut soodustab tema kasvule soodsad tingimused ja paljunemise lihtsus (domineerib seal, kus on vee sügavus üle 150 mm). [15]

49 tuhandest ha'st tuleb maha arvestada kaitsealused alad ja alad, kus ei ole majanduslikult otstarbekas lõigata. Peale selle võivad suuri kadusid põhjustada hankeprotsessid ise. Märgalataimestik on biomassi koguse poolest nimetamisväärne, keskmiselt loetakse märgalade saagiks 1,5 t/ha, mis teeb ~2,0 kg/m² kuivainet aastas (primaarenergia sisaldusega 3,8-5,2 MW·h). Kui toitaineid lisada võib saagikus ulatuda 4-5 kg/m². Koguselt on selline aastane hektarisaak võrdne ~6-7 t kütteõliga. Märgala hektar seob kuni 130 tonni CO₂. Neid andmeid arvesse võttes, on Eesti märgalad suutelised siduma 6,37 mln tonni CO₂, millest ainuüksi 1,56 mln tonni seovad Saaremaa märgalad [13], [12].

1.1.2. Rohtne biomass

Poollooduslike rohumaid on Eestis kokku 130 tuhat ha [14] ja tüüpide lõikes on hinnanguline kuivaine keskmine saagikus hektari kohta lamminiidul 5,7 t/ha, pärisaruniidul 2,6 t/ha ja puisniidul 1,7 t/ha. Keskmine energiasisaldus hektari kohta on lamminiidul 105 GJ/ha (29 MW·h/ha), pärisaruniidul 49 GJ/ha (14 MW·h/ha) ja puisniidul 31 GJ/ha (9 MW·h/ha) [14].

Tabel 1

Rohtse biomassi teoreetiline suurus maakondade lõikes 2007. a. (ha) [12].

Maakond	Lamminiit	Puisniit	Pärisaruniit	Kokku
Harjumaa	636	328	2441	3405
Hiiumaa	0	197	486	683
Ida-Virumaa	658	72	520	1250
Jõgevamaa	1820	46	207	2073
Järvamaa	383	90	1044	1517
Läänemaa	4750	2250	3940	10940
Lääne-Virumaa	360	409	2171	2940
Põlvamaa	1234	64	133	1431
Pärnumaa	656	1473	2718	4847
Raplamaa	835	602	1678	3115
Saaremaa	48	2298	3243	5589
Tartumaa	3204	9	219	3432
Valgamaa	2117	76	906	3099
Viljandimaa	1732	70	187	1989
Võrumaa	1566	16	1107	2689
Kokku	20000	8000	21000	49000

Võttes aluseks poollooduslike rohumaa tüüpide keskmised energiasisaldused hektari kohta ja pindalad, saame teoreetiliselt määrata kogu soojushulga maakondade ja tüüpide lõikes ning Eestis tervikuna (Tabel 2). Siinkohal toob autor välja, et tabelites olevad andmed on esitatud 2012.a. seisuga.

Tabel 2

Poollooduslike rohumaaade teoreetiline energiahulk maakondade lõikes Eestis 2007. a. (GJ) [14]

Maakond	Lamminiit	Puisniit	Pärisaruniit	Kokku
Harjumaa	66585	10045	118965	195595
Hiiumaa	0	6033	23705	29738
Ida-Virumaa	68852	2217	25324	96393
Jõgevamaa	190459	1403	10086	201948
Järvamaa	40057	2750	50869	93676
Läänemaa	497156	68884	191994	758034
Lääne-Virumaa	37714	12514	105788	156016
Põlvamaa	129164	1964	6478	137606
Pärnumaa	68701	45090	132437	246228
Raplamaa	87444	18434	81789	187667
Saaremaa	5064	70343	158056	233463
Tartumaa	335342	281	10674	346297
Valgamaa	221596	2329	44170	268095
Viljandimaa	181237	2132	9129	192498
Võrumaa	163854	477	53961	218292
Kokku	2093225	244896	1023425	3361546

Tabel 2 olevate andmete põhjal on poollooduslike rohumaaade teoreetiline energiapotentsiaal 3,36 mln GJ, mis on ligikaudu 933,8 GWh. Antud energia kogusega oleks võimalik ära katta 2 % 2010 (aastal 2010 saavutas Eesti elektrienergia toodang 2007 aasta majanduskriisi eelse taseme) aasta primaarenergia kogu tarbimisvajadusest. [14]

Kogu rohtse biomassi saagikus on ligikaudu 182 tuhat tonni toorainet aastas. Saagikust ei ole võimalik agrotehniliste võtetega suurendada ja tuleb meelespidada, et saagikus on aastati erinev. Kõige hilisemad andmed ja tuleviku prognoos on toodud välja **Error! Not a valid bookmark self-reference..** Energeetiline potentsiaal jääb sõltuvaks saagikusest ja rohtse biomassi omadustest. Poollooduslikud rohumaad etendavad olulist rolli Eesti kultuuri- ja maastikupildi esteetiliste väärtuste ja loodusliku mitmekesisuse säilitamisel.

Tabel 3

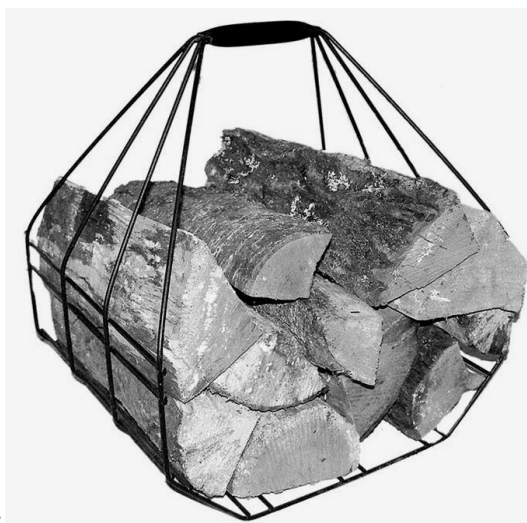
Energia muundamiseks kasutatavad ressursid GWh[2]

Energiakandja	2011	2020	2030	2040	2050
Hüdro	33	34	36	37	38
Jäätmed	146	795	786	777	770
Rohtne biomass	75	248	387	624	914
Biogaas	32	1 550	2 630	3 240	3 708
Tuul maismaal	460	1 016	1 270	3 303	4 573
Tuul avamerel	0	942	5 839	5 839	5 839
Puit	8 770	12 311	12 311	12 311	12 311
Päike (PV + päikesekollektor)	1	15 036	25 179	35 269	45 359
Turvas	1 264	1 264	1 184	2 184	3 184
Põlevkivi	46 667	46 667	46 667	46 667	46 667
Kokku fossiilseid	47 931	47 931	47 850	48 850	49 850
Kokku taastuvad	9 518	31 932	48 437	61 400	73 513
Kokku	57 448	79 862	96 287	110 250	123 363

1.1.3. Puitkütus

Puitkütus, mis on puidust saadav või lähtuv kütus, võib liigitada: halupuiduks (

Joonis 1), hakkpuiduks (Joonis 2), puitbriketiks (Joonis 3), puitgraanuliteks (Joonis 4), puusöeks ja puugaasiks. Enim kasutatud terminit "küttepuit" all, mõistetakse väärandamata puitkütust - halupuitu.



Joonis 1. Halupuit - tarbepuiduks sobimatutest tüvedest või sihilikult nende osadest saetud ja lõhutud kindlate mõõtmetega halud [17]



Joonis 2. Hakkpuit - spetsiaalse hakkuriga sobimatutest tüvedest, laasitud tüvedest, raie- või puidutöötlemisjäätmest peenestatud kütteaine (keskmine suurus 25...40 mm) [17]

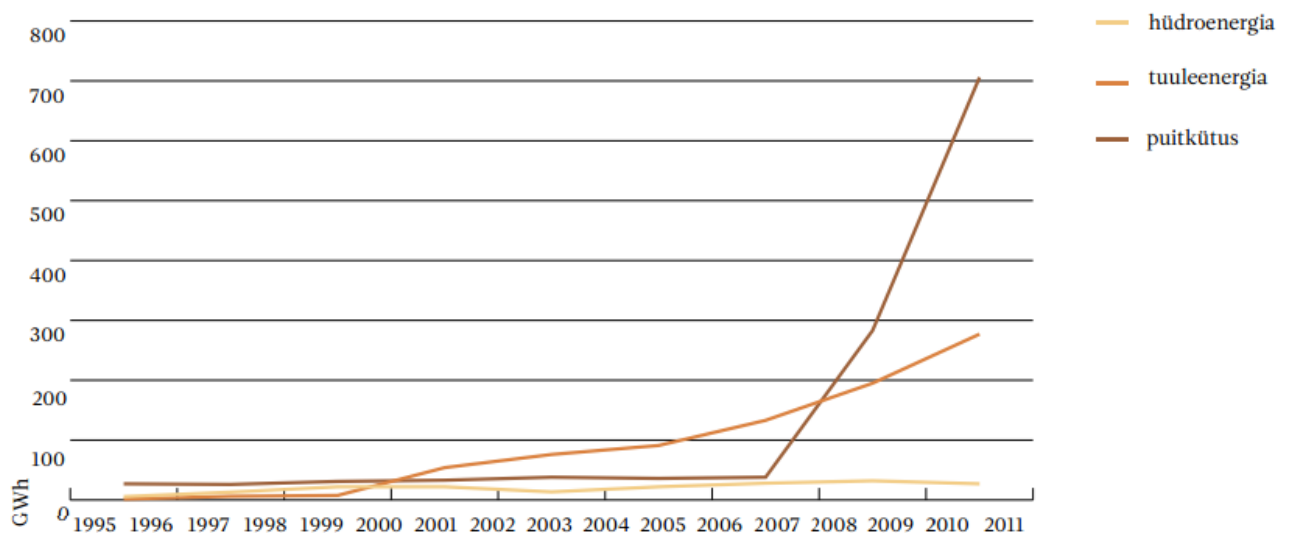


Joonis 3. Puitbrikett - peenestatud ja kuivatatud tootmisjäätmest valmistatud kõrge rõhu all. [17]



Joonis 4. Puitgraanulid ehk puitpelletid - kuivatatud ja peenestatud puidujäätmest pressitud peened (sõrmejämmed) pulgad või kuubid [17]

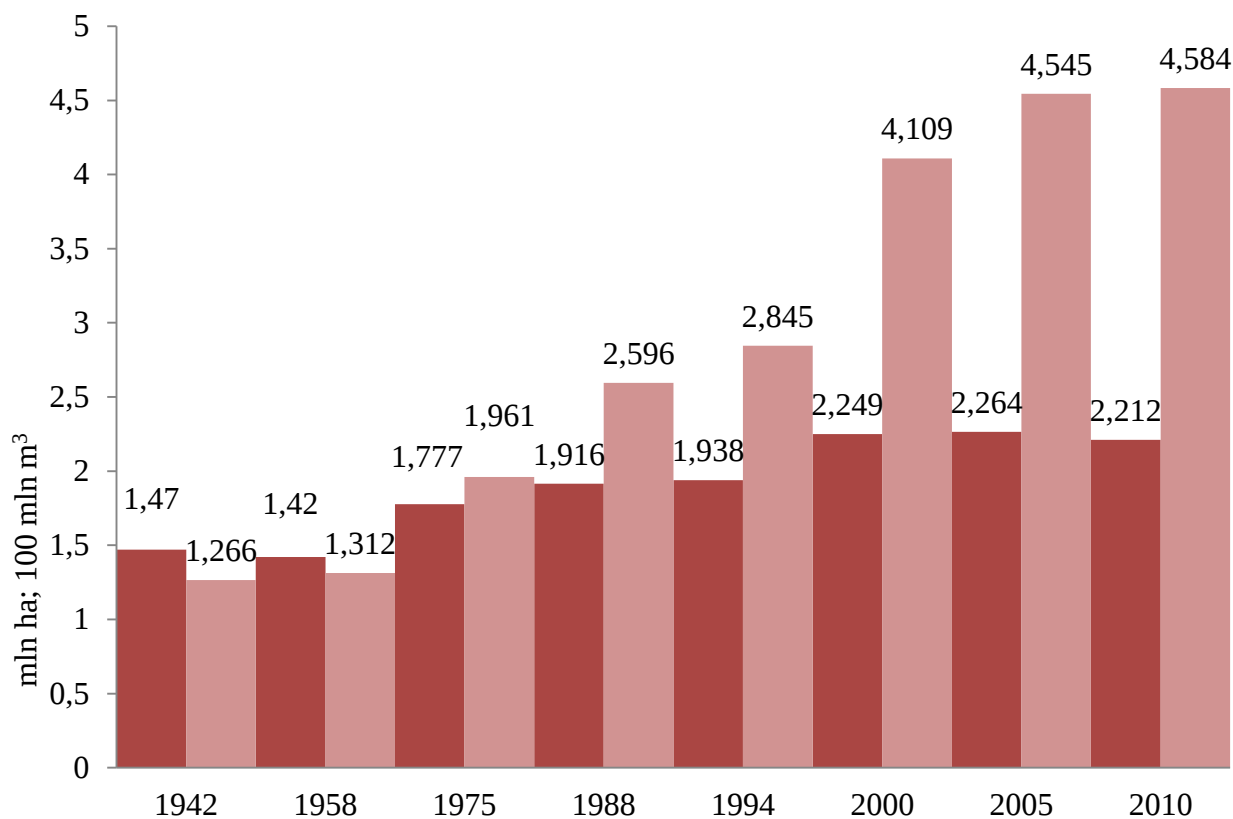
Üha enam pööratakse tähelepanu kvaliteetsele ning samas mõistlikule hinnatasandile vastavale energiaallikale. Viimase aja malli järgi (alates 2007 aastast) on puitkütused kõige enam levinud energiaallikad majapidamistes (Joonis 5). [32] Peale selle, et halupuud on soodsamad kütused, omavad nad ka loodussõbralikku väärtust. Halupuudega kütmisel tuleb arvestada mitmete teguritega nagu puidu kütteväärtus, niiskusesisaldus, puuliik, küttematerjali säästlik kasutamine ning küttekolle/katel.



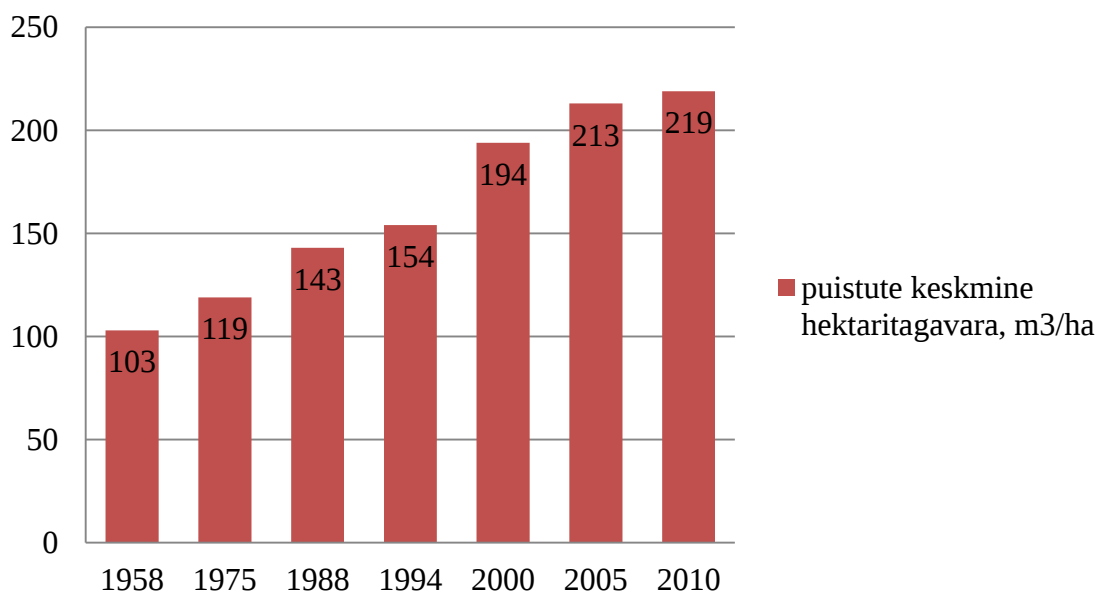
Joonis 5. Elektrienergia tootmine taastuvatest allikatest aastail 2002–2010 [32]

Metsa hüvede mitmekülgst, ulatuslikkust ja tähtsust inimkonnale on tunnistanud mitmed rahvusvahelised foorumid (Rio de Janeiro 1992.a, ÜRO keskkonna- ja arengukonverents - UNCED, metsadeklaratsioon). Seal esitatud printsiipe võib lugeda esimesteks üle maailma tunnustatud metsade säästva majandamise ja kaitse põhimõteteks. Euroopas tuntuimaks Rio jätkutegevuste protsessiks on MCPFE - Ministerial Conference on the Protection of Forests in Europe. Eesti on vastavalt sellele dokumendile kiitnud heaks 1997 aastast Eesti metsapoliitika, kus kajastuvad rahvusvahelised kohustuste täitmise püüdlused. Eesti rõhutab oma metsapoliitikas nii metsade suurt looduslikku ökoloogilist väärtust kui ka metsandussektori tulunduslikku materiaalset ja sotsiaalsete hüvede potentsiaali. Oluliseks punktiks on välja toodud, et metsast saadav puit on üha kasvava tähtsusega taastuvenergia-allikas. [32]

Eesti metsade pindala on viimase 50 aasta jooksul oluliselt suurenenud (Joonis 6 ja Joonis 7). Metsamaa hõlmab Eesti pindalast 2,2 mln ha, kui Peipsi järve pindala mitte arvestada, on metsamaa osakaal 50,6 % Eestist.



Joonis 6. Metsade pindala ja tagavara muutus [32]



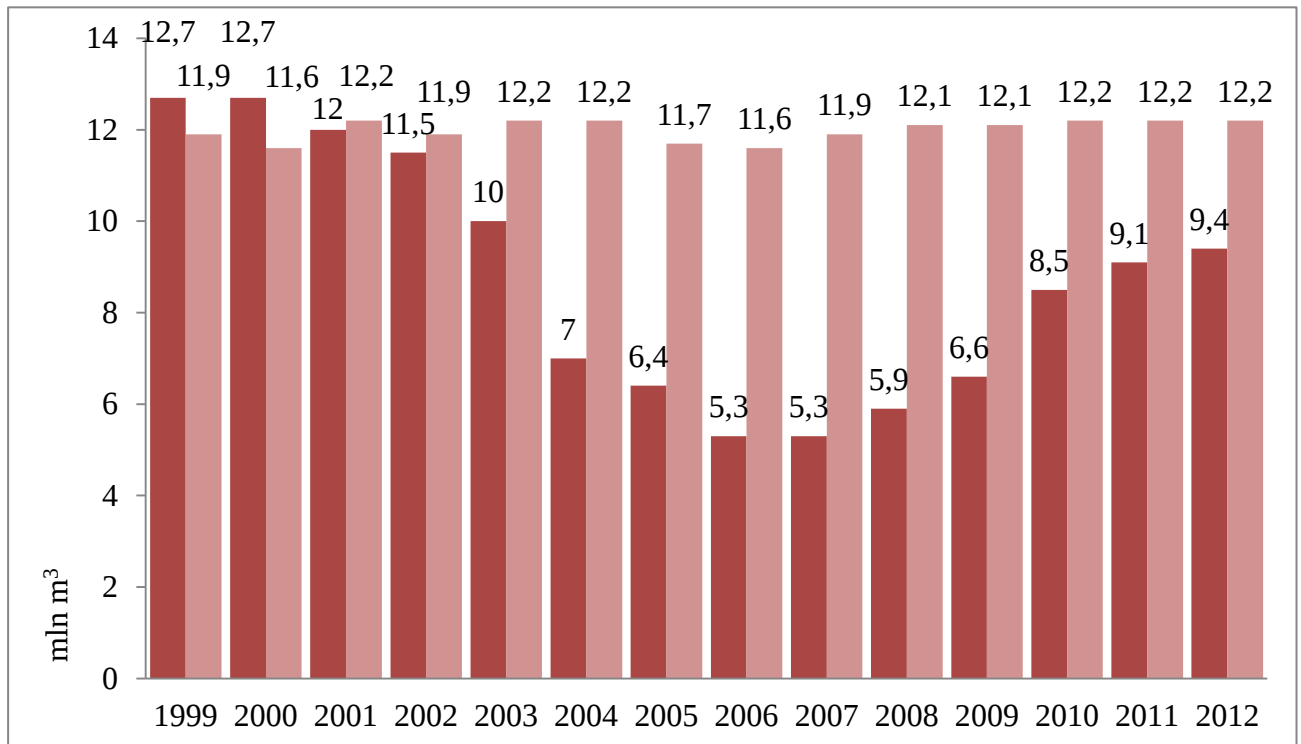
Joonis 7. Puistute keskmise hektaritagavara muutus (m³/ha) [32]

Eesti metsanduse arengukavas aastani 2010 esitati kümnendi optimaalseks raiemahuks 12,6 mln m³ aastas ja metsanduse arengukavas aastani 2020 on see 12 - 15 mln m³ aastas.

Oluliseks puitkütuste kasutamise edendamisel on metsamajanduse jätkusuutlikkus. Kui metsa raiutakse rohkem kui seda juurde kasvab, peetakse seda ohuks metsadega seotud elurikkusele ja puittoorainega varustatuse jätkusuutlikkusele. Raiemahtu mõjutavad mitmed tegurid:

- puistute struktuur (raieküpsete puistute olemasolu),
- kättesaadavus (ilmastik, maastik),
- välised faktorid (puiduturg, töötlemistehnoloogia).

Eesti metsamajanduse optimaalsest raie mahust oli täidetud 2012 aastaks 75 % (Joonis 8), 2007 oli see kõigest 44 %. Nende andmete järgi on näha, kuidas ilmastik (2005.a jaanuaritorm), konfliktid (2007.a aprillirahutus) ja tehnoloogia (põletustehnoloogia areng) mõjutavad raie mahtu.



Joonis 8. Raie maht ja juurdekasv aastail 1999–2008 (mln m³) [32]

2. BIOKÜTUSTE PÕLETUSTEHNOLOOGIAD

Biomassi põletusseadmeid on hinnatud juba aastaid tehnilise arengu tulemusena konkurentsivõimeliseks teiste detsentraliseeritud energiavarustuse variantidega võrreldes. Oma varustuskindluse aspektist on taastuvate energiaressursside potentsiaal Euroopa Liidus tähelepanuväärne. Tuleb luua võimalused muutusteks ühiskonna majandus- ja sotsiaalsüsteemides, mis on rajatud traditsioonilistele energiaallikatele (süsi, nafta ja maagaas). [22]

Bioküttesüsteemide valik on antud hetkel märkimisväärne. Turule on tulnud eri liiki küttesüsteeme, eri võimsusega ja erinevatele kütustele. Sellest tulenevalt tekib küsimus, miks biokütustel toimivad lahendused rohkem levinud ei ole. Küttesüsteemi valik sõltub eelkõige võimalustest ja millises seisundis on maja, korterelamu või väiksem asum. Hoone soojusega varustamiseks on mitmeid võimalusi. Kõige ökoloogilisemate kütteviiside väljaselgitamisel tuleb jälgida nii hinda kui mõju looduskeskkonnale. Kui võrrelda eri küttekiikide megavatt-tunni (MWh) hinda, siis kõige odavamad on puitkütused ja gaas. Küll aga ei kajastu siin investeeringud kütteseadmetesse. Investeeringute suurused on küttekiikide kaupa erinevad, näiteks kaugkütte puhul sisalduvad need juba soojuse hindades, puitkütuste, lokaalse gaasikütte ja maasoojuspumpade puhul aga võivad kütteseadmesse tehtavad investeeringud tõsta MWh hinna kahekordseks, eri küttekiikide hinnavahe aga võib olla kuni kolme kordne. Mõningad hinnapäited eramu kütmisel. Kui võtta 180 m² maja, mille ööpäevane soojatarbevee vajadus on 200 l (küttevõimsus 11 kW, keskmine küttekulu 27 434 W/h aastas, küttekulu tarbeveele 3395 kWh aastas, kokku 30 829 kWh) saame eri küttekiikide kaupa välja tuua aastased maksumused (Tabel 4).

Mida väiksem on maja, seda otstarbekam on kasutada elektrikütet, sest investeering seadmesse on väike ja hoolduskulud jäävad normi piiridesse. Kui tegu on vanemate hoonetega ja plaanitakse renoveerimist, siis mõjutab suuresti see, milline küttesüsteem oli hoones eelnevalt. Seejärel tuleks veenduda, kas tegu on töökindla süsteemiga. Tuleb kaaluda kas toasoe oleks sõltuv elektrikatkestustest, sest täisautomatiseeritud katlamajad vajavad elektrit. Sellisel juhul oleks otstarbekas rajada lisakütteallikas. Jälgima peab hoonete parameetreid, kui suure kasuteguriga peab antud katel/kolle olema, et eramut/korterelamut või väiksemat hoonete kompleksi ära kütta või elektriga varustada.

Tabel 4

Kütuste hinnavõrdlus [41]

Kütus	Kogus	Ühiku hind	Hind eurot
Halupuit** tavakatlagaga	26,69	45 €/m ³	1201,05
Kivisüsi	6,21	182 €/t	1130,22
Halupuit** puugaasikatlagaga	21,98	45 €/m ³	989,1
Puitbrikett	7,61 t	157 €/t	1194,77
Pellet	7,14 t	175 €/t	1249,5
Kütteõli	2850 l	0,969 €/l	2761,65
Gaas*	3565	0,6 €/m ³	2139
Maasoojuspump	10276	0,125 €/kWh	1284,5
Elekter	30829 kWh	0,125 €/kWh	3853,63

* Gaasi hind sõltub võrguteenuse pakkujast. ** Halupuude hind sõltub pakkujast.

Iga põletustehnoloogia jaoks on välja kujunenud oma kindel võimsuste intervall, mille juures oleks selle kasutamine nii majanduslikult kui tehniliselt kõige otstarbekam. Kõige tüüpilisemaid lahendusi kuni 5 MW võimsusega kateldel on restkolle. Antud töö eesmärgiks on võtta vaatluse alla väikeseadmed ja nende kasutusele võtmine eramutel ja suurematel hoonetel (Tabel 5). Väikekatlaks loetakse eelkõige kütteks ja sooja tarbevee valmistamiseks ette nähtud kuni 300 kW väljundvõimsusega katelt. Nõuded väikekateldele on:

- odavus,
- töökindlus,
- teatud juhul universaalsus kütuse kasutusel,
- ökonoomsus eksploatatsioonil.

Tabel 5

Katelde jagunemine vastavalt kasutusvaldkonnale [22]

Katelde kasutusala	Tüüpilised võimsused
Üheperemajade katlad	15 - 40 kW
Suurte hoonete katlad	40 - 400 kW
Kaugkütte katlamajade katlad	0,4 - 20 MW
Tööstuskatlad	1 - 80 MW
Olmejäätmete põletamise katlad	10 - 30 MW

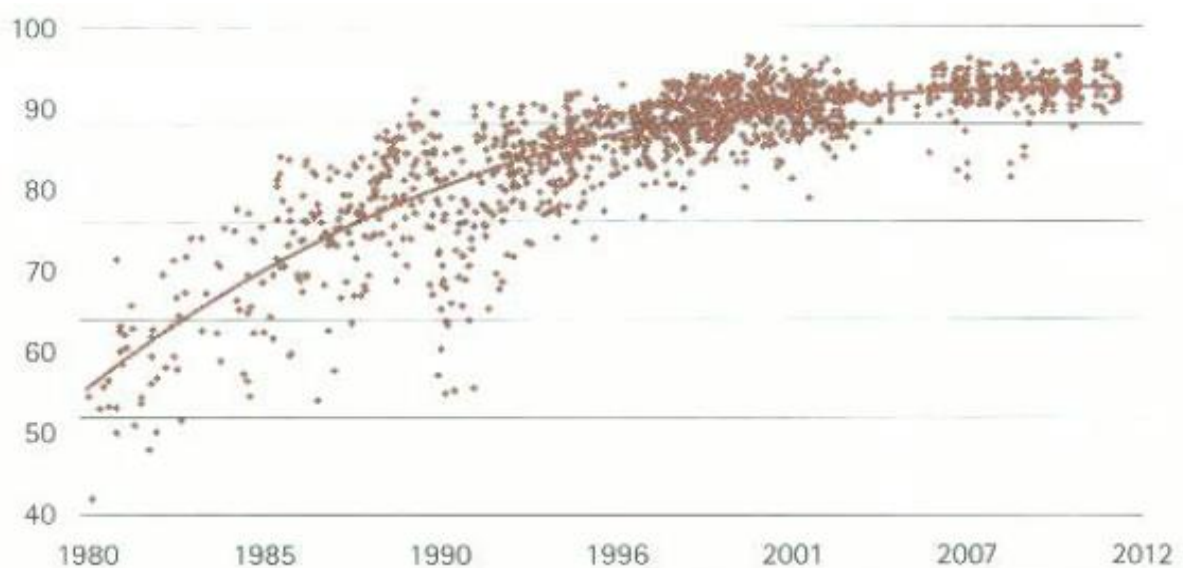
Lokaalkatlamaja on laialdaselt levinud soojusvarustamise viis. See põhineb hoone katlamajal, kuid vahest köetakse sama katlagaga mitut hoonet. Kasutatavad kütused olenevad katlast - gaasiline, vedel

või tahke. Kunagise laialt levinud kütuse, kivisöe kasutus on pidevalt vähenenud ja on saamas harulduseks.

Küttekatalaid saab liigitada:

- kondensatsioonikatalad,
- madaltemperatuurilised küttekatalad,
- standardsed küttekatalad.

Kondensatsioonikateldes kasutatakse ära ka suitsugaasides eralduv veeaurude varjatud kondenseerumissoojus. Katla aastaseks kasuteguriks loetakse 109 %. Madaltemperatuuriline katel on katel, mida kasutatakse katla tagastuva vee temperatuuril 35-40 °C, ei vaja segamissõlmi ning investeeringud süsteemi väljaehitamiseks on väikesed - kasutegur ~95 %. Standardse küttekatla keskmist kasutustemperatuuri on võimalik piirata küttesüsteemi ehituslike lahendustega nagu segamissõlmede lisamine, kuid tegemist on täiendava kuluga. Viimane katel täidab aga energiakasutuse miimumnõudeid ja aastaseks kasuteguriks on 65-85 %. [23] Biomassikatelde kasuteguri areng on olnud alates 1980ndatest märkimisväärne, alustades 40 % juurest on jõutud 90 % piirile ja kondensatsioon tehnoloogiate puhul tuuakse kirjanduses välja, et võrdluses alumise kütteväärtuse suhtes, on kasutegur ületanud 100 % piiri. Arengu kõverat saab näha Joonis 9.



Joonis 9. Biomassikatelde kasuteguri kõver (%) [30]

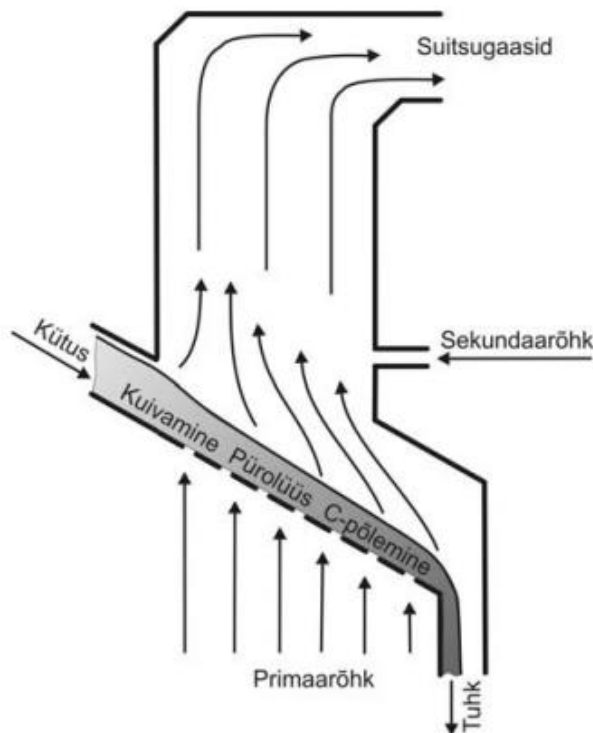
2.1. Põletustehnoloogiate üldkirjeldus

Kõige enim levinumad põletustehnoloogiad väikeste ja keskmiste võimsuste diapsoonis on restkolded. Üha enam kasutatakse automaatse kütuse etteandega seadmeid, kuid kasutuselt ei kao nii pea käsitsi teenindatavad kolded. Enamjaolt jagunevad restkolded järgmiselt [22]:

- liikumatu rest,
- mehaaniline kaldrest,
- kettrest,
- spetsiaalrestid eriomadustega kütuse põletamiseks.

Liikumatu restiga kolletes on restid paigutatud nurga all, mis tagaks kütuse varisemise mööda resti kuivamistsoonist allapoole kuni süsiniku põlemise tsoonini (Joonis 10). Resti kalle loetakse võrdseks kasutatava kütuse varisemisnurgaga. Kõige enam kasutatavate kütuste varisemisnurgad on:

- varbadest kaldrest õhukuiva tükkturba, saepuru ja laastude põletamiseks: $32 - 36^\circ$;
- trepprest saepuru põletamiseks: $38 - 40^\circ$;
- trepprest tükktribale: 30°

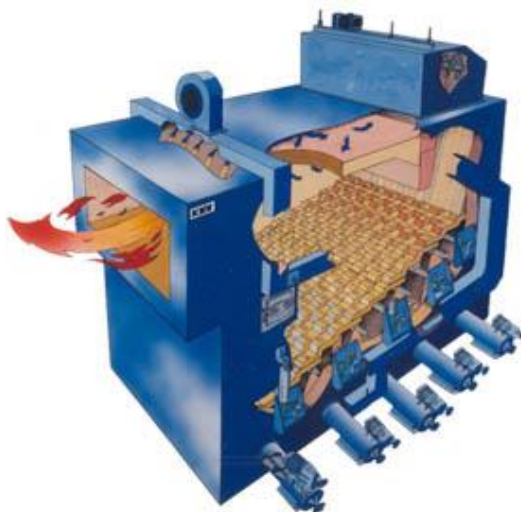


Joonis 10. Liikumatu restiga kolle [22]

Varbadest kaldrest koosneb kütuse liikumise suunas paiknevatest restielementidest e varbadest, trepprest aga risti kütuse liikumissuunaga paiknevatest astmetest. Trepprest sobib hästi saepuru ja niiske kütuse põletamiseks. [22]

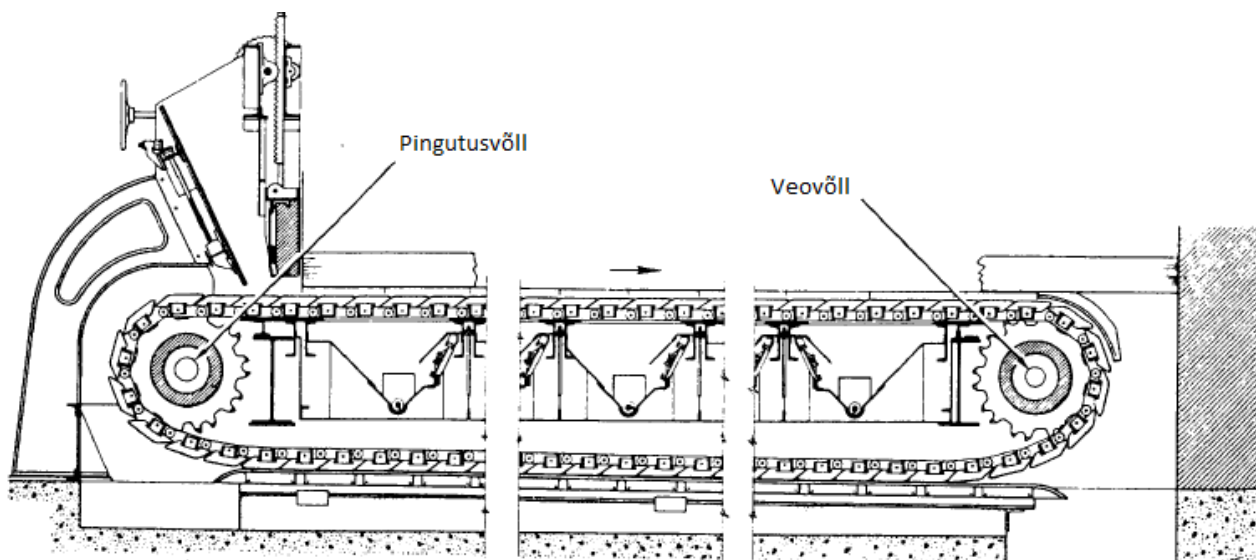
Mehaanilise restiga kolded võimaldavad paremini kontrollida edasiliikumist, segada kihiti ja ühtlustada restil oleva kütusekihi paksust, saavutades nii efektiivsema põlemise ning vähendades

kahjulike heitmete kogust suitsugaasides. Kasutusel on nii kombineeritud (liikumatu ja liikuv restielemendid, (Joonis 11) kui ainult liikuvate elementidega koldeid. [22]



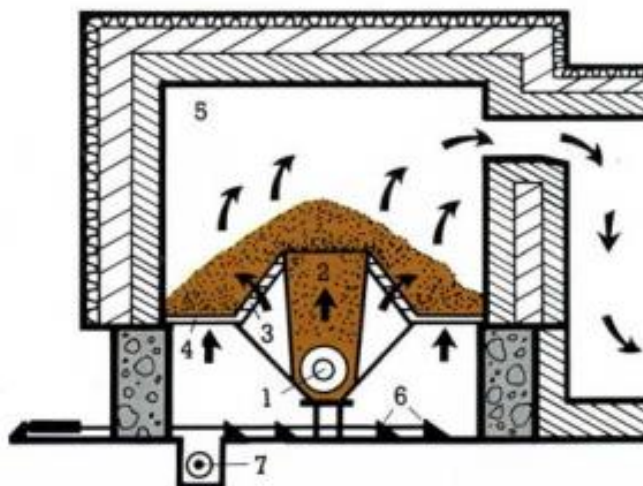
Joonis 11. Malekorras liigutavate restielementidega kolle TRF, Rootsi firma KMW Energi AB [24]

Kettrestid (Joonis 12) on mõeldud suurtele võimsustele (50 - 70 MW) eri kütuste põletamiseks. Harilikult on põhikütuseks hakkpuit, kuid lisaks kasutatakse ka turvast ja kivisütt. Kettresti suurimaks plussiks on võimekus muuta resti liikumise kiirust, see muudab küttesüsteemi vägagi paindlikuks kütuse suhtes.



Joonis 12. Kettrest [25]

Lisaks ühepoolse kaldega kaldrestidele on kasutusel ka koonilise kujuga kaldreste (Joonis 13), millele kütus antakse kas tigusoõtjaga alt või raskusjõu mõjul ülalt.



Joonis 13. Altsöötmisega koonilise restiga eelkolle; 1 – tigusöötja; 2 – kütuse lehter; 3 – kaldrest; 4 – horisontaalne rest; 5 – kolderuum; 6 – tuhakraap; 7 – tigutransportöör tuha eemaldamiseks [22]

Mehaaniline kooniline restkolle aga koosneb kontsentrilistest ringidest ja korrustest, kus paigalseisvad ja pöörlevad korrused vahelduvad ning iga pöörlev resti korrus liigub eri suunas, üks vastu- ja teine päripäeva. Selline resti liikumine tagab eriti ühtlase kütusekihi kogu ümbermõõdu ja resti pinna ulatuses. Oma toite saab kooniline restkolle kätte tigusöötjaga, mis toimetatakse resti keskossa, kust see hakkab mööda koonuse pinda allapoole langema. Antud kolle võimaldab nii madala kui ka kõrge niiskusega kütuse põletamist (kuni 65 % niiskus tase). Selle põletamise tehnoloogia kõrgeks efektiivsuse ja heitmete minimaalse taseme võtmeks loetakse õhu otstarbeka jaotamise ja reguleerimise süsteemi, mis sisaldab endas reguleeritava kiirusega õhu ventilaatoreid. Täiendavalt kasutab see tehnoloogia ära reguleeritavat suitsugaaside retsirkulatsiooni, mis võimaldab reguleerida kütusekihi soojuseraldust ja tagab puhta põlemise madala NO_x ja CO emissiooni taseme väga laias kütuste diapsoonis. Suurimaks koonusresti välisläbimõõduks on 9,5 m võimsusega 20 MW ja väikseimaks 4,15 m, võimsusega 3,5 MW. [22]

2.2. Väikekatlad

Soome - Rootsi katlatootja Thermia toodab keskküttekatalaid ja Stokker põleteid hakkpuidu ja puidugraanulitega kütmiseks. Valmistatakse katlaid eramajale (Arimax 340), korrusmajale (Arimax 360; 380), koolimajale, tootmishoonele või asulale (Arimax BIO). [27] Eesti tootjate seas (OÜ Rapla Metall) on nii tahkekütusekatlad LUK - 300 (Joonis 15). Kütuse valik: halupuud, puitbrikett, turbabrikett, kivisüsi, hakkepuit, pelletid, õli, saepuru, turvas, vili ja viljajäägid. „Pelle“ (Joonis 14) – OÜ Viljandi Metalli keskküttekatel (nimivõimsusega 20 kW ja kütuseks kerge kütteõli, gaas ja puitpelletid) ja välismaised hakkpuidu- ja pelletikatlad - Marina CS 130 - 2000 kW (Joonis 16) ja hakkpuidu-, saepuru- ja pelletikatel Marina CSA 130 - 2000 kW.



Joonis 14. OÜ Viljandi Metalli, Tallinna Soojustehnika Instituudi ja SB Keskkütteseadmed AS poolt välja töötatud keskküttekatel „Pelle“ [39]



Joonis 15. Universaalne teraskatel LUK 300 (tootjaks OÜ Rapla Metall) [27]



Joonis 16. Marina CS, mudelid CS 130-2000 kW [27]

Antud seadmed sobivad hästi eramute, korrusmajade kui ka sotsiaal- ja tootmishoonete kütmiseks. Üheks oluliseks kriteeriumiks katlamajadele, mille võimsus jääb alla 1000 kW on see, et kütuse niiskus ei ületaks 35 - 40 %. Liigniiskus põhjustab suuremat kütuse kulu ja katla pindade kiiret saastumist - puhastus ja hooldus kulude kasvu. Näiteks kui halupuidu niiskustase on tavapäraselt 20 %-lt kasvanud 50 %-le, kasvab kütuse tarbimine üle kahe korra. [28] Marina CS ja CSA puhul on tegemist väga kaasaegsete kateldeg. Nende suitsugaasi CO (vingugaasi) sisaldus nii 50 % kui 100 % koormusel on alla 0,2 %. Neile on võimalik tellida automaatika elemente (nt automaatne tuhaärasti, suitsuimuriga multitsüklon ja modulleeriva põletijuhtimisega juhtkilp), kui need sinna juba ei kuulunud. Antud biomassi kasutavad katlad on varustatud malmipesaga biokütusepõleti, kolde peegelduspaneelide, turbulisaatorite, tigukonveieri, vahepunkri, põlemisõhuventilaatori, tagasipõlemiskaitsme ja juhtkilbiga ning omavad laia lisavarustuse valikut. [28]

Antud katelde kasutamise näideteks võib tuua Piusa Külustuskeskuse (Marina CS 60 + päikesepaneelid; kasutatav kütus: teravili, viljajäätmed) ja Ämari Lennubaas (Joonis 17; hakkpuidu- ja pelletikatel Marina CS 400 + CS 650). [27]

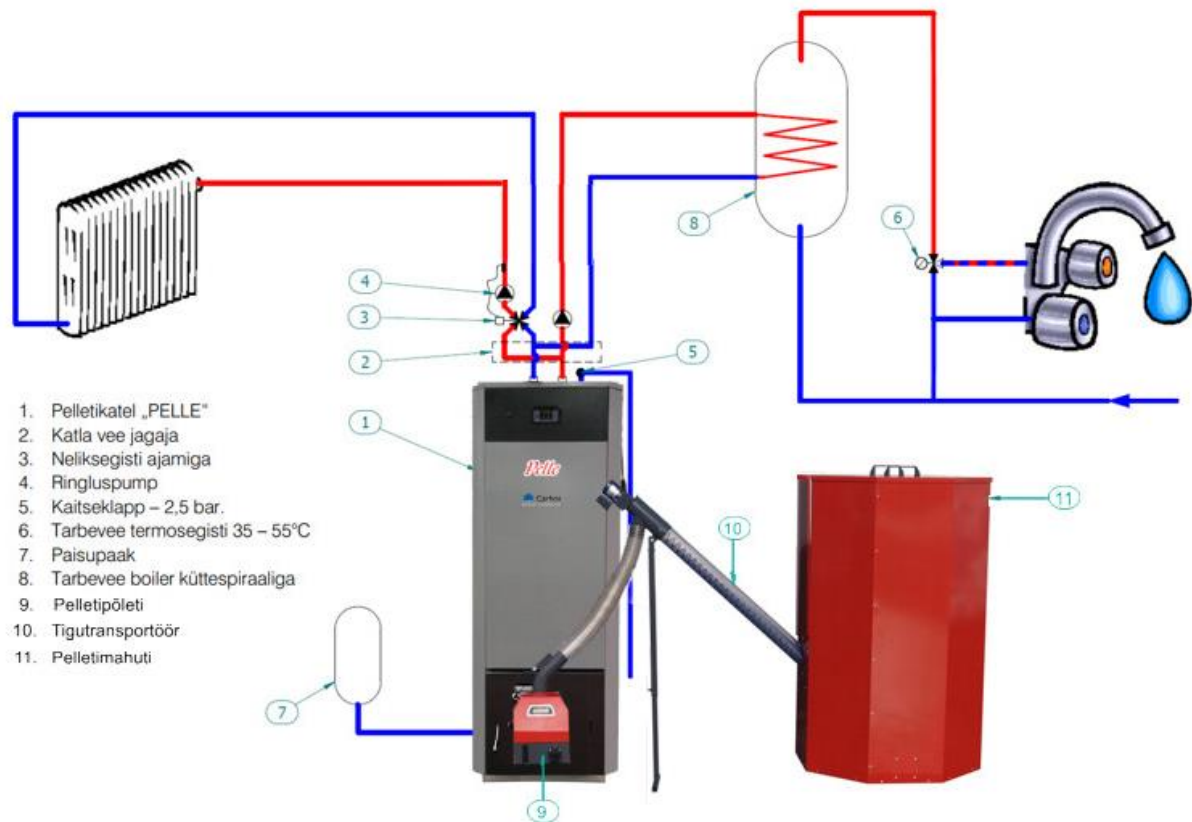


Joonis 17. Ämari Lennubaasi katlamaja; Marina CS 400 + CS 650 [27]

Rapla Metalli poolt valmistatud 25 – 200 kW võimsusega halupuidukatelt ja „Bioburner“ põletit võib näha Eesti Maaülikooli katlalaboris, mis valmis 2012 (töö projekteerijaks oli Maido Märss). Rapla Metalli põleti „Bioburner“ lubab sööta ette mistahes taimsetest materjalidest valmistatud brikette, graanuleid, haket, laaste ja freesturvast. [36] Lisaks võimaldab põleti kasutada ka vilja ja viljajääke. Antud katlale või põletile on aga äärmiselt soovituslik paigaldada ka küttesüsteemi akumulatsioonipaak, mis tähendab omakorda investeeringute suurendamist. Plussiks aga akumulatsioonipaagi juures on see, et see pikendab kütumistsükli ja aitab hoida ühtlasemat temperatuuri köetavates ruumides. Pikemas perspektiivis vähenevad sellega küttekulud.

Viljandi Metalli toodete näiteks võib välja tuua „Molle“ keskküttekatla, mis valmis koostöös Rootsi partneri ES Tradinguga. „Molle“ nimivõimsuseks loetakse 40 kW ja kütusena kasutab halupuid, briketti või turvast. Katla kasuteguriks loetakse 75 %. Sarnaselt Rapla Metalli toodetele on ka Viljandi Metalli toodetele rangelt soovituslik akumulatsioonipaagid. [37] Peale „Molle“ valmistab Viljandi Metall ka pelletikatelt „Pelle“, mis on mõeldud individuaalelamute soojatootmiseks ja kütusena kasutatakse pelletteid/graanuleid. „Pelle“ nimiväärtus on 20 kW (köetav pind ca 200 m²). [44] „Pelle“ kasutegur on 90 % ja tasub märkida, et katel on läbinud oma katse testid Tallinna

Tehnikaülikooli Soojustehnika Instituudis. Antud katla soetamisel tuleb arvesse võtta lisakulutusi pelletipõleti, tigutransportööri ja pelletimahuti näol (Joonis 18). [38]



Joonis 18. Pelletikatel Pelle, pelletipõleti, tigutransportöör ja mahuti – ühendusskeem [38]

2.3. Puidukütuse keemiline koostis ja kütteväärtus

Puit on puittaimede tüve ja okste põhiosa, mis koosneb peamiselt puitunud rakkudest. Puiduraku kest koosneb enamuses tselluloosist, hermitselluloosist ja ligniinist. Ligniin annab puidule tema mehaanilise tugevuse, kuid langetab puidu enda kütteväärtust ligi 40 %. Erinevus okaspuude ja lehtpuude ligniini sisalduses on ca 2 kordne (okaspuud 24-33 %, lehtpuud 16-25 %). Puit sisaldab vähesel määral ka tõrva, vaikusid ja fenoole, mis võivad küttepindadele sadestisi moodustada. Puidukütuse omadusi mõjutavad rida iseloomulikke tunnuseid. Keemiline koostis (Tabel 6) kütteväärtus, niiskus, tihedus, lendosa sisaldus, kõvadus, koksi (seotud süsinik), tuhasus ja tuha koostis, tuha sulamise karakteristikud ning mehaaniliste lisandite, tolmu ja seeneoste olemasolu. [17]

Kütteväärtus on soojushulk, mis eraldub puidu täielikul põlemisel. Erinevatel puuliikidel on erinev kütteväärtus, näiteks keskmised kütteväärtused 20 % niiskuse juures [18]:

- kask 1700 kWh/rm;
- mänd 1360 kWh/rm;

- haab 1330 kWh/rm;
- kuusk 1320 kWh/rm;
- lepp 1230 kWh/rm;
- segalehtpuu (lepp 50 % ja haab 50 %) 1280 kWh/rm;
- segaokaspuu (mänd 50 % ja kuusk 50 %) 1340 kWh/rm.

Tabel 6

Puidu keemiline koostis [18]

Element, % kuivaines	Puit	Koor
C	48-50	51-66
H	6,0-6,5	5,9-8,4
O	38-42	24,3-40,2
N	0,5-2,3	0,3-0,8
S	0,05	0,05
Cl	< 0,01	0,01-0,03

Kütteväärtust mõjutab oluliselt küttepuu niiskus. Niiskus on puidu biomassi kahjulik komponent, mis vähendab kütteväärtust ja halvendab süttimist. Seega tuleks kütta kuivade küttepuudega, kuna niiskete halgudega küttes läheb 2/3 soojusest korstnasse. Põhjus on nimelt selles, et puu põleb kihiti, väljapoolt sissepoole. See vesi, mis on puuhalus sees, liigub puu südamikku, kus on kõige jahedam. Põlemisel väljub puu südamikust vett, osa puu põlemiselt tulev energia kulub aga niiskuse aurustumisele ja osa pääseb lihtsalt korstna kaudu välja, põlemata suitsugaasina. Küttekeha tahmub ja muutub nõrgiseks, see aga nõrgendab kogu küttesüsteemi soojusenergia sidumisvõimet ja lühendab ka küttekeha kasutamist. [16]

Puitu võib niiskuse järgi jaotada kolme kategooriasse [17]:

- õhukuiv 20 % - tarbimisaine niiskus 25 % - absoluutne niiskus,
- poolkuiv 21-33 % - tarbimisaine niiskus 50 % - absoluutne niiskus,
- toores üle 33 % - tarbimisaine niiskus 50 % - absoluutne niiskus.

Kuiva halu kütteväärtus on tunduvalt kõrgem, see tähendab, et eralduv soojushulk on suurem kui niiske haluga kütisel. Kuivad halud süttivad kergelt ja kiirelt ja põlevad puhtalt. Sedasi kasutatakse ära puus leiduv soojusenergia kasutegur küttekolde poolt. Toores küttepuu on peale raiumist ligi 50 % niiskus tasemega, kuivaks loetakse, kui halg on saavutanud 20 % niiskustaseme. Selline puuhalg tundub kaalult kerge ja on veidi tuhmunud. Suurendamaks küttepuude põletamisest saadavat kasu, peab halud tooma külmast tuppa 1-2 ööpäeva enne kütmist, et puud jõuaksid

soojeneda ja loovutada ülemäärast pindmist niiskust. Selline eelsoojendus kuivatab puu süütamishetkeks kergesti 10-15 % niiskuseni, mis tähendab, et puu süttimine on kiire ning põlemine algusest saati puhas ja tõhus. Mõnede biomassi liikide kuivaine keskmised kütteväärtused on toodud Tabel 7 ja puu eri osade kütteväärtused Tabel 8.

Tabel 7

Biomassi liikide kuivaine keskmised kütteväärtused, (niiskusel 0 %) [18]

Biomassi liik	TÜK GJ/t	TAK MWh/t	GJ/t	MWh/t
Okaspuu (kuusk)	20,20	5,61	18,80	5,22
Lehtpuu (pöök, tamm)	19,80	5,50	18,40	5,11
Paju (energiavõsa)	19,70	5,47	18,40	5,11
Viljapõhk	18,50	5,14	17,20	4,78
Hein	18,40	5,11	17,10	4,75
Rapsikook	21,80	6,06	20,00	5,56

Tabel 8

Puidu eri osade kütteväärtused, Q_a^t , MJ/kg [18]

Puidu osa	Mänd:	Kuusk:	Kask:	Lepp:	Haab:
kogu puu	19,0–20,4	19,2–19,9	19,1–19,6		
tüvepuit	18,7–19,3	18,0–19,0	17,4–19,4	18,7	18,5
koor	18,4–20,7	17,8–19,8			
oksad	19,4–20,5	19,8	18,4–19,8		
ladvad	18,25	18,6–19,8			
okkad	20,0–21,1	19,8–20,0			
kännud		19			
corp			28,4–29,3		
niin			17,1–18,4		

Tabel 9

Puitkütuste andmed [16]

Kütuse sort	W^t , %	Q_a^t , MJ/kg	E^t , MW·h/m ³	A^k , %	S^k , %	N^k , %	Cl^k , %
Hakkpuit	40-55	6,0-10,0	0,7-0,9	0,5-2,0	< 0,05	0,3-0,5	-
Metsahake	45-60	6,0-10,0	0,7-0,9	1,0-3,0	< 0,05	0,3-0,5	-
Puitbrikett	8,0-12,0	15,0-17,0	0,7-0,9	1,0-2,0	< 0,05	< 0,3	< 0,03
Puitgraanulid	< 10,0	16,5-18,0	-	< 1,5	< 0,05	< 0,3	< 0,03

2.4. Pilliroo keemiline koostis ja kütteväärtus

Pilliroo energiasisaldus sarnaneb puidu omale. Pilliroogu on võimalik peenestada, valmistada briketti või graanuleid ning põletamiseks saab kasutada puidule omaseid tehnilisi erilahendusi.

Tabel 10

Pilliroo ja hundinuia põlemistehnilised parameetrid [15]

Nr	Taimed	Proovivõtu koht	Niiskus, %	Kütteväärtus, MJ/kg	Tuhasus, %	Lendosad, %	Elementaarkoostis			
			kevadel				N, %	C, %	S, %	H, %
1	Pilliroog	Suurlaht	14,4	18,17	5,8	ei määratud	0,4	45	0,1	6,8
2	Pilliroog	Mullutu laht	10,9	18,32	4,9	80,7	0,3	46	0,1	6,8
3	Pilliroog	Väike väin	10,1	18,48	3,5	79,9	0,4	46	0,1	6,7
4	Pilliroog	Võrtsjärv	16,3	18,09	5	81	0,3	46	0,1	6,5
5	Pilliroog	Roccaal Mare	16,5	18,9	3,7	80,2	0,4	49	0,1	6,4
6	Hundinuia pead	Viljandi mudajärv	44,6	19,56	3,7	79,7	1,8	47	0,1	6,6
7	Hundinuia varred	Viljandi mudajärv	25,5	17,84	4,1	78,2	0,7	45	0,1	6,3
Rocca Al Mare pilliroo mahukaal oli 44,2 kg/m										

Tabel 11

Roht- ja puittaimede põlemistehnilised parameetrid [15]

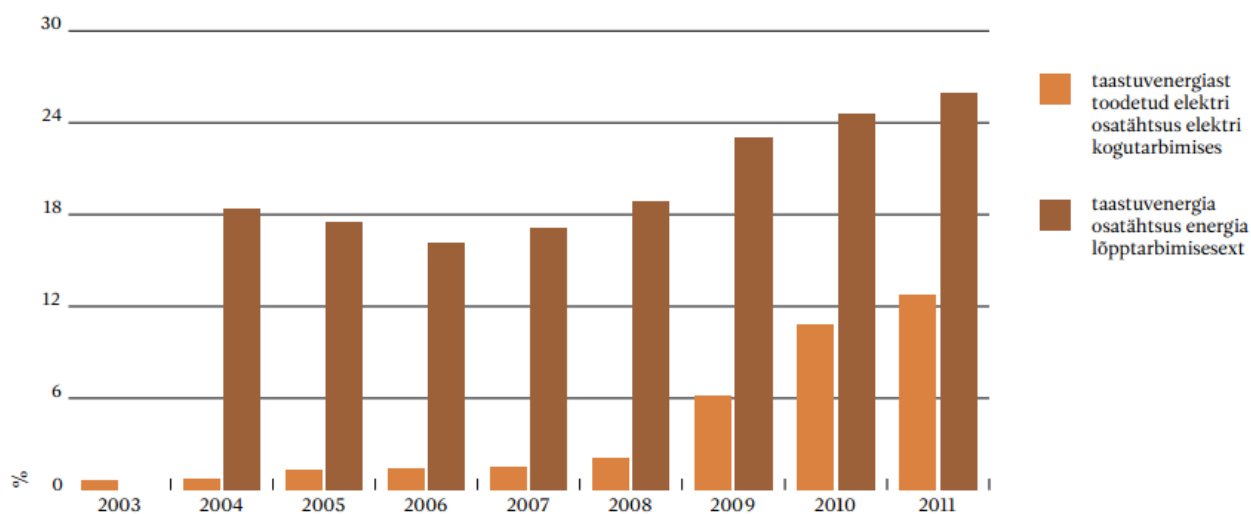
Nr	Taimed, kütus	Niiskus, %	Lendosad, %	Tuhasus, %	Kütteväärtus	Elementaarkoostis					
					MJ/kg	C, %	H, %	N, %	O, %	S, %	Cl, %
1	Paju (energiavõsa)	17,0	67,1	2,3	15,4	47,0	5,7	1,4	43,0	0,1	0,0
2	Mänd	kuivaine	82,5	0,3	19,0-20,4	49,0	6,0	0,1	44,0	0,0	< 0,01
3	Kask	kuivaine	89,9	0,2	19,1-19,6	48,0	6,0	0,1	46,0	0,0	< 0,01
4	Kollased õled	15,0	70,0	4,0	14,4	42,0	5,0	0,35	37,0	0,2	0,8
5	Hallid õled	15,0	73,0	3,0	15,0	43,0	5,2	0,41	38,0	0,1	0,2
6	Turvas	kuivaine	78,5	5,0	20,8	55,0	5,5	1,7	32,6	0,2	0,03
7	Hakkpuit	40-55		0,5-2,0	6,0-10,0		5,4-6	0,3-0,5		0,05	0,03
8	Metsahake	45-60		1,0-3,0	6,0-9,0		6,1	0,3-0,5		0,05	0,03
9	Puitgraanulid	7,0-12,0		1,5	16,5-18,0			0,3		0,05	0,03
10	Puitbrikett	8,0-12,0		1,0-2,0	15,0-17,0			0,3		0,05	0,03
11	Päideroog	12,3		4,7	14,9						
12	Vitshirss	6,0-10,0	73-76	3,0-10,0	4,5-4,7						

Märkused: täitmata lahtrite kohta andmed puudulikud ja seetõttu esitamata

3. BIOMASSIST EESTIS JA EUROOPAS

3.1. Biomassist Eestis

Eestis kasutatakse energiatootmiseks põhiliselt kodumaiseid primaarenergiaallikaid - põlevkivi (90 % kasutatakse elektrienergia tootmiseks), turvast ja puitu. Imporditakse maagaasi, kivisütt, vedelkütuseid ja koksi. Aastal 2010, mil Eesti taastus majanduskriisist ja energiatoodang oli jõudnud taas 2007 aasta tasemele, tõusis põlevkivi kõrvale oluliseks kütuse liigiks puidugraanulid. Puidugraanulid, mis Eestis toodetakse, lähevad enamuseks ekspordiks, erinevalt puiduhakkest ja halupuidust, mis leiavad kasutust Eestis. Kõige enam suurendasid 2013 aastal taastuvelektri toodangu kasvu (Joonis 19) hakkepuidul töötavad koostoomisjaamad. [32]



Joonis 19. Taastuenergiast toodetud elektri osatähtsus elektri kogutarbimises ja taastuenergia osatähtsus energia lõpptarbimises aastail 2003–2011 [32]

Eestis moodustas aastal 2002. biomass üle 99 % kogu kasutatavast taastuenergiast. Sellest soojuse tootmiseks kasutatud kütustest moodustasid 17,2 % puitkütused. 2011.aastal moodustas puitkütusest saadud elekter kogu taastuvelektrist 68 %. Aastast 2012 kuni 2020 on planeeritud puhtalt puidu kasutamist propageerivate teavituskampaaniate peale kulutada 65 - 72 tuhat eurot aastas, mis annab lootust puidukütuste leviku ja nõuete kasvule. Vajadus toorme järgi hakkab

tõusma. Peale selle on arenduskava järgi ettenähtud raiejäätmete ja teiste alternatiivsete puiduressursside (elektriliinide aluste võsa, kännud jms) aktiivseks tarbimisele võtmiseks ja abinõude väljatöötamiseks 20 tuhat eurot aastas. [28]

3.2. Biomassist Euroopa Liidus

Antud peatükis tuuakse lühiülevaade biomassi kasutusest mõningates EL liikmesriikides. Biomass mängib kaalukat rolli kasvuhoonegaasi CO₂ vähendamisel, täitmaks Kyoto protokoll³ poolt määratud kohustusi alates 2013 aasta novembrist, mil EL toetas 2013-2020 Kyoto protokoll rakendamisetapi teist osa. EL ja selle liikmesriigid ning ka Island on kõik kohustatud ühiselt vähendama kõikide kasvuhoonegaaside koguheidet 20 % võrreldes 1990 aastaga. [8] See omakorda tõstab biomassi ja biokütuste tähtsust energeetika ja keskkonnahoiu valdkonnas veelgi.

Riigiti võidakse taastuvaid biokütuseid liigitada erinevalt. Enamikes EL riikides loetakse taastuvate biokütuste alla biogaas, olmejäätmed, orgaanilised tööstusjäätmed, põllumajanduse jäätmed, küttepuid ja metsa ülestöötamise jäätmed, puidutööstuse jäätmed ja etanool/biodiislikütused [9]. Granuleeritud puitpelletid on muutunud enamlevinud biokütusteks Austrias, Saksamaal, Taanis ja Rootsis. Biokütuste kasutamine moodustab taastuenergia tootmisest kaaluka osa. 1997 aasta seisuga oli EL riikide primaarenergia kogutarbimisest kaetud 5,3 % taastuvressursiga. 2006 aastal oli see 16,1 % ja aastaks 2010 oli 24,3 %. Eurostati 2010 andmetel on 2015 aasta eesmärk juba täidetud, milleks oli saavutada taastuenergia osakaaluks 23,6 % ja sellest tulenevalt ollakse positiivselt häälestatud, et aastaks 2020 on selle osakaal ületanud 25 % piiri.[10]

³Kyoto protokoll on rahvusvaheline leping, millega ligikaudu kolmandik maailma riikidest nõustub vähendama või hoidma kasvuhoonegaaside õhkupaiskamist 1990. aasta tasemel

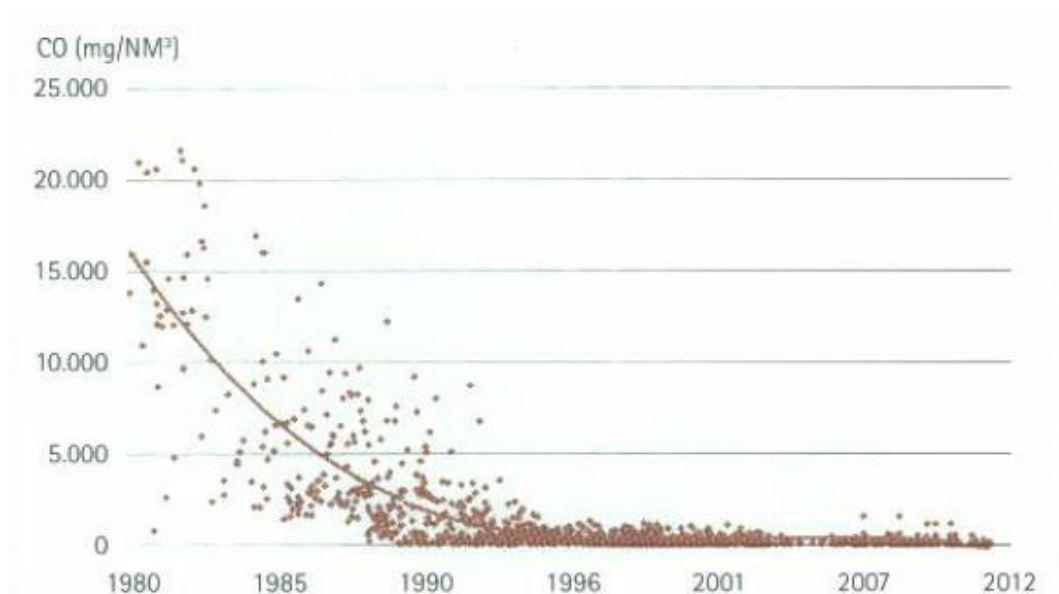
4. BIOMASS - KESKKONNA SÄÄSTLIKKUS VS HINNA SÄÄST

Üheks oluliseks mõjuteguriks biomassi ja taastuvenergia lahenduste kasutamiseks on keskkonnasäästlikkus. Enne ei saa tekkida ühtegi positiivset arengut, kuni keskkonnasäästlik eluviis pole ka majanduslikult säästlik eluviis. Antud peatükis annab autor ülevaate biomassi ning biokütuste hindadest ja hinnangu selle kestlikkusest.

Eesti majandus, selle areng ja heaolu sõltub energiaressursside olemasolust. Rahvaarvu suurenedes on väga aktuaalne loodusvarade kasutamine viisil, mis rahuldaks tarbimisvajadusi kestlikult.. Põlevkivi eksklusiivne kasutamine tuleb perspektiivis nagunii lõpetada. Seetõttu tuleks mitmekülgsemaid ja loodussõbralikumaid tegevussuundi toetada. [45]

Praegune metsamajandus vajab puit- ja biokütuste laialdasemat kasutuselevõttu. Olulist tähelepanu nõuab puukütte kasutamise korraldamine väikekateldes ja lokaalkatlamajades. Tarbijatel on vaja langetada valik, kas liituda kohaliku- või kaugküttesüsteemiga. Otsustades kohaliku küttesüsteemi kasuks, on tarbijal võimalus valida erinevate katelde ja kütuste vahel. Valides puukütte toimiva katla, tekib metsaomanikul soodne võimalus tarbida oma maal kasvavat biokütust (puit, raiejäätmed) ja ülejääk turustada. See oleks suureks majanduslikuks abiks Eesti maaelu säilimisel. Talude majandamisele aitaks kaasa veel riiklike toetuste programmide suurendamine. Eestis on loodud Eesti Metsaühistu abistamiseks metsaomanikku oma metsa haldamisel, s.h. nõustades erametsa omanikke toetuste taotlemisel, raie- ja kahjustatud metsalankide uuendamisel, põllumaade metsastamise ja muudel metsa puudutavatel teemadel. Vanad puud süsihappegaasi enam siduda ei suuda ja keskkonna üldisele käekäigule on parem istutada täiskasvanud metsa asemele uus ja noor mets. [40] Peale metsade olukorra parandamise, tuleb mõelda ka jäätmaade heakorra peale. Oluline on, et jäätmaad leiaks kasutust kiirelt taastuva biokütuse (hein, pilliroog, jne.) kasvualana, mida saaks koristada ja brikettida kütteks [5].

Biomassi kütte töötavate katelde kasutamine on keskkonnasõbralikum. Biomassi põletamine ei põhjusta kasvuhoonegaaside kasvu atmosfääris. Tähelepanu tuleks juhtida asjaolule, et asendades samaväärse koguse põlevkivi seni mitte piisavat kasutamist leidva taastuva puiduga, on võimalik vähendada õhku paisatavate heitmete, eeskätt süsihappegaasi hulka (vaata Joonis 20).



Joonis 20. Biomassikateldest saadud vingugaasi heitgaasi kogused [30]

Energiakandjate hinnatõus nii Eestis kui mujal maailmas, (ka puidukütused) on viimastel aastatel pidevalt kasvanud ja löönud jachindade rekordeid (Lisa 3, Tabel 12).

Tabel 12

Puidu hinnad ilma käibemaksuta lõpplaos seisuga detsember 2013⁴ [20]

Sortiment	Hind, euro	Hinnatõus võrreldes aasta taguse hinnaga	Hinnatõus võrreldes eelmise kvartali hinnaga
männipalk	€ 72,79	7,8%	3,1%
männipeenpalk	€ 67,03	9,3%	2,1%
kuusepalk	€ 74,57	16,6%	2,1%
kuusepeenpalk	€ 68,93	11,7%	2,0%
kasepakk	€ 88,78	1,7%	0,6%
kasepalk	€ 62,93	2,2%	0,0%
haavapalk	€ 41,50		1,2%
lepapalk	€ 39,33	0,9%	3,5%
lepapeenpalk	€ 28,00	0,0%	0,0%
männipaberipuit	€ 38,08	15,7%	1,0%
kuusepaberipuit	€ 37,00	18,7%	-0,1%
kasepaberipuit	€ 32,88	-17,3%	-0,9%
haavapaberipuit	€ 33,46	3,8%	-2,7%
küttepuit	€ 23,99	2,1%	0,9%

⁴Hinnastatistika aluseks on Keskühistule Eramets ettevõtete poolt pakutud sortimentide aritmeetilised keskmised lõpplaohinnad.

2013 aasta puiduturu ülevaade erasektoris toob meieni puitkütuse aspektist halvad numbrid, 2013 aasta IV kvartalis tõusid hinnad rohkem kui 3 % (männipalgid 3 %, okaspuud enam kui 2 %). 2012 aasta ja 2013 aasta puiduturu hinnad on välja toodud Tabel 13. Võrreldes möödunud aasta andmetega on hinnad kallinenud oluliselt, kuusepalk 16,6 % ja kuusepeenpalk 11,7 %, viies hinnad 2014.a. uuele rekord tasemele (74,57 € ja 62,93 €).

Tabel 13

Aasta keskmised sortide hinnad riigimetsas [20]

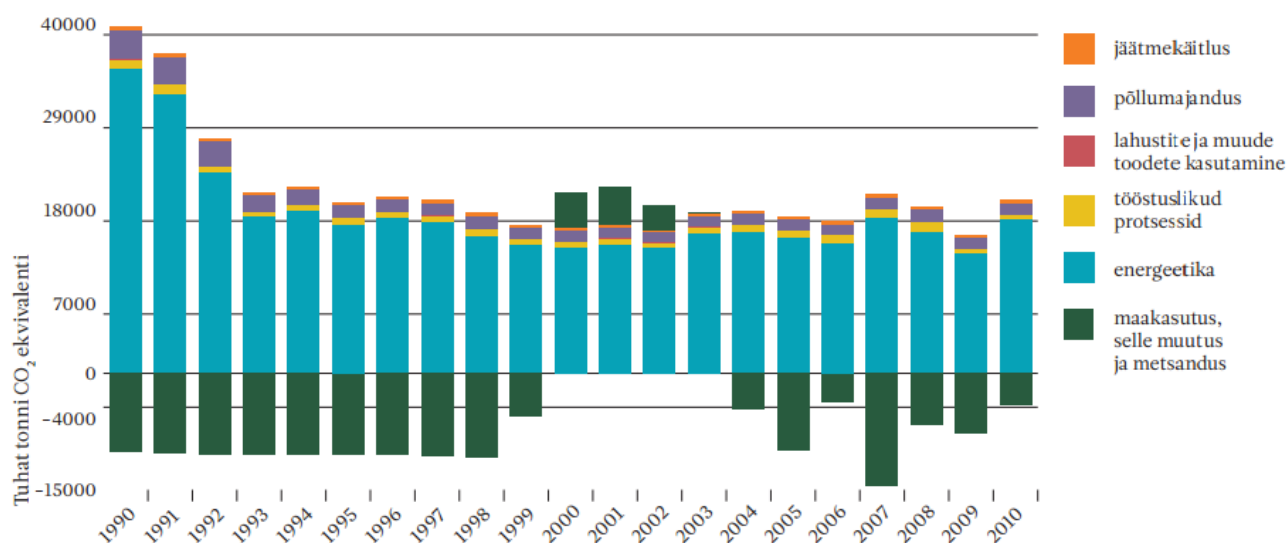
Sort	2012	2013	Muutus, %
	€/tm	€/tm	
männipalk	58,30	65,38	10,8%
männipeenpalk	48,66	53,37	8,8%
kuusepalk	55,17	62,33	11,5%
kuusepeenpalk	46,21	49,70	7,0%
kasepakk	113,27	102,74	-10,2%
kasepalk	58,04	57,70	-0,6%
haavapalk	32,45	32,48	0,1%
männipaberipuit	27,04	28,57	-5,4%
kuuspaberipuit	26,50	27,84	4,8%
kasepaberipuit	30,24	28,55	-5,9%
haavapaberipuit	16,92	17,46	3,1%
küttepuit	20,73	19,59	-5,8%
keskmine	44,46	45,48	2,2%

Eri kütteliikide hinnavahe võib olla kuni kolmekordne. Tavaline soojustarbija on hinnatundlik, ta ei mõtle pikalt selle üle, kui keskkonnasõbralik või kui säästlik on tema maja soojendav küte, kuigi peaks. Enamus inimesi peab maasoojuspumpa ja ahjukütet kõige keskkonnasõbralikumaks, kõige saastavamaks aga kütteõli. Tegelikult soojuspump ei paiska õhku kahjulikke ühendeid, ent vajab töötamiseks elektrit, mille tootmisel tekib saastet. Puidust paiskub õhku rohkem lendtuhka ja vääveldioksiidi kui gaasi- ja kaugküttest, kui just ei kasutata vastavaid meetmeid selle likvideerimiseks. Biomassi põletamine, kui protsess, ei häiri süsinikuringet - ei põhjusta kasvuhoonegaaside kasvu atmosfääris. Sellepärast on arenenud riigid (Rootsi, Soome, Saksamaa) asunud biomassi kasutust energeetikas toetama ja suurendama. Süsinikdioksiidi vähendamiseks on kolm võimalust:

- energia tarbimise vähendamine energiasäästu teel;
- kõrge süsinikusaldusega fossiilsete kütuste kasutamise vähendamine ja madalama süsinikusaldusega kütustega asendamine;
- fossiilkütuse asendamine taastuvenergia ressursidega.

Kui hakata kasutama märgaladelt saadavat biomassi, nt ainult Saaremaalt saadavat biomassi (42 tuhat t), soojuse ja elektri koostootmiseks, väheneks Narva lähedal CO₂ emissioon ligi 78 tuhat tonni võrra ja SO₂ emissioon 664,7 tonni võrra. [13]

Eestis tuleb suurem osa kasvuhoonegaaside heitkogustest (88 %) energeetikasektorist (Joonis 21).



Joonis 21. Kasvuhoonegaaside heitkogused ja sidumine sektorite kaupa ajavahemikul 1990 – 2010 [33]

Uurimistööde jätkamiseks metsamajanduse, metsa-kasvatuse ja keskkonna-alaste eesmärkide parimaks saavutamiseks on keskkonnainvesteeringute keskus ette näinud 564 tuhat eurot aastas, see peaks olema piisavaks motivaatoriks edasiste uuringute tegemiseks ja biomassi kasutusele võtmiseks. Lisaks on planeeritud avalikkuse teavitamist metsaressursi rollist ja kasutamisest. Üleüldise puidukütuse maine tõstmiseks on ette nähtud 300 tuhat eurot aastas. [28]

Kui aga soovitakse näha biokütuste populaarsuse kasvu Eestis, tuleks suuremat rõhku pöörata ka tuleohutusele. Nimelt on üheks suurimaks probleemiks heinapallide ja põhu ladustamisel põlengu võimalus. Kuiva heina ja niiske hakkpuidu pikaajalist ühes ruumis ladustamist tuleb vältida – tekkinud bioloogilis-keemilise protsessi tulemusena võivad kuivatuse ja ladustamise jaoks mõeldud varud küünis süttida. Siinkohal toob autor välja värskemad põlengute juhtumid, mis on pärit ajakirjandusest [43] :

- Järvamaal, Roosna-Allikul, ~ 300 t heina- ja põhupalle, 19.04.2014;

- Lääne-Virumaal, Vaekülas, 300 t heina ja vilja, 06.02.2014;
- Raplamaal, Vana-Kaiu külas 200 t heina 18.12.2013;
- Ida-Virumaal, Amula külas, ~200 t, 20.08.2013;

Kui jälgida kuupäevi, võib väita, et üks põleng leiab aset iga 2 kuu tagant. Eesti riik peaks toetama uuringuid ja töid, mis aitaksid selliseid juhtumeid vältida, sest tegemist on potentsiaalse kütuse raiskamisega.

KOKKUVÕTE

Käesoleva lõputöö eesmärgiks oli vaadelda ja analüüsida põhjuseid, miks biokütuste ja väikekatelde kasutamine siiski Eestis suhteliselt aeglaselt levib. Autor leidis oma lõputöö käigus, et biomassi kasutavad katlad on keskkonda ja loodust säästvad, kuid nende lahendused on keerukamad ja tehnoloogia kallim (võrreldes näiteks gaasi või õli kateldegaga). Antud ajahetkel on kütuselahenduste valimisel finantsiline külg üks suurimaid otsuse mõjutajaid. Töös on välja toodud, et biomassi põletustehnoloogia (nii kütuse ettevalmistamine, etteanne kui ka põletamine) on tunduvalt kulukam, kui gaasi või õli põletamisel ning kui soovitakse oma alginvesteeringuid tasa teha, tuleb koormata biokütuse katlaid maksimaalselt, st peaksid töötama võimalusel aastaringselt baaskoormusel.

Oma intervjuus OÜ Lihula Soojuse juhatuse esimehega, Tõnu Teesaarega, leidis intervjuueeritav, et biokatelde populaarsuse kasvu üheks mõjutavaks teguriks on kütuste kättesaadavus. Kui biomassi ei ole piisavalt saadaval, võidakse hakata kasutama teisi keskkonnale kahjulikemaid kütuseid või jäetakse katel üldse seisma. Oluline on ka õige võimsusega katla valik, mis vastab koormusgraafikule. Tuleb jälgida, milline on reaalne soojustarve – kütte ja soojavee koormus. Odavate ja mitte nii töökindlate seadmete kasutamine võib kaasa tuua uusi lisakulutusi süsteemi väljavahetamiseks. Mis puudutab tööjõudu, siis mõnele katlamajale võib saatuslikuks saada töötajate ebapiisav kvalifikatsioon (kuigi täna peaksid kõik katlaoperaatorid olema atesteeritud). Oluliseks mõjuriks on konkurents biokütuse tarnijate, teiste katlamajade või väikekatelde omanike vahel. Maagaasi, põlevkiviõli ja kergekütteõli baasil töötavad katlad on tihti odavamad ja suurema kasutusmugavusega kui seda on biokütust kasutavad katlad, kuid kütus on kallim, eriti õli puhul. Kui biomassil toimivaid katlaid juurde tekib, kasvab biokütuse nõudlus, mis omakorda võib tõsta soojuse hinda. Samuti on biokütuste propageerimiseks olemas riiklik toetuste programm, kuid maaomanikele eraldatavad toetused on sageli ebapiisavad. Toetuste abil suureneks biomassi tarbeks põhu, looheina või muu biomassi varumine. Lisaks eeltoodule tuleks rohkem rõhku panna ka biokütuste ladustamise ohutusele ja selle järelvalvele, sest heinapallide ja põhupallide põlenguid Eestis siiski esineb (ca iga 2 kuu järel).

Sellega leiab autor, et biomassi küttel töötavate katelde kasutamine on keskkonnasäästlik, kuid kasutuselevõtt veel suhteliselt kallis. Kui eeltoodud probleemidega midagi ette ei võeta, ei ole biokütuste ja väikepõletusseadmete populaarsuse kasvu lähemate aastate jooksul oodata.

.

SUMMARY

The aim of this graduation thesis is to explore and analyse the reasons why the use of biofuels (biological fuel or biomass fuel) and small boilers has not been widely gaining ground in Estonia. In the course of working on the final paper the author found that the boilers using biomass fuel preserve the environment and nature, but these solutions are more complex and require more expensive technologies (in comparison to gas or oil boilers for example). Today, when choosing the fuelling solution options the financial aspect is a major decision-making factor. This research draws a conclusion that the biomass fuel burning technology (the preparation, feeding and also the combustion of fuel) is far more costly than in the case of burning gas or oil. And so, if the investors wish to have return on their original investments, it is necessary to load the biofuel boilers to the limit, i.e. the boilers have to work potentially all year round at their base load.

During an interview with Tõnu Teesaar, Chairman of the Board of OÜ Lihula Soojus, the interviewee found that one of the most important factors that promote the biofuel boiler popularity was the biofuel availability. If the supply of biomass is insufficient, it is possible that environmentally more harmful fuels might be used, or the boiler is just shut down. It is also important that a boiler with correct capacity is chosen, which correspond with the load schedule. It should be observed what the real heat demand is – fuel and hot water load. The putting into service of less expensive and not so reliable equipment can result in additional costs for the replacement of the heating system. As regards the workforce, the inadequate trade qualifications can become fatal for some boiler plants (although today all the boiler operators should be certified). The competition between the biofuel suppliers, other boiler houses or small boiler owners is a very important influencing factor. Natural gas, shale oil and light fuel oil fuelled boilers are often cheaper and more user-friendly than boilers using biofuel, but the fuel is more expensive, especially in the case of oil. As the number of boilers operating on combustion of biomass increases, the demand for biofuel increases as well that can, in turn, raise the cost of heating. Also, there is a national programme of biofuel promotion but the operating subsidies allocated to landowners are not sufficient. By means of operating subsidies the production of straw, hay and other kinds of biomass would increase for the biomass. In addition to the above-said, more emphasis should be focused on the biofuel storage

safety and its inspection, since the ignition of hay trusses and straw bales still occur in Estonia (every 2 months on the average).

Thereupon, the author comes to a conclusion that the use of biomass fuelled boilers preserves the environment but their putting into service is still relatively expensive. If the above-mentioned problems are not somehow dealt with, the growth of popularity of biofuel-based or small capacity combustion units cannot be expected in the near future.

VIIDATUD ALLIKAD

- [1] P. Muiste, Ü. Kask, "Biomass – biokütus – bioenergia - puitkütus," Konv. TEUK I – Taastuvate Energiaallikate Uurimine ja Kasutamine, Esimene konverentsi kogumik. Tartu, Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus, 2000.60 – 65 lk. [Kasutatud: 12.01.14]
- [2] "Taastuvate energiaallikate uurimine ja kasutamine, ENMAK 2030/2050 Energiakandjad/Energia muundamiseks kasutatavad ressursid" Brüssel 15.12.2014. [Online]. Kättesaadav: Elering, http://elering.ee/public/Infokeskus/Uuringud/Energia_-tegevuskava_aastani_2050.pdf [Kasutatud: 05.01.2014].
- [3] E. Kommusaar, Lõputöö „Varustuskindluse küsimus ehituskruusa näitel,” Tallinn: Tallinna Tehnikakõrgkool, 2013, 4 lk.
- [4] A. Rosenvald, "Inimene ja taastuvenergia," Konv. TEUK II – Taastuvate Energiaallikate Uurimine ja Kasutamine, Esimene konverentsi kogumik. Tartu, Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus, 2001.10 – 12 lk. [Kasutatud: 12.01.14]
- [5] V. Masso, Põllumajandus, Kogumik. E. Rääts, „Eesti uue aastatuhande lävel,” Tallinn, 2000 128 lk.
- [6] ENEKE 1 = Eesti nõukogude entsüklopeedia 1 köide, Tallinn: Eesti kirjastus „Valgus”, 1982.
- [7] A. Paist, L. Kask, Ü. Kask, M. Sihtmäe, "Eesti biokütuste energeetilise ressursi hinnang," Konv. TEUK IV – Taastuvate Energiaallikate Uurimine ja Kasutamine, Neljas konverentsi kogumik. Tartu, Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus, 2003.34 – 44 lk. [Kasutatud: 14.01.14]
- [8] „Euroopa komisjon teeb ettepaneku ratifitseerida Kyoto protokoll teine etapp,” 2013. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 20.01.2014]. <http://www.e24.ee/2587818/euroopa-komisjon-teeb-ettepaneku-ratifitseerida-kyoto-protokolli-teine-etapp>
- [9] Ü. Mets, "Biokütused Euroopas," Konv. TEUK I – Taastuvate Energiaallikate Uurimine ja Kasutamine, Esimene konverentsi kogumik. Tartu, Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus, 2000.103 – 112 lk. [Kasutatud: 20.01.2014]

- [10] „Eestis on Euroopa riikidest taastuvenergia osakaal enim kasvanud,“ 2012. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 21.01.2014]. <http://www.tuuleenergia.ee/2012/06/eestis-on-euroopa-riikidest-taastuvenergia-osakaal-enim-kasvanud/>
- [11] „Consumption of Energy,“ 2012. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 21.01.2014]. http://elk.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Consumption_of_energy
- [12] „Metsa energeetiline ressurss,“ 2013. [Võrgumaterjal]. [Kasutatud 21.01.2014]. http://www.energiatalgud.ee/index.php?title=Metsa_energeetiline_ressurss#label-MT66stus
- [13] Ü. Kask, L. Kask “Märgalade taimestiku energeetiline potentsiaal Saare maakonnas,” Konv. TEUK III – Taastuvate Energiaallikate Uurimine ja Kasutamine, Kolmas konverentsi kogumik. Tartu, Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus, 2002. 118 – 122 lk. [Kasutatud: 11.02.2014]
- [14] I. Melts, K. Heinsoo, M. Sammul, L. Pärn, “Poollooduslike rohumaade rohtse biomassi energeetiline potentsiaal Eestis,” Konv. TEUK X – Taastuvate Energiaallikate Uurimine ja Kasutamine, Kümnes konverentsi kogumik. Tartu, Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus, 2008. 88-95 lk. [Kasutatud: 11.02.2014]
- [15] L. Kask, Ü. Kask, “Eesti pilliroo ressursid ja põlemistehnilised parameetrid,” Konv. TEUK IV – Taastuvate Energiaallikate Uurimine ja Kasutamine, Neljas konverentsi kogumik. Tartu, Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus, 2003. 105-112 lk. [Kasutatud: 12.02.2014]
- [16] A. Paist, M. Nuutre, R. Aluvee, “Puit (põhiste) kütuste omadused ja kvaliteet,” Konv. TEUK III – Taastuvate Energiaallikate Uurimine ja Kasutamine, Kolmas konverentsi kogumik. Tartu, Eesti Põllumajandusülikooli kirjastus, 2002. 109-116 lk. [Kasutatud: 17.02.2014]
- [17] A. Paist, A. Poobus, “Soojuseduureid,” Tallinn, 2008. [Online]. Kättesaadav: TTÜ kodulehelt, https://www.ttu.ee/public/m/Mehaanikateaduskond/Instituudid/soojus-tehnika-instituut/oppematerjalid/kyte-ventilatsioon/2._Puit.pdf [Kasutatud: 20.02.2014].
- [18] “Puitkütus,” Tallinn, 2010. [Online]. Kättesaadav: Erametsakeskus, http://www.eramets.ee/static/files/762.Brosyyr_Puitkutus_2010.pdf [Kasutatud: 17.02.2014].
- [19] “Ülevaade 2012. aasta IV kvartali puiduturust,” Kohila, 2012. [Online]. Kättesaadav: Erametsakeskus, http://www.eramets.ee/static/files/1506.Puiduhinnad_IV_kv-_2012.pdf [Kasutatud: 17.02.2014].
- [20] “Ülevaade 2013. aasta IV kvartali puiduturust,” Kohila, 2012. [Online]. Kättesaadav: Erametsakeskus, http://www.eramets.ee/wp-content/uploads/2013/01/puiduhinnad_2013_iv_kv.pdf [Kasutatud: 17.02.2014].

- [21] "Heating boilers - Part 5: Heating boilers for solid fuels, hand and automatically fired, nominal heat output of up to 300 kW - Terminology, requirements, testing and marking," Brussels, 1998. Standard prEN 303-5:1998 E [Kasutatud: 23.02.2014].
- [22] V. Vare, Ü. Kask, P. Muiste, T. Pihu, S. Soosaar, "Biokütuse kasutaja käsiraamat," Tartu, TTÜ kirjastus, 2005. 76 - 96 lk. [Kasutatud: 23.02.2014]
- [23] "Küttesüsteemid," [Online]. Kättesaadav: Erametsakeskus, <http://www.ege.ee/kyttesysteemid> [Kasutatud: 26.02.2014].
- [24] "Combustion System," [Online]. Kättesaadav: KMW Energy, <http://www.kmw-energy.com/solutions/how-it-works/index.html> [Kasutatud: 26.02.2014].
- [25] A. Paist, "Restkolded", õppematerjalid [Kasutatud: 26.02.2014].
- [26] "Municipal Solid Waste Incineration," [Online]. Kättesaadav: Massachusetts Institute of Technology, <http://web.mit.edu/urbanupgrading/urbanenvironment/resources/references/pdfs/MunicipalSWIncin.pdf> [Kasutatud: 01.03.2014].
- [27] „Eramuomanikele, korterühistule, koolimajale, vallamajale, töökojale, kuivatile...kõigile, kes vajavad vett ja soojust,“ 2013. Vesiterm OÜ [Võrgumaterjal], <http://www.vesiterm.ee/tooted/katlad> [Kasutatud 03.03.2014].
- [28] V. Arro, „Biokütusekatlad,“ Keskkonnatehnika otsustajate ja asjatundjate ajakiri, kd. nr 6, 36-37 lk., 2009. Kättesaadav: Keskkonnatehnika, http://www.keskkonnatehnika.ee/client/common-docs/2009_pdf/KKT_2009_06.pdf [Kasutatud: 03.03.2014].
- [29] „Eesti metsanduse arengukava aastani 2020 rakendusplaan,“ 2012. Keskkonnaministeerium [Võrgumaterjal], <http://www.envir.ee/orb.aw/class=file/action=preview/id=1186765/MAK+2020+rakendusplaan+mai+2012.pdf> [Kasutatud 05.03.2014].
- [30] M. Heckmann, L. Lasselsberger, W. Hastlinger, „Determination of annual efficiency and emission factors of small-scale biomass boiler,“ lk. 1, 2011. [Võrgumaterjal] Kättesaadav: http://www.bioenergy2020.eu/files/publications/pdf/Schwarz_etal_-_Annual_Efficiency.pdf [Kasutatud: 09.03.2014].
- [31] K. Kaukver, „Keskkonnaülevaade 2009,“ 16 - 17 lk., 2009. [Võrgumaterjal] Kättesaadav: Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus http://www.keskkonnainfo.ee/publications/4245_PDF.pdf [Kasutatud: 09.03.2014].
- [32] K. Kaukver, „Keskkonnaülevaade 2013,“ 16 - 17 lk. 2013. [Võrgumaterjal] Kättesaadav: Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus http://www.keskkonnainfo.ee/fail-id/ky_2013_pt1.pdf [Kasutatud: 09.03.2014].

- [33] N. Kohv, A. Mändmets, T. Tmmets, K. Antso, „Eesti keskkonnanäitajad 2012,“ 55 lk. 2012. [Võrgumaterjal] Kättesaadav: Keskkonnaministeeriumi Info- ja Tehnokeskus http://www.keskkonnainfo.ee/failid/kk_naitajad2012.pdf [Kasutatud: 11.03.2014].
- [34] T. Teesaar, Lihula katlamaja käekäigust. [Intervjuu]. 11. aprill, 2014.
- [35] „Ühtne pindalatoetus, põllumajanduskultuuri ja heinaseemne täiendav otsetoetus 2012“ PRIA - Põllumajanduse Registrite ja Informatsiooni Amet [Võrgumaterjal], http://www.pria.ee/et/-toetused/valdkond/taimekasvatus/uhtne_pindalatoetus_2012/#eesmark [Kasutatud 24.04.2014].
- [36] “Tooted ja tehtud tööd,” [Online]. Kättesaadav: Rapla Metall, <http://www.raplametall.ee/et> [Kasutatud: 29.04.2014].
- [37] “Keskküttekatel Molle,” [Võrgumaterjal], Kättesaadav: Viljandi Metall, <http://www.vmt.ee/images/Molle.pdf> [Kasutatud: 29.04.2014].
- [38] “Keskküttekatel Pelle,” [Online], Kättesaadav: Cerbos, <http://www.cerbos.ee/et/-k%C3%BCttes%C3%BCsteemide-e-pood/166-pelletikatel-pelle-165-l.html> [Kasutatud: 29.04.2014].
- [39] “Keskküttekatel Pelle,” [Võrgumaterjal], Kättesaadav: Viljandi Metall , http://www.vmt.ee/images/Pelle_Paigaldus_ja_kasutusjuhend.pdf [Kasutatud: 29.04.2014].
- [40] "Eesti Energia: puiduhakkest toodame osa rohelisest energiast," [Võrgumaterjal], Kättesaadav: Innovatsioonista kodulehelt, <http://www.innoeurope.eu/artiklid.php?uid=454> [Kasutatud: 05.05.2014].
- [41] "Kütuste hinnavõrdlus," [Võrgumaterjal], Kättesaadav: Energate kodulehelt, <http://www.energate.ee/index.php?page=105&> [Kasutatud: 09.05.2014].
- [42] “Biokütuste andmed,” [Võrgumaterjal], Kättesaadav: AS Tamult, <http://www.tamult.ee/article/ee/233/1527> [Kasutatud: 29.04.2014].
- [43] „Lääne-Virumaal hävis küünipõlengus 300 tonni heina ja vilja,” [Võrgumaterjal], Kättesaadav: Postimees online, <http://www.postimees.ee/2688594/laane-virumaal-havis-kuunipolengus-300-tonni-heina-ja-vilja> [Kasutatud: 26.04.2014].
- [44] „Raplamaal hävis tules järjekordne heinaküün,” [Võrgumaterjal], Kättesaadav: Postimees online, <http://www.postimees.ee/2636476/raplamaal-havis-tules-jarjekordne-heinakuun> [Kasutatud: 26.04.2014].
- [45] „Ida-Virumaal Amula külas põles heinaküün,” [Võrgumaterjal], Kättesaadav: ERR online, <http://uudised.err.ee/v/eesti/3c27eaf4-8c74-42fa-afd0-ba05716add34> [Kasutatud: 26.04.2014].

- [46] „Roosna-Alliku põlengu tossu nähti 30 km taha,” [Võrgumaterjal], Kättesaadav: Reporter online, <http://www.reporter.ee/2014/04/19/jarvamaal-roosna-allikul-poles-heinakuun/> [Kasutatud: 26.04.2014].

Lisa 1. Koondandmed puitkütuse varude ja toodangu kohta koos energiasisaldusega

Liik, allikas	Teoreetiline varu, mln tm	Tehniline varu, mln tm	Majanduslik varu, mln tm/a	Toodang praegu, mln tm/a	Majanduslik varu energiasisaldus, PJ
Küttepuit (KP)	Metsa üldvaru - 409,4 OÜ Eesti Metsakorralduskeskuse andmetel 465,5	Kokkuleppeline raiemah (KLR) alla 7,81 Kavandata raiemah (KR) 13,1 Hinnanguline raiemah (HR) 10,8	Raie 6,7 (1999) Kokkuleppelise raie mahu järgi 1,56 kavandatava raie mahu järgi 2,62 Eksperthinnangu alusel võiks küttepuidu osa olla 2,16 Küttepuidu osa ~20% raie mahust	1,66 (1999), sellest: 0,13 soojuseks; 0,09 muundati teisteks kütuseliikideks; 1,46 lõpptarbimiseks	Praeguse toodangu kohta 12,13 Praeguse kokkuleppelise raie mahu järgi 11,40 Kavandatava raie mahu järgi 19,15 Realistliku, hinnangulise raie mahu järgi 15,79
Raiejäätmed (RJ)	Osa metsa varust	Osa raie st Jäätmeid keskmiselt kuni 20% raie tavast puidust KLR – 1.56, KR – 2.62 HR – 2.16	Tehnilis-majanduslikud eeltingimused kasutamiseks on enamikus piirkondades loomata KLR – 0.78, KR – 1.31, HR – 1.08, Energeetiliseks kasutamiseks ~50% raiejäätmetest	Hinnanguliselt mitte üle 0,05 (2001)	Praeguse toodangu kohta 0.37, KLR – 4.69, KR – 7.88, HR – 6.49

Liik, allikas	Teoreetiline varu, mln tm	Tehniline varu, mln tm	Majanduslik varu, mln tm/a	Toodang praegu, mln tm/a	Majanduslik varu energiasisaldus, PJ
Puidutööstusejäätmel (PTJ)	Osa metsa varust Osa impordist	Osa raiest Koos ~15% impordiga KLR – 4.05, KR – 6.52, HR – 5.59, Kui raiutav puit töödeldakse Eestis	KLR – 1.62, KR – 2.61, HR – 2.34, Puidutööstuses läheb ~40% lähtematerjali jäätmeteks, mis sobib energeetiliseks kasutamiseks	1.42 (1999), sh 0.88 muundatakse soojuseks, 0.50 lõpptarbimiseks	8,69, sh 5,39 muundatakse soojuseks; 3,09 lõpptarbimiseks KLR – 10.69, KR – 17.23, HR – 14.75
Puidugraanulid e pelletid ja puidubrikett (PPB)	Osa metsa varust Osa impordist	Osa puidutööstuse jäätmetest	Toore tekib puidu- ja mööblitööstuses	Pelletite toodangu prognoos 2002. a 155 000 t/a. Praktiliselt kõik eksporditakse. Puidubriketi eksport ~20 000 t/a. Vähesel määral tarbitakse Eestis	Praeguse toodangu kohta kuni 3,2
Puusüsi (PS)	Osa metsa varust metsa- ja mittemetsamaadel	Osa raiest	Põhiliselt väheväärtuslik puit mittemetsaaladelt praegusele söe toodangule vastavalt 0,06	Toodang hinnanguliselt 10 000 t/a (2001) Eksport u 75%. Kasutatakse peamiselt grillsöena toidu tegemiseks.	Praeguse toodangu toorme järgi 0.44

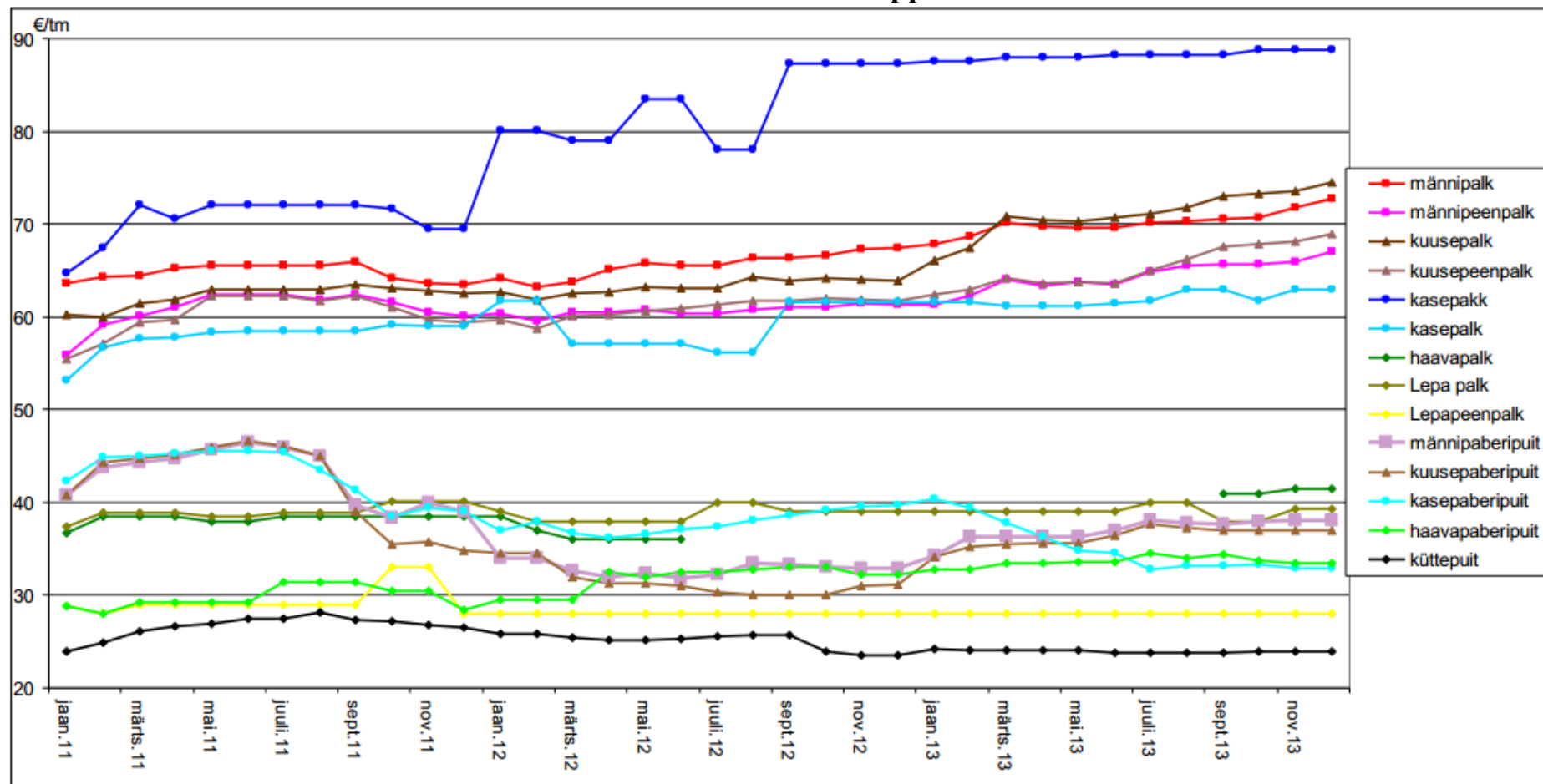
Liik, allikas	Teoreetiline varu, mln tm	Tehniline varu, mln tm	Majanduslik varu, mln tm/a	Toodang praegu, mln tm/a	Majanduslik varu energiasisaldus, PJ
Võsapuit (VP)	Osa varust mittemetsamaadel - 4.93 (põõsastikud, looduslikud rohumaad)	Hinnanguliselt 0.13 mln ha	Raiemaht võiks olla 0.7; sh hall lepp 0.5, sookask 0.05, mänd 0.02 ja muu 0.13	Statistilist arvestust ei peeta (kaudne arvestus). Kasutatakse väikeelamute kütteks	Majandusliku varu järgi 5,0
Energiavõsa ja –mets (EM)	Muust kasutusest vaba maa 0,2–0,3 mln ha	Hinnanguliselt 0,1 mln ha	Saagikus ~15 t/ha kuivainet, kokku 1,5 mln tonni e 4,05 mln tm (arvestatud energiapajuga)	Katsekasvatamine. Toodang olematu	Hinnanguliselt 24,3
Ehitus- ja lammutusjäätmed (ELJ)	-	-	Sõltub ehitustegevusest ja elamufondi amortiseerumisest	Puudub statistiline arvestus. Hinnanguliselt ~5% puitkütuse lõpptarbimisest elamumajanduses e 0,07	Praeguse toodangu kohta 0,48
Must leelis (ML)	Osa metsa varust	Osa tööstuslikust puidust	Sõltub paberitööstuse käekäigust (AS Horizon Kehras)	50 300 t/a (2001)	Praeguse toodangu kohta 0,73

Lisa 2. Metsatööstuse kõrvaltoodangu energiatootmiseks kasutamise võimalused

Puidulise biomassi (sh energiatootmiseks sobiva) tekkimine kõrvaltoodanguna ja kasutus tööstuses toodete tootmiseks sisendina							
I. Kõrgema kvaliteediga tooret tarbiv tööstus ja puidulise biomassi teke selle tööstuse kõrvaltoodanguna							
Puidutööstuse liik	Toodangu- maht, m³	Toorme- vajadus, m³	Kõrval- toodang, m³	Jäätmetena arvestamise osakaal, %	Jäätmetena arvestatud, m³	Kõrvaltoodangu liik	Märkused
1. Saetööstus + muu (sh postid), toormevajadus on ülemõõduta ja kooreta tüvepuidu maht	1,9 mln	3,8 mln	1,17 mln	0	0	hake (60% saagimisel kõrvaltoodanguks mineva puidu kogumahust, sisaldab ülemõõdu)	See blokk kasutab primaarseks toormeks metsast tulevat peamiselt kõrgekvaliteedilist ressurssi ja jätkutööstuses saematerjali
			780000	100	780000	saepuru (40% saagimisel kõrvaltoodanguks mineva puidu kogumahust, sisaldab ülemõõdu)	
			110000	100	110000	ülemõõdu (3% palkide kogumahust)	
			390000	100	390000	koor (10% lisaks kooreta ülemõõduga palkide mahule)	
2. Jätkutööstus = saematerjali kasutatav tööstus hõõveldamine, jätkamine, liimimine, komponendid jmt Saematerjali näivtarbimine, sisaldab importi 1 000 000 m³.		2 mln	600000	100	600000	saepuru ja laast, klotsid jmt	
3. Vineeri ja spooni tootmine	160000	420000	260000	100	260000	koor ja hake	
Kokku kõrvaltoodang:			3,31 mln		2,14 mln		
II. Paberi- ja termomehaanilise puitmassi tootmine, (osaliselt saab kasutada ka ülemise bloki kõrvaltoodangut)							

Paberitööstuse liik	Toodangu- maht, t	Toorme- vajadus, m³	Kõrval- toodang, m³	Jäätmetena arvestamise osakaal, %	Jäätmetena arvestatud, m³	Kõrvaltoodangu liik	Märkused
1. Termomehaaniline puitmass	160000	400000	40000	100	40000	koor	See blokk kasutab primaarseks toormeks metsast tulevat paberipuu iseloomuga ressursi ja osaliselt I blokis olevat kõrvaltoodangut
2. Paberi tootmine	65000	320000	32000	100	32000	koor	
Kokku paberitööstuse kõrvaltoodang:			72000		72000		
III. Madalama kvaliteediga puittooret tarbiv tööstus ja puidulise biomassi kasutus tööstuslike toodete tegemiseks							
Puidutööstuse liik	Toodangu- maht	Toorme- vajadus, m³	Kõrval- toodang, m³	Jäätmetena arvestamise osakaal, %	Jäätmetena arvestatud, m³	Kõrvaltoodangu liik	Märkused
1. Pelletite tootmine, t	500 tuhat	1,25 mln					See blokk kasutab primaarseks toormeks metsast tulevat madalakvaliteedilist ressursi ja I blokis olevat kõrvaltoodangut
2. Puitlaastplaadi tootmine, m³	170000	280000	19600	100	19600	segajäätmed	
3. Puitkiudplaatide tootmine, m³	70000	44000					
Kokku madalakvaliteedilist puitu toormeks kasutava tööstuse kõrvaltoodang			19600		19600		
			Kõrval- toodang (m3)		Jäätmetena arvestatud (m3)		
KOKKU puitne kõrvaltoodang metsatööstusest			3,4 mln		2,23 mln		
* Jäätmete all on mõeldud metsatööstuse kõrvaltoodangut, mida saab kasutada energiatootmiseks; ei sisalda haket saetööstusest, mida kasutatakse paberitööstuse toorainena							
Kõik mahud antud tihimeetrites (m³ õhuvahedeta puitu)							
Tabel ei arvesta puidulise biomassi kasutamist tööstuses toimuvaks energiatootmiseks vaid ainult toodete sisse minevat osa, kuna tööstuses toimuv energiatootmine võetakse arvesse energiatootmise mahu planeerimisel							
Peenpuitu tarbivat tööstust võib lisanduda tulevikus							

Lisa 3. Puidu hinnad ilma käibemaksuta suuremate ettevõtete lõpplaohindade alusel



Lisa 4.OÜ Lihula Soojus ja intervjuu härra Tõnu Teesaarega

Et selgust saada Eesti biomassil toimivatest küttesüsteemidest ja näha oma silmaga biomassi katlamaja käekäiku, külastas autor OÜ Lihula Soojus katlamaja ja intervjueris juhatuse esimeest Tõnu Teesaart. Intervjuu koosnes kahest osast, suulisele intervjuule (helisalvestusega CD lisatud) eelnes meilivahetus, kus härra Teesaar vastas osadele küsimustele. Intervjuu toimus 11.04.2014, Lihula katlamajas, aadressil Aia 16.

Järgnevalt toob autor välja intervjuu (kirjalik ja suuline) küsimused, vastused ja selgitused.

1. Kas töötlete rohtset biomassi kohapeal (briketeerite või granuleerite)?

OÜ Lihula Soojus ei tegele ise kütuste tootmisega ega kasvatamisega, vaid korraldame vähempakkumise hankeid. Kütuste kvaliteet ja pakendamine peab olema tarnija poolt täidetud, kohapeal on konveierile laadimiseks telfertõstuk, aga mingit ümbertöötlemist enam ei toimu.

2. Kui suureks probleemiks on antud kütuse tuhasus?

Heina puhul ei tohiks temperatuurid üle 900° C minna, muidu hakkaks hein slakkuma, hakke puhul oleks vaja üle 1000° C kraadi. Sellisel juhul peaks olema katlal sees müüritis, mis ei laseks kolde temperatuuril langeda. Kui on väiksemad katlad, siis on see mõeldav.

3. Kui suured on CO₂ ja SO₂ näitajad?

Biokütuste põletamisel CO₂ emisiooni ei arvutata, kuid ametlikud näitajad on CO₂ - 27 t/a ja SO₂ 0,4 t/a.

4. Kas kütus tuuakse Teile ise kohale (st kas Teile pakutakse) või peate ise otsima ja ostma kokku?

Seni, kui pakkujaid on rohkem, saab hinda hoida kontrolli all. Väljavalitud pakkujatega sõlmime aastase tarnelepingu, mida nad täidavad, vastavalt meie vajadustele. Üheks nõudeks on see, et hein peab olema kuiv, ning teiseks suuremaks nõudeks on heina- ja põhupakki lahti hargnevus. Kokkuostu lahendus on välistatud, kuna võib põhjustada „vanaraua“ efekti - heinapalle võidakse hakata varastama põldudelt.

5. Mis toimub katlamajas suvisel perioodil?

Suvisel perioodil toimub katlamajas hooldus ja remondi aeg. Iga kevad võetakse süsteem lahti, toimub remont ja hooldus, sügisel pannakse uuesti kokku.

6. Kas katlamaja soojust on võimalik salvestada (kuidas ja kuhu)?

Soojust saab akumulioneerida ja hiljem laiali jaotada. Luha heina küttelahendusele selline lahendus ei sobi ja selle tõttu ei kaalutud katlamaja rajamisel ka kombi võimalust (elekter ja küte).

7. Millised olid tingimused ja nõudmised antud katla jaoks?

25 km raadiuses peab olema suurem biomassi kütusega varustaja. Antud katlamaja põletustehnoloogia on pärit Taanist, kus seda kasutavad põhiliselt taluomanikud, kes kasvatavad vilja ja kogutud põhu kütavad talvel oma hoonete tarbeks. Katelde võimsused on vastavalt kütuse olemasolule. Lihula katlamajas on selle klassi võimsaim, 1800 kW, tehnoloogia.

8. Kuidas antud katel toimib?

Heina- ja põhupallid ja pakid asetatakse transpordi liinile (Joonis 22), selleks kasutatakse spetsiaalset haaratsit (sellega saab tõsta nii palle, pakke kui ka haket - vahetatavad lisad, vaata Joonis 23) ja need transporditakse hakkijasse.



Joonis 22. Heina- ja põhu pallide/pakkide transpordi liin [autori erakogu]



Joonis 23. Põhupaki haarats, mille külge on kombineeritud heinapalli haarats [autori erakogu]

Lin-Ka hakkija on varustatud nugadega, mille ülesanne on heina- ja põhupallide lahti harutamine ja hakkimine. Lahti hakitud hein suunatakse teo abil 200 mm torustikesse, kus edasi juhitakse pneuma transpordiga hein koldesse viiva tigutransportööri. Kui ei kasutata heina, suunatakse salvest puiduhake tigutransportööri poolt konveierilindile, mis toimetab hakke koldesse viiva tigutranspordini. Kuigi lõppfaasis jõuavad nii hake kui hein sama söötja juurde (Joonis 24), saab kasutada ainult üht kütust korraga, ei ole võimalik kasutada nii heina kui haket.



Joonis 24. Kolde tigusöötjasse jõuavad nii hake (mööda sinist konveieri kanalit) ja hein (mööda pneuma transporti ülevalt) [autori erakogu]

Kogu süsteem on automaatne. Kui koldes langeb temperatuur alla 92° C, lülitub sisse hakkija, hein juhatakse koldesse ja kui koldes on saavutatud temperatuur 98° C, lülitab süsteem end välja.

9. Kui suur on antud katlamaja/katla kasutegur?

Selle katla kasutegur on tehase andemete järgi 90 %.

10. Milline restseade/söötja on antud katlal?

Tigusöötja ja pneuma⁵transport (õhk transport).

11. Millised kütuseid kasutab kõnealune katel?

⁵Pneumaatiline transport on torustiku võrgustik, kus tahked osakesed pannakse liikuma osalise vaakumi või suruõhu mõjul.

Lihula katlamaja kasutab reaalselt ainult looduslikke biokütuseid ja nendeks on põhikütusena hein, kas luhast või põllult, mille niiskus ei ületa 15 % . Asendusküttena hakkpuitu, mille niiskus ei ületa 30 %.

Tabel 14

Kütuste võrdlustabel [42]

Kütus	Niiskuse sisaldus %	Kütuse kütteväärtus MWh/t	Kütuse erikaal kg/m ³
Põhk/hein/õled	15 - 18	4,0 - 4,17	100 - 135
Märg biokütus/biomass (hake, koor, saepuru)	45 - 60	2,2 - 2,6	280 - 300
Saeveski laastud, kuiv	18 - 20	4,2	180
Puidugraanul	1,8	4,8	660
Tükkturvas	6,8	3,3	387
Freesturvas	45 - 50	2,6	341
Põlevkiviõli	-	9,6	960
Kergeõli	-	11,5	840
Maagaas m ³ kohta	-	0,01	-
Vedelgaas	-	13	-

Põhu, heina jms biomassi kütteväärtuseks Lihula katlamajas on vahemikus 3,0-3,5 MWh/t, ehk ligikaudu 3 korda väiksem kui põlevkiviõli kütteväärtus.

12. Millist hakkpuitu eelistate? Kask, kuusk, haab, lepp?

Puidu sortimendile ei ole eelistusi, ainukeseks nõudeks on laastude ja tüki suurus.

13. Kas olete kaalunud energiavõsa kasutamist?

Kaalutud on, kuid tegemist ei ole kvaliteetse kütusega. OÜ Lihula Soojus on võtnud energiavõsa küll endale varu kütuse variandiks, pakkuja on olemas ja kui vajadus peaks tekkima, siis on ainult lepingu vormistamise vaev.

14. Kui suur on Matsalust tulev kütuste osakaal?

Kui projekt käima pandi, oli nende partneriks Matsalu alade haldaja. Nüüdseks on RMS võtnud Matsalu alade haldamise enda kätte ja reguleerib rentnikke ja alade kasutust. Hetkel tuleb $\frac{3}{4}$ pakumistest Matsalust.

15. Kas antud seisuga on kasutuses kogu ümbruses paiknev kütuste potentsiaalne varu?

Lihula katlamaja projekti järgi on potentsiaalset varu:

- haritava maana 9 tuhat ha,

- loodusliku rohumaa 6 tuhat ha,
- metsamaa 13 tuhat ha,
- muu maad 10 tuhat ha.

Läänemaa poollooduslike rohumaaade teoreetiline energiahulk 758 tuhat GJ (~211 tuhat MWh).

16. Kui suurelt alalt kütust kogutakse?

Kütus tuuakse 25 km raadiusest, ümber Lihula katlamaja. Praktika on näidanud, et üle selle, ei tasu enam ära.

17. Kas lähiümbrus või tuuakse ka kaugemalt?

Nagu eelnevalt sai mainitud, siis kaugemalt kui 25 km ei tasu enam ära. Enamuse oma kütustest saab Lihula katlamaja Matsalust.

18. Milliste kütuste hindade juures tasub veel ära Lihula katlamaja käigus hoidmine?

Üle 60 euro hakkab juba raskemaks minema. Kui pangalaen tagasi saab makstud, siis on veel mängumaad.

19. Kas ettekande süsteemis on olnud rikkeid? Millised ja kuidas probleemid on lahenenud?

Kui biomassi pakid või pallid on liiga väikesed, ei jää kettresti peale, ei saa neid edasi viia (3 ketti, mõõduga 125 mm). Kui on liiga pehmelt kokku pressitud, siis roog/hein ei ole katki pressitud. Rohtse biomassi pakki ei tohi jääda tervet toru/kõrt, heinapakk või pall peab olema nii kokku pressitud, et kõrred muutuvad lapikuks, siis suudab hakkija ei neid läbi murda/lõigata ja nugade vahelt läbi minna. Kui hein on olnud niiske ja heinapalli südamik juba „briketeerinud“, siis lõhub ära noad. Tarnijatega on räägitud ja korduvalt informeeritud probleemidest ja võimalikest lahendustest. Siiani pole probleemid lahenenud.

20. Kas on esinenud küttepindadega probleeme?

Kui kasutatakse ainult heina, siis ei ole olnud probleeme, kui on aga vaja minna üle hakkele, siis hake tahab saada suuremaid soojusi. Kui hake on niiske, peab katlale eelnema pikk eelkolle (Lihula katlamajal eelkolle puudub), mis kuumutab hakkest niiskuse välja, nii et katlas toimuks ainult põlemine. Kuiva puitkütuse korral probleeme pole.

21. Kui tihti on vaja katelt puhastada, saastumiskiirus?

Katlal on isepuhastussüsteem. Iga tunni aja möödudes, täidab süsteem surveõhupaagid, mille järel vabastatakse õhk "pauguga" koldesse. Sedasi lüüakse koldes sadestunud tuhk uuesti liikvele. Tuha ärastus toimub kolde põhjas asuva mehaaniliselt liikuvate treppide abil (Joonis 25).



Joonis 25. Dansstokeri kolle - põhjaks on liikuv mehaaniline rest, külgedel olevatest avadest lastakse surveõhk pauguga koldesse. Kolde suudmest toimub tuha ärastus [autori erakogu]

22. Kui suured on tekkivad tuha kogused?

Tuhka tekib 2-4 % põletatud kütuse kogusest.

23. Kuhu viiakse tuhk ja mis sellest edasi saab?

Kogutakse konteinerisse, mis viiakse viljakasvatajatele põllule.

24. Millised on antud katlamajaga kaasnevad plussid ja miinused, mida tuleks meeles pidada?

- väga tähelepanelik tuleb olla kütuse kvaliteedi osas (heinapakid või rullid peavad olema kuivad ja mittepaakunud või -jäätunud, hakkpuidus vähe lund jne). Lihula katlamajal on vaja kuiva ja hakitud heina (peab olema hekseldatud enne pakkimist või rullimist 10-15 cm pikkusteks laastudeks), mis tuleb kohe peale lõikust viia küüni;

- katlamaja peab olema universaalne. Hein, põhk, hakkpuit, kas pakitud kujul või rullituna; rohkem kui üks tarnija. Alati tuleb meelespidada, et kütuste hinnad ja ilmad on muutlikud! Kui ilmad on olnud kehvad ja heina ei saa, tuleb kiirelt ümber minna teise kütte peale;
- kuiva heina ja niiske hakkpuidu pikaajalist ühes ruumis ladustamist tuleb vältida – suur põlengu oht (tekkinud bioloogilis-keemilise protsessi tulemusena);
- biomassil toimivat katlamaja rajamine ei ole lihtne, tingimused kus katlamaja üles seatakse ja kütuse võimalused on kõikjal erinevad;
- kombinatsiooni - väikelinna kaugkütte katlamaja + ligidal olevad ulatuslikud looduslikud rohumaad - ei ole Eestis arvukalt, sama kehtib ka väikekatlamajade koht;
- kütteheina varumisel ei erine heina hinnad oluliselt turuhindadest. Heina hinda mõjutab mootorikütuste hind. Kütteheina hind - heina hind tarnija poolt katlamaja lattu tooduna ja virnastatuna;
- biokütuste katlamaja hooldus on töö- ja materjalimahukam kui vedelkütuste katlamaja hooldus. Seadmeid ja liikuvaid osi on oluliselt rohkem.

25. Kui suur hinnavahe Teile müüdavate kütuste vahel ja Teie poolt müüdava sooja hinna vahel?

Hinnad algavad 35 eurost kuni 48 euron. Müüdav sooja piirhind hetkel on 57,71 €/MWh ilma käibemaksuta, tegelik müügihind 2010/2011 ja 2011/2012 oli 54,96 €/MWh.

26. Kui suurt mõju on mänginud kuumad suved ja külmad talved?

Vaatamata karmidele talvedele, on katel käivitunud korrapäraselt, tõsiseid tõrkeid Lihula linna soojavarustuses ei ole esinenud.

Märjad aastaajad ja üleujutused omavad suurimat rolli. Kui hein ladestatakse küüni niiskena, võib see hiljem süttida. Peale süttimise on veel oht, et heinapall läheb mädanema või palli südamik kivistuda, muutudes briketilaadseks. Selliseid heina- ja põhupalle, ei ole võimalik purustada, kivistunud pallid lõhuvad hakkija terad ära.

27. Kui antud valda pandaks püsti lisaks üks 300 kW katel, kui suurt mõju avaldaks see Lihula katlamaja tootlikkusele?

Antud olukorras, ei oleks oluline selle katlamaja võimsus - kui see biomassil toimiv katlamaja jääks 25 km raadiusesse, tõuseks biomassi hind Lihula piirkonnas liiga kiiresti, liiga kõrgele ja peale selle võib lisanduv katlamaja röövida OÜ Lihula Soojuselt kütuse tarnijad. Sellel oleks fataalsed tagajärjed OÜ Lihula Soojusele.

28. Kui suured on soojuskaod katlamajast kuni lõpptarijani?

Aastate lõikes olid soojuskaod järgnevad:

- 2010.a. – 10,5 %;
- 2011.– 12 %;
- 2012.a. – 12,4 %;
- 2013.a. – 13,5 %;
- 2014.a. hetke seisuga – 11 %.

Probleemiga tegeletakse, vanade küttesüsteemide renoveerimine on planeeritud KIK'iga.

29. Kas riik toetab Lihula katlamaja, millised on toetused?

Keskkonnainvesteeringute keskus poolsed toetused. Vanade küttesüsteemide renoveerimine on planeeritud, hetkel on puudu omapoolne rahaline finantseering, 15 % kogu projekti maksumusest. 2010.a. novembris esitas OÜ Lihula Soojus KIK-le projekti „Lihula linna kaugküttevõrgu uuendamine ja täiendavate ühenduste rajamine.“ Omaosalus oli projektis 50 % ja projekti eesmärgiks oli 2011-2013.a. rajada uued soojatorustikud 7 uue tarbijani, mille tulemusel lõpetavad töö fossiilseid kütuseid tarbivad lokaalsed katlamajad (81 t kerget kütteõli ja kivisütt aastas) ning rekonstrueerida kõige halvemas seisukorras ja suurimat soojakadu põhjustavad kaugküttevõrgu maa-alused ja maa peal asetsevad lõigud. Aastase tarbimise kasv ca 15-20 % (450-600 MWh). Tulemusena rajati ühendus ainult 4 uue tarbijani.

30. Kas riik toetab ka maaomanikke, näiteks pakkudes soodustusi?

Riik toetab maaomanikke, et nad niidaksid oma põllumaid (ühtne pindalatoetus, põllumajanduskultuuri ja heinaseemne täiendav otsetoetus). [34] Kui kaob riigipoolne toetus, kaob ka turg. Leidub küll maaomanikke, kes pakuvad väiksemaid koguseid, 20 - 60 t heina- ja põhupalle, kuid alla 100 t lepinguid ei sõlmita.

31. Kas saadakse ka toetust ELLt?

Siiani pole kasutatud seda võimalust, kuid trasside renoveerimisel arvestatakse selle võimalusega.

32. 2006.a. korraldatud küsitluse ajal olid kohalikud põllumajandustootjad valmis Lihula katlamajale tarnima heina 2000, põhku 500 ja pilliroogu 200 tonni. Kas 2013 ja 2014 on need numbrid samad? Kasvanud või vähenenud? Miks?

Reaalselt ei saada selliseid numbreid kokku. Pilliroo pakkujaid ei ole, pilliroogu on raske niita (vajab spetsiaalset tehnikat ja lisaks on niitmiseks liiga väike ajaaken – poolteist kuud aastas). 2013 aasta olid põllumajandustootjad valmis Lihula katlamajale tarnima (mis vastasid OÜ Lihula Soojuse nõuetele), 600 t heina. Umbes samapalju pakutavast kogusest ei vastanud mõnele nõutud tingimusele ja suur osa niidetud heinast ja põhust, jäetakse omanike poolt põldude äärde lihtsalt seisma. Aastas kulub Lihula katlamajal ligi 1000 tonni heina ja 200 tonni hakkpuitu, põlevkiviõli praktiliselt ei ole kasutatud. Kuna ~1300 t heina on vaja, siis tehakse pakkujatele ka järeleandmisi heina nõuetelt, näiteks võetakse peale heinapakkide ka heinapalle.

33. Eesti biokütuste ühingu seminaril oli mainitud, et kui Lihula katlamaja viia täielikult üle rohtsele biomassile, siis jääb vajaliku biomassi kogus sõltuvalt aastast 1200-1500 tonni vahemikku. Kas need numbrid olid 2013 samad? Kas on olnud muutusi, miks?

Muutusi ei ole olnud, need numbrid on minimaalsed kogused, et katlamaja saaks toimida rohtsel biomassil.

34. Kas ehitusprojekt täideti 100 %?

Ehitusprojekti võib lugeda 100% täidetuks, tehti mõningaid muudatusi katla osas. Paigaldati Danstoker'i universaalne kuiva rohtset biomassi (lubatud niiskus < 18 %) põletav 1,8 MW põhikoormuskatel, milles on võimalik kasutada ka hakkpuitu (lubatud niiskus < 45 %). Laokomplekt, mis ehitati, mahutab ainult kuu varu kütust. Suurema lao ehitus ei olnud mõeldav, sest risk põlengute osas (kui hein on viidud küüni niiskena) on kõrge. Märkusena juhib autor tähelepanu viimastele põlengutele:

- Järvamaal, Roosna-Allikul, ~ 300 t heina- ja põhupalle, 19.04.2014,
- Lääne-Virumaal, Vaekülas, 300 t heina ja vilja, 06.02.2014,
- Raplamaal, Vana-Kaiu külas 200 t heina 18.12.2013,
- Ida-Virumaal, Amula külas, ~200 t, 20.08.2013,
- Läänemaal, Lihula linnas, 200 t, 27.05.2013.

35. Kui kaua põleb üks heinapakk ja kui suur on eralduv soojusenergia?

Heinapakk kaalub ligikaudu 350 kg, see põleb umbes 1 tunni ja annab ligikaudu 1 MWh soojusenergiat.

36. Kui kestlik/jätkusuutlik on antud katlamaja?

Siiani on kahjumid kaetud eelmiste aastate kasumi arvelt. Varsti aga ei ole kasumit enam võtta ja seda arvesse võttes, võib öelda, et tegu ei ole kestlikku lahendusega. Siin mängivad suurt rolli ka

kütuse pakkujad ja turg, ning nagu ennem sai vastatud, siis lähedusse rajatava teise katla puhul, oleks fataalsed tagajärjed.

37. Teie visioon biokatelde tulevikust?

Kui biomassi turul ei ole näha muutusi, tarnijate ja kütuste mahu kasvu näol, siis on biokatelde tulevik tume. Ei ole piisavalt turgu/pakkujaid. Ainukeseks motivaatoriks on toetus riigi poolt. Sedasi aga turgu ei teki, inimeste motiiv on hoopis teine. Heinarullid seisavad põldude ääres, need aga viiakse, kui viiakse ära, alles siis, kui uue heina lõikuse aeg on käes.

Härra Teesaar selgitas lisaks, et idee rohtse biomassiga Lihula linna kütta, pakkusid Matsalu looduskaitseala töötajad, eesotsas Aleksei Lotmaniga. Matsalu alasid ohustas juba 1990-date teisel poolel võsastumine, mis oli omakorda ohuks kohalikule linnustikule. 1999.a. valmis uuring „Matsalu märgala biomass biokütusena”, 2001.a. tehti märke Lihula arengukavasse, et võtta kasutusse kohalikud taastuvad biokütused. 2005.a. algatati projekt „Eluterve ja jätkusuutlik keskkond Lihula vallas - Matsalu märgala pilliroo ja muu biomassi kasutamine Lihula linna energiavarustuseks“, eesmärgiga selgitada Lihula katlamajas pilliroo ja muu rohtse biomassi kasutamise tehnilised võimalused ja majanduslikku tasuvust. Projekti raames käsitleti ka rohtse biomassi briketi ja pelletite tootmise ning sooja ja elektri koostootmise võimalusi. Selle töö tulemusena valmis eeluuring "Matsalu märgala roo ja muu biomassi kasutamise võimalused energiatootmisel Lihulas" ja uurimistöö "Pilliroo põletamiseks sobivaima soojuse ja elektri koostootmise tehnoloogia uuringu läbiviimine ning tehnoloogia tarnijate pakkumiskonkursi dokumentatsiooni ettevalmistamine." Uuringute tulemusena leiti, et biokütuste kasutamine Lihula katlamajas on võimalik juhul kui:

- kasutatakse enamuselt olemasolevat tehnoloogiat (sh põllumajandustehnika);
- kütuste valik on lai (kasutatakse nii pilliroogu, heina, põhku kui ka puitkütuseid);
- projekt töö saaks tagastamatut abi.

Uuringus välja toodud riskideks loeti:

- puudujääke kütuste laekumises;
- biokütuste hinna tõusu;
- tarbijate vähenemist.

Katlamaja ehitustöödega alustati 04. mail 2009.a. ja taasavati 02. oktoobril 2009.a. Ehituse käigus demonteeriti vanad põlevkiviõlil töötavad katlad ja teised vananenud seadmed ja paigaldati Danstoker'i universaalne kuiva rohtset biomassi või puitkütuseid põletav 1,8 MW

põhikoormuskatel. Reservkatlana jäi käiku Danstokeri Multimaiseri 1,23 MW põlevkiviõli katel (Joonis 26).



Joonis 26. Danstoker 1,8 MW põhikoormuskatel (vasakul) ja Danstoker Multimaiser 1,23 MW põlevkiviõli katel (paremal) [autori erakogu]

Autorile oli külastus OÜ Lihula Soojuse katlamajale väga valgustav ja intervjuu härra Teesaarega tõi välja biomassi ja biomassil toimivate katelde miinuspooled. Kuigi Lihula katlamajas ei kasutata väikekatelt, on tegemist ikkagi biomassil toimiva küttesüsteemiga, mille kütuse probleemid on otseselt seoses väikekateldega. Intervjuust tuli selgelt välja, et hetke turu seis ei ole soosiv biokatelde arengule ja populaarsuse kasvule. Üllast eesmärgist ja heast tahtest ei tee keegi biokütust, vaja on rahalist toetust. Hetkel aga on toetused väikesed, maaomanike motivatsioon väike ja alternatiivsete lahenduste (nagu näiteks pilliroog ja energiavõsa) osakaal väike, kuna pole oskusi ja tehnoloogiat, millega niita, või lihtsalt ei soovita kasutada, kuna kütus on kehva kvaliteediga.