



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Soojustehnika instituut

Soojusenergeetika õppetool

MSE30LT

Janely Rohumägi

**TEHNILIS-MAJANDUSLIKUD VÕIMALUSED
ÄRIHOONE KÜTTESÜSTEEMI ÜLEVIIMISEKS
VEDELKÜTUSELT GAASKÜTUSELE NESTE OIL AS
BÜROOHOONE NÄITEL**

Bakalaureusetöö

Autor taotleb
tehnikateaduste bakalaureuse
akadeemilist kraadi

Tallinn
2014

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Kõik töös kasutatud teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis Igor Krupenski juhendamisel

“.....”2014.a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”201...a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”201... a.

..... allkiri

BAKALAUREUSETÖÖÜLESANNE

2014 aasta 6.semester

Üliõpilane: Janely Rohumägi, 112375
Õppekava: MASB
Eriala: Soojusenergeetika
Juhendaja: teadur, Igor Krupenski
Konsultandid: Aivo Sepp, Enri Petrov – AS Filter
Arvo Aruvee, Neste Oil AS
Siim Link – TTÜ

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

(eesti keeles) Tehnilis-majanduslikud võimalused ärihoone küttesüsteemi üleviimiseks vedelkütuselt gaaskütusele Neste Oil AS büroohoone

(inglise keeles) Technical-economical analysis for business buildings heat system conversion from liquid fuel to natural gas according to Neste Oil Ltd office

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Juhendajaga kohtumine ja teema püstitus	5.veebbruar
2.	Sisukorra koostamine ja vajalike andmete kogumine	24.veebbruar
3.	Teooria kirjutamine	10.märts
4.	Arvutuste, graafikute ja analüüsi koostamine	07.mai
5.	Vormistamine	11.mai

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

Katlamajade võrdlus, majanduslikud arvutused, koormusgraafikute põhjal sobiva tehnoloogia ja koostootmisseadme valik

Täiendavad märkused ja nõuded:

Töö keel: Eesti keel

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt

Töö esitamise tähtaeg.....

Üliõpilane Janely Rohumägi /allkiri/ kuupäev.....

Juhendaja Igor Krupenski /allkiri/ kuupäev.....

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöörde

SISUKORD

AUTORIDEKLARATSIOON	2
BAKALAUREUSETÖÖÜLESANNE	3
SISUKORD	4
TABELITE LOETELU	6
JOONISTE LOETELU	7
SISSEJUHATUS	9
1 ÖLIKATLAMAJA ÜLEVIIMINE GAASIKATLAMAJALE	11
1.1 Lokaalkatlamajad	11
1.2 Neste õlikatlamaja	11
1.2.1 Erimärgistatud diislikütus	12
1.3 Põhjused gaasikatlamajale üleminekuks	13
1.4 Neste gaasikatlamaja	13
1.4.1 Gaas kütusena	15
1.4.2 Valitud seadmestik	16
1.5 Õli- ja gaasikatlamaja majanduslikud arvutused	19
2 ELEKTRI JA SOOJUSE KOOSTOOTMINE	22
2.1.1 Koostootmise ajalugu	22
2.1.2 Koostootmise eelised	23
2.1.3 Maagaasil töötavate kombijaamade eelised	23
2.2 Väike- ja mikro koostootmine	24
2.3 Väike- ja mikrokoostootmise tehnoloogiad	24
2.3.1 Kombineeritud tsükliga gaasiturbiin koos utilisatsioon katlaga	25
Gaasturbiinjõuseadme	25
2.3.2 Vasturõhuturbiinid	25
Auruturbiinjõuseadme	25
2.3.3 Reguleeritava vaheltvõtuga auruturbiin	25
2.3.4 Gaasturbiin koos utilisatsioon katlaga	26
2.3.5 Sisepõlemismootorid (gaasimootorid)	26
2.3.6 Mikroturbiinid	27
2.3.7 Stirlingmootor ehk välispõlemismotor	27
2.3.8 Kütuseelement	28
2.3.9 Aurumootor	28
2.3.10 Orgaaniline rankine'i ringprotsess (ORC)	28
2.4 Koostootmisest Eestis	29
2.5 Tõhus koostootmine	30
3 NESTE MIKROKOOSTOOTMISJAAM	34
3.1 Koostootmisjaama rajamise tehnilis-majanduslik analüüs	34
3.2 Neste büroohoone andmed	35
3.2.1 Neste elektritarbimine	36
3.2.2 Ventilatsiooni koormus	37
3.2.3 Sooja tarbevee koormus	37
3.2.4 Küttekoormus	39
3.2.5 Summaarne soojuskoormus ja soojuskoormus graafik	40
3.3 Mikrokoostootmisjaama valik, analüüs ja majanduslikud arvutused	42
3.3.1 Mikrokoostootmisjaama valik	42
3.3.2 CHP majanduslik analüüs	43

KOKKUVÕTE.....	49
SUMMARY	52
KASUTATUD KIRJANDUS	54
Lisa 1 – Gaasiseadmete ja materjalide loetelu	
Lisa 2 - Gaasikatlamaja lõiked	
Lisa 3 – Neste büroohoone 3D joonis	
Lisa 4 – Kütteväärtused.....	
Lisa 5 – Buderuse EN20 tehniline informatsioon	
Lisa 5 jätk	

TABELITE LOETELU

Tabel 1.1 Suvise ja talvise kergkütteõli omadused [4].....	13
Tabel 1.2 Gaasikoostis	15
Tabel 1.3 Gaasi keskmised omadused.....	15
Tabel 2.1 2002-2012 Eesti koostootmistehnoloogiate soojuse ja elektri võimsused [1]	29
Tabel 2.2 Viiteväärtused erinevatele kütustele elektrienergia eraldi tootmise korral	32
Tabel 2.3 Elektrienergia eraldi tootmise viiteväärtuste parandustegurid	32
Tabel 2.4 Viiteväärtused erinevatele kütustele soojusenergia eraldi tootmise korral [14]	33
Tabel 3.1 Büroohoone andmed [15].....	35
Tabel 3.2 Neste kahe aasta elektritarbimine [16]	36
Tabel 3.3 Tarbevee arvutamiseks vajalikud andmed	38
Tabel 3.4 Neste büroohoone arvutuslikud tarbimisandmed.....	40
Tabel 3.5 CHP tehniline informatsioon. Täpsem tehniline info lisas 5. [18].....	42
Tabel 3.6 CHP majanduslikud näitajad.....	47

JOONISTE LOETELU

Sele 1.1 Neste büroohoone. Konteinerkatlamaja asub paremal	12
Sele 1.2 Neste gaasikatlamaja tehniline joonis. Joonis: K-Projekt. Teostusjoonis ja 3D lisas 2 ja 3.....	14
Sele 1.3 Ehitatud gaasisüsteem	16
Sele 1.4 Solenoid magnetklapp ja gaasilekke seade	17
Sele 1.5 Gaasifilter	17
Sele 1.6 Gaasi rõhuregulaator	18
Sele 1.7 Manomeeter.....	18
Sele 1.8 Gaasiarvesti BK 25.....	19
Sele 2.1 Koostootmise tehnoloogiate arengusuund [11].....	24
Sele 2.2 Sisepõlemismootoriga koostootmise seade[12]	27
Sele 3.1 2012 ja 2013 aasta Neste büroohoone koormuskõver kuude lõikes, kW [16].....	37
Sele 3.2 Soojuskoormuse kestvusgraafik	41
Sele 3.3 EN20 seade Waldhorn hotellis Saksamaal [19]	43

EESSÕNA

Käesolev bakalaureusetöö toetub AS Neste Oil (edaspidi Neste) büroohoone konteinerkatlamaja projektile, mille käigus viidi katlamaja töö kergkütteõlilt maagaasile. Töö aluseks olev projekt on saadud aktsiaseltsist Filter, kus autor ka töötab. Töö kirjutamisel on arvestatud AS Filter inseneride ja TTÜ õppejõudude nõuandeid ja soovitusi.

Bakalaureusetöö annab ülevaate projekti tehnoloogilistest lahendustest, mida toetavad majanduslikud arvutused ja arutlev analüüs. Lisaks analüüsitakse büroohoone näitel koostootmisseadmetiku rajamise potentsiaali. Uuritakse koostootmise eeliseid ja puudusi, arengusuundi ning kasutamist Eestis. Kirjeldatakse kasutatavate mikro- ja väikekoostootmisseadmete tehnoloogiad. Toetudes nii teoreetilistele kui ka praktilistele materjalidele, valitakse sobiv tehnoloogiline lahendus ja seade. Samuti antakse hinnang mikro- ja väikekoostootmisseadmete potentsiaalile.

Autor tänab töö valmimisele kaasa aidanud inimesi: oma juhendajat, TTÜ soojustehnika instituudi assistenti Igor Krupenskit, kes oli abiks terve töö valmimisel, TTÜ teadurit Siim Linki, kes jagas soovitusi majandusliku analüüsi koostamiseks ja paljudel muudel olulistel teemadel, AS Filter hooldusjuhti Aivo Seppa ja tehnilist eksperti Enri Petrovit, kes aitasid tehnoloogia kirjeldamisel ja majanduslike arvutuste sooritamisel. Samuti Raido Malõševi, kes jagas informatsiooni Buderuse seadmete kohta. Algandmete kogumisel oli abiks Neste käigujuht Arvo Aruvee.

SISSEJUHATUS

1999. a lõpus algas naftakütuste hindade tõus, mille tulemuseks oli masuudi asendumine maagaasiga praktiliselt kõigis maagaasitorustikega ühendatud piirkondades. Neste katlamaja ehitati aastal 1997, kuid kütuseks oli ikkagi oma ettevõtte poolt toodetud kergekütteõli. 2013 aastal tehti otsus vahetada senine kütus maagaasi vastu, mis on poole odavam. Maagaasi kasutusele võtmine toob kaasa palju hüvesid, kaasa arvatud mikrokoostootmise kasutusele võtmise. Koostootmine on Eestis tõusva trendiga ning katlamajade renoveerimisel on hakatud aina enam ehitama koostootmisjaamu. Enamike Eestis ehitatavate katlamajade võimsused on küll suuremad kui 1MW_e, kuid tulevikku vaadates on põhjust arvata, et sooja- ning elektritootmine muutub veelgi lokaalsemaks ning tehnoloogiate arenedes ja odavnedes hakkavad nii büroohooned kui ka muud väiksema energiavajadusega tarbijad endale ise soojus- ja elektrienergiat tootma. Selline perspektiiv aitaks hoida kokku võrgukadudest tulenevat kulu ning sõltuvalt tarbimisest tootmist paremini reguleerida.

Bakalaureusetöö koosneb kolmest osast. Esimese peatüki eesmärgiks on anda ülevaade Neste AS õlikatlamaja üleviimisest gaasikatlamajale. Tehakse ülevaade kasutatud seadmestikust ning võrreldakse katlamajade omadusi. Töö teine osa sisaldab vajalikku teooriat koostootmise mõistmiseks: uuritakse koostootmise eeliseid ja puudusi, arengusuundi ning kasutamist Eestis, kirjeldatakse kasutatavate mikro- ja väike koostootmise seadmete tehnoloogiad. Töö kolmandas osas valitakse sobiv koostootmisüksus, mida toetatakse majanduslike arvutustega. Koostatakse büroohoone koormusgraafikud, mille alusel valitakse sobiv CHP (*Cogenerated heat and power plant* ehk koostootmisjaam) seade. Toetudes Eesti elektrituruseadusele, arvestatakse ka seadusandlust ja sellest tulenevaid toetusi. Töö koostamisel on tehtud palju koostööd soojusenergeetika ala inseneridega.

Töö peamiseks eesmärgideks on Neste Oil AS projekti kirjeldus ja sobiva mikro-CHP valik koos toetava analüüsiga. Lisaks sellele on eesmärk arendada töökoostaja praktilisi oskusi, suheldes ja pidades nõu paljude soojusenergeetika valdkondade spetsialistidega, küsides hinnapakumisi ja kogudes töö koostamiseks vajalikke andmeid.

Töö hüpoteesiks on, et Neste büroohoone katlamaja gaasile üleminek oli väga hea lahendus ning seda oleks pidanud juba varem tegema, sest kütteõli on väga kallis kütus. Teise poole

hüpoteesiks on, et kuna praegusel hetkel on väike- ja mikrokoostootmisjaamad - isegi koos suurte toetustega - liiga kallid lahendused, tuleb odavam toota suurematel võimsustel ning samuti on tunduvalt odavamad ka muud lokaalsed lahendused (gaasikatel, pelletikatlad, halupuidu katlad, soojuspumbad jne).

1 ÖLIKATLAMAJA ÜLEVIIMINE GAASIKATLAMAJALE

1.1 Lokaalkatlamajad

Lokaalkatlamaja on ehitise kütmiseks, tarbevee ja ventilatsiooniõhu soojendamiseks ettenähtud seadmestik, kus kütuse keemiline energia muudetakse katla koldes soojuseks ja kantakse üle soojustarbijale. Katlamaja võib paikneda hoone keldrikorrusel või ka eraldi abihoones või konteineris. [1]

Lokaalkatlamaja väljundvõimsused võib liigitada järgnevalt:

- 8-50 kW ühepereelamu
- 50-100 kW paarismaja või väiksem ridaelamu
- 100-200 kW väiksem kortermaja
- 200-300 kW keskmine kortermaja
- Kuni 500 kW suurem korterelamu, koolimajad, haiglad jne

Lokaalkatlamajades kasutatakse erinevaid kütuseid nagu halupuitu, puitbriketti, puidupelleteid, kerget kütteõli, maagaasi, vedelgaasi ja vähesel määral ka kivisütt. Antud töös käsitleme maagaasil ja kergkütteõlil töötavat konteiner-lokaalkatlamaja. Õli- ja maagaasikatelde eeliseks on see, et nad on hästi automatiseeritavad ning küttepinnad saastuvad vähe. See eest on kasutatav kütus kalleim. Küttes halupuudega peab arvestama igapäevase katlamaja külastusega, et kütust doseerida, kuid samas on kütus odavam. Pelletitega kütmisel on tagatud piisav automatiseeritus, kuid peab arvestama, et kütuseladu asetseks kuivas ruumis. [1]

1.2 Neste õlikatlamaja

Sõpruse pst 155, Neste büroohoonet varustati soojaga lokaalsest õlikatlamajast. Katlamaja asub kergkonstruktsiooniga büroohoone juurdeehituses. Katel on kergesti ligipääsetav. Katlamajas on kaks ruumi ning katel asub ruumis, mis omab ventilatsiooniresti, kuid aknad puuduvad. Ruumis on olemas valgustus, valamu ja soojavee ettevalmistamiseks vajalikud seadmed. Lakke on paigaldatud elektrikaablid ja veetorustikud. Lagede kõrgus on orienteeruvalt 3 meetrit. [2]

Katlamaja võimsus on ca 250 kW. [2] Olemasoleva katla valmistas 1998 aastal KAUKORA OY. Katla mahtuvus on 260 dm³, maksimaalne lubatud rõhk 4 bar ja maksimaalne lubatud temperatuur 120 C. Katel on projekteeritud töötama nii õlil kui ka gaasil. Veesoojenduseks on kaks boilerit, Jäspi GTV 500, millest töös on ainult üks (teine on reservis). Ühe boileri mahtuvus on 500 l.[3] Õlikatlamajas kasutati kütusena erimärgistusega diislikütust.



Sele 1.1 Neste büroohoone. Kontainerkatlamaja asub paremal

1.2.1 Erimärgistatud diislikütus

Erimärgistatud diislikütuse mobiilse ja suure kütteväärtusega kütusena kasutatakse enamasti eramute kütteks, tööstuses, põllumajanduses ja ka laevadel. Suvine ja talvine kergkütteõli erinevad oma viskoossuselt. Soome (Neste) toodab erinevaid kütteõlisid koondnimega Tempera: Tempera 3 ja Tempera 22. Number tootenime järel näitab madalaimat temperatuuri, mille juures võib seda kütust säilitada ning mida peab arvestama kütteõli valikul. Keskmise kütteväärtus on kütteõlil 10 kWh/l. [4]

Tabel 1.1 Suvise ja talvise kergkütteõli omadused [4]

Näitaja	Suvine		Talvine	
	Ühik	Norm	Ühik	Norm
Tihedus 15 °C	kg/m ³	max 860	kg/m ³	max 860
Viskoossus(50 °C) mm ² /s	80...100	95	140...180	170
Fraktsioonkoostis				
10% mahust aurustunud	°C	min 160	°C	min 160
50% mahust aurustunud	°C	max 280	°C	max 280
100% mahust aurustunud	°C	max 360	°C	max 360
Kinemaatiline viskoossus (20 °C)	mm ² /s	max 5.2	mm ² /s	max 4.0
Leekpunkt	°C	min 42	°C	min 42
Hägustumispunkt	°C	max -5	°C	max -24
Filtreeritavuspunkt	°C	ei normita	°C	max -30
Hangumispunkt	°C	<-15	°C	<-35
10% jäägi koksiarv	massiprotsent	<-0,35	massiprotsent	<-0,35
Tuhasus	massiprotsent	<-0,02	massiprotsent	<-0,02
Üldine väälvlisisaldus	massiprotsent	<0,5	massiprotsent	<0,5
Happesus	mg KOH/100cm ³	<5	mg KOH/100cm ³	<5
Veesisaldus	massiprotsent	<0,03	massiprotsent	<0,03
Kütteväärtus	MJ/kg	min 41	MJ/kg	min 41

1.3 Põhjused gaasikatlamajale üleminekuks

Ettevõtte peamiseks põhjuseks maagaasile üleminekuks on mugavus. Õli kasutades oli tarvis jälgida pidevalt kütuse olemasolu ja ka tegeleda kütuse tellimisega. Õlimahutite eest tuli pidevalt hoolitseda ja neid kontrollida. Lisaks oli projekteeritud lahendus probleemne võrreldes tanklatega. Gaasi valikut toetasid asjaolud, et liitumispunkt asus väga lähedal ning mis tegi omakorda liitumistasu madalaks. Lisaks on kütteõli hind peaaegu poole kallim, kui gaasi kWh hind. Suur roll oli ka kütuste omadustel (vt ptk 1.2.1 ja 1.4.1.) .

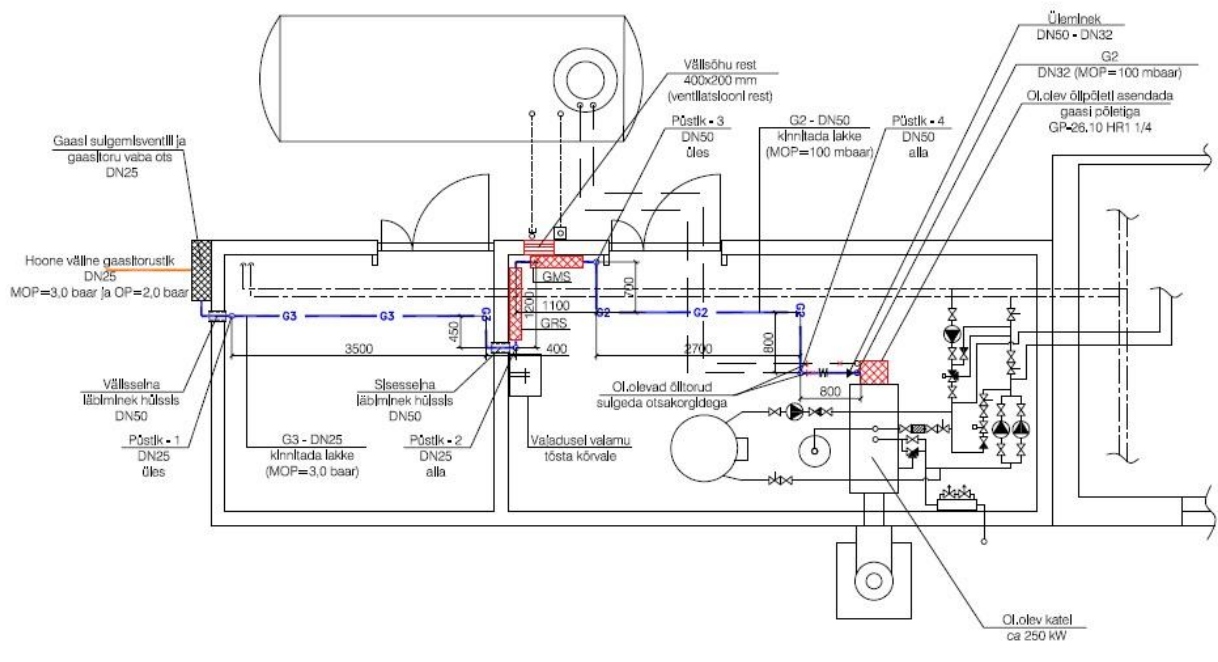
1.4 Neste gaasikatlamaja

Lahendati kinnistu Sõpruse pst 155, Neste büroohoone katlamaja maagaasile üle viimine. Asendati katla õlipõleti gaasipõletiga ning paigaldati hoonesisene gaasitorustik alates gaasitoru hoonesse sisendist kuni gaasipõletini. Projekti mahus lahendati gaasiarvesti ning gaasirõhu reguleerimissõlme paigaldus. Välisgaasitorustik on välja ehitatud kuni katlamaja välisseinani, kus on paigaldatud sulgventiil. Gaasi arvutuslik vooluhulk on 25 m³/h. [2]

Katlamajas olevad õlitorud ühendati lahti ning sulgeti otsakorkidega. Hoone välisseinale paigaldatud kapis puudus gaasi rõhuregulaator, seega siseosa projektiga lahendati gaasirõhu redutseerimine katlaruumis. Hoonesisene gaasitorustik ehitati keevitavatest terastorudest. Gaasitorustik paigaldati lahtisel meetodil, kinnitusega lakke. Torustik kinnitati kinnitusklambritega sammuga 1,5 meetrid. Katlaruumis paigaldati lisa ventilatsioonirest 4 kordse õhuvahetuse tagamiseks (ca 284 m³/h). Põlemisõhu juurdevoolu tagamiseks on kasutatakse olemasolevat ventilatsiooniresti. Lisa välisõhu ventilatsioonirest paigaldati välisseinale rõhuregulaatori lähedale, laelt 0,2 meetri kõrgusele. [2]

Ehitis, kus asub katel ja gaasiseadmed, kuulub kergehitise hulka, täiendavat plahvatuspindala (aknaid) ei ole ette nähtud. Katlaruumi vajalik plahvatuspindala (ehk paiskpindala) on 2,1 m². Välisseinad on ehitatud „sandwich“ paneelidest. [2]

A- ja B-kategooria torutikud on ette nähtud katsetada kombineeritud proovidega (surve- ja tiheduseproovid teostatakse üheaegselt, proovi aeg 24 tundi). Kuid A ja B kategooria gaasitorustikele on ette nähtud katsetada eraldi. A-kategooria gaasitorustiku proovirõhk on 3,0 baari ja B-kategooria gaasitorustiku proovirõhk on 4,5 baari. [2]



Sele 1.2 Neste gaasikatlamaja tehniline joonis. Joonis: K-Projekt. Teostusjoonis ja 3D lisas 2 ja 3.

1.4.1 Gaas kütusena

Maagaas ehk looduslik gaas on tekkinud maakooses orgaaniliste ainete biokeemilisel lagunemisel ja muundumisel geokeemiliste tegurite mõjul ning tema koostis muutub päritolust sõltuvalt. Puht gaasi ja gaasikondensaadimaardlate gaaside keemiline koostis on püsiv: metaani (CH₄) sisaldus 75 - 98% suur, raskete süsivesinike etaani, propaani jt. sisaldus aga väike. Maagaas sisaldab mõningal määral ka süsinikoksiidi, lämmastikku, mõne leiukoha gaas ka vähesel määral vesinikku. Maagaas on puhas ja keskkonnasõbralik energiaallikas. Tema gaasiline olek tagab kütuse täieliku põlemise ilma kahjulike põlemisjääkide, tolmu ja tahmata. Maagaasi torutransport säästab loodust – väheneb auto- ja raudteetranspordi koormus ning heitgaaside ja müra hulk. [5]

2014 aasta jaanuari kuu keskmiste andmete põhjal on Eestis tarnitava maagaasi näitajad järgnevad:

Tabel 1.2 Gaasikoostis

Metaan	CH ₄	97,15
Etaan	C ₂ H ₆	1,409
Propaan	C ₃ H ₈	0,412
n-butaan	n-C ₄ H ₁₀	0,064
2-metüülpropaan	CH ₃ CH(CH ₃)CH ₃	0,064
Lämmastik	N ₂	0,801
Süsihappegaas	CO ₂	0,070
2-dimetüülpropaan	CH ₃ C(CH ₃) ₂ CH ₃	0,001
2-metüülbutaan	CH ₃ CH(CH ₃)CH ₂ CH ₃	0,012
n-pentaan	n-C ₅ H ₁₂	0,009
Süsivesiniku fraktsioonid	C ₆ ja kõrgemad	0,007
	Kokku	100

Tabel 1.3 Gaasi keskmised omadused

Keskmine alumine kütteväärtus	33,86	MJ/m ³
Keskmine ülemine kütteväärtus	37,55	MJ/m ³
Keskmine tihedus	0,6893	kg/m ³
Keskmine Wobbe arv	49,64	MJ/m ³

NB! Maagaasi koostis ja parameetrid on gaasi temperatuuril 20 C ja absoluutsel rõhul 101,325 kPa. [6]

1.4.2 Valitud seadmestik

Gaasiseadmed ja peasulgemiskraan (arvesti, rõhuregulaator jne) paigaldati põrandalt 1,2 meetri kõrgusele ruumi, kus asub katel. Gaasitorustik ehitati keevitatavatest terastorudest. Gaasitorustik paigaldati lahtisel meetodil, kinnitusega lakke. Torustik kinnitati kinnitusklambritega sammuga 1,5 meetrid. [2] Torul on sulgemiskraanidest by-pass, gaasilekkeandur, gaasifilter, manomeetrid, rõhuregulaator, gaasiarvesti, kompensator ja põleti. Täpsem seadmete ja materjalide loetelu lisas 1.



Sele 1.3 Ehitatud gaasisüsteem

1.4.2.1 Magnetklapiga gaasilekkeandur

Magnetklapiga gaasilekkeandur (maagaasi jaoks) paigaldatakse lakke gaasiseadmete (GMS, GRS) tsoonis (vaata katlamaja tehnilist joonist1.2). [2] Andur kontrollib õhus olevat

gaasikontsentratsiooni (gaasilekkeid). Lekete korral annab andur signaali SE128 gaasilekke seadmele ning solenoid magnetklapp SE 192 KM sulgeb gaasivoolu.



Sele 1.4 Solenoid magnetklapp ja gaasilekke seade

1.4.2.2 Gaasifilter

Gaasifilter kaitseb rõhuregulaatorit ja gaasiarvestit mehaaniliste osakeste eest.



Sele 1.5 Gaasifilter

1.4.2.3 Gaasi rõhuregulaator

Gaasi rõhuregulaator FE125 drosseldab 4 bar rõhu 0,1 bar rõhuks. Seadme tootlikkus on 25 m³/h.



Sele 1.6 Gaasi rõhuregulaator

1.4.2.4 Manomeetrid

Nuppkraanidega manomeetrid on paigaldatud enne ja pärast gaasi rõhuregulaatorit. Nupud on selleks, et ei toimuks pidevat mõõtmist. Näit võetakse ainult nupu alla vajutamisel. Nuppu all hoides pääseb gaas manomeetrini ning toimub rõhu mõõtmine.



Sele 1.7 Manomeeter

1.4.2.5 Gaasiarvesti

Gaasiarvestis BK25 on neli mõõtekambrit, mis on eraldatud sünteetilise diafragma. Lubatud maksimaalne kulu on $40 \text{ m}^3/\text{h}$ ning minimaalne $0.25 \text{ m}^3/\text{h}$. [7] Gaasiarvesti ülesanne on registreerida toru läbinu gaasi hulk.



Sele 1.8 Gaasiarvesti BK 25

1.4.2.6 Gaasipõleti

Uueks gaasipõletiks valiti Oiloni GP26.10, mis on sundsegunemistüüpi põleti. Paigaldatava gaasipõleti võimsus on 80-270 kW.[2] H tüüpi põleti on täisautomaatne. Neid saab kasutada enamasti soojusseadmetes nagu kuumavee kateldes, aurukateldes ja ka õhueloojendites. Põleti sobib tavalisele maagaasile ning ka LPG'le (liquefied petroleum gas ehk veeldatud naftagaas). Ventilaatoriga tagatakse õige mahu ja rõhuga õhk põlemiskambris. Maksimaalne reguleerimispiirkond kahe faasilisel põletil on 50%'st 100%'ni. Maksimaalne vajalik põlemisõhk on 13 m^3 iga 10 kWh kohta. Põleti võimsust kontrollitakse katla termostaadiga. [8]

1.5 Õli- ja gaasikatlamaja majanduslikud arvutused

Võttes arvesse järgmisi andmeid, arvutatakse välja rahaline erinevus gaasikatlamaja ja õlikatlamaja vahel.

- Õli kulu: 26 000 l/a (aastate keskmine tarbimine)

- Maagaasi teoreetiline kulu:

$$B_{mg} = \frac{\sum N}{Q_{kv} * \eta}, \quad (1.1)$$

B_{mg} - maagaasi teoreetiline kulu,

N – katlamaja toodang,

$Q_{\bar{o}}$ - kütteõli kütteväärtus

η - katlamaja kasutegur.

$$B_{mg} = \frac{221}{9,35 \times 10^{-3} \times 0,85} = 27808 \text{ m}^3/a$$

Tegelik maagaasi tarbimine on olnud 3 500 m³ / kuus (november, detsember, jaanuar andmed gaasikulumõõtjalt)

Kulutused kütusele

- Õli maksumus:

0,95 €/l [9]

Aastane kulu õlile: $26000 \times 0,95 = 24\,700 \text{ €}$

- Maagaasi maksumus:

Maagaas ise (km-ta): 0,3520 €/m³

Aktsiis: 0,02345 €/m³

Võrguteenuse hind: 0,0327 €/m³

Kokku: 0,40815 €/m³

Aastane kulu maagaasile: $0,40815 \times 27808 = 11\,350 \text{ €}$

Võrdlus:

- iga aasta hoitakse maagaasi pealt kokku $24\,700 - 11\,350 = 13\,350 \text{ €/a}$
- Lisaks on maagaasi katla hooldus odavam kui õlikatla oma
- Logistika mured õli puhul: tellima, hoidma, ladustama jne. Gaas – automaatne ja torude kaudu
- Viskoossus

Gaasi katlamaja investeeringud ja püsikulud:

- Uus hoonesisene gaasitrass koos seadmestikuga: 8000 €
- Liitumine maagaasiga: ca 6000 €
- Projekteerimine: ca 1500 €
- Kütusemaksumus: 11350 €
- Investeeringud kokku: 26 850 €

Gaasikatlamaja lihttasuvus analüüs:

$$T = \frac{I_0}{A}, \quad (1.2)$$

T – diskonteerimata tasuvusaeg,

I_0 – investeeringute algmaksumus €,

A – aastas saadav raha sissevoog $\frac{\text{€}}{a}$.

$$T = \frac{26850}{13350} = 2,01 \text{ aastat}$$

See tähendab, et umbes kahe aasta pärast on gaasikatlamajale üleviimisesse kulutatud raha tagasi teenitud. Arvutustes ei arvestata küll hooldus- ja opereerimiskuludega (mis on samuti gaasikatlamajal väiksem), aga sellegi poolest on näha, et tegemist on väga tulusa investeeringuga. Sellise investeeringu oleks pidanud tegema palju parem, sest tasuvus on lühike, kasum märkimisväärne ja viimastel aastatel oli maagaasi hind veelgi odavam. Kuid võib eeldada, et Neste Oil AS büroohoone omanikud ei soovinud seda teha, sest:

- kasutatud diiselmootor oli toodetud (tarnitud) nende kontserniettevõtete poolt;
- maagaasil puudub piisav varustuskindlus – kütus tarnitakse ühe tarnija poolt

(Venemaa Gazprom)

- lisaks kõikumised ning ebastabiilsused hinna osas, mis on samuti tingitud ühest pakkujast.

2 ELEKTRI JA SOOJUSE KOOSTOOTMINE

Elektri ja soojuse koostootmine (edaspidi lühemalt koostootmine) on protsess, mille puhul ühest seadmest väljastatakse kahte liiki energiat – soojust ja mehaanilist energiat. Esimest võib kasutada tehnoloogilistes protsessides, tarbevee soojendamiseks ja ruumide kütteks (mitmel pool maailmas kasutatakse seda ka absorptsioonil põhineva jahutusprotsessi käitamiseks kaugjahutussüsteemides) ning teist muundatakse tavaliselt elektriks, kuid seda võib kasutada ka pumpade või kompressorite otseseks käitamiseks. [10]

Koostootmine on termodünaamiliselt parim viis kütuse kasutamise efektiivsuse tõstmiseks. Väheneb vajalik kütuse kogus, väheneb emissioon toodetud energiaühiku kohta. Mõlemat energialiiki saab toota nende eraldi tootmisest madalama hinnaga, kasutatavad seadmed on eksploatatsioonis paindlikud ja talitluskindlad. Elektrienergia ja soojuse koostootmisel on kütuse kasutamise kogukasutegur tavaliselt 85-95%, seega võrreldav tänapäevase lokaalkatlamaja katla kasuteguriga soojuse tootmisel. [11] Kombineeritult elektri ja soojuse tootmise võimalusi piirab asjaolu, et põhiline osa soojusest vajatakse kaugkütteks, mille soojuskoormus muutub aastaringselt sõltuvalt välistemperatuurist ning suveperioodil on soojusarve minimaalne. [10]

Koostootmiseseadmega elektrijaam on siiski märgatavalt kallim ainult soojust tootvast katlamajast. Seetõttu peaks sellise seadme ehitamisel olema kindlustatud kogu soojuskoormuse baasil toodetava elektrienergia müük. Samal ajal peaks koostootmisest saadud soojusel olema selline hind, mis võimaldaks ehitada või kaasajastada soojustrasse. [10]

2.1.1 Koostootmise ajalugu

Elektri ja soojuse koostootmine võeti Euroopas ja Ameerikas kasutusele juba üheksateistkümnenda sajandi kaheksakümnendail aastail. Kahekümnenda sajandi algul tootis enamik suuri tööstusettevõtteid endale vajaliku elektri ise, kasutades selleks tavaliselt kivisöel töötavaid katlaid ja auruturbiine. Paljud tööstusettevõtted kasutasid tootmisprotsessis ka auru. On hinnatud, et kahekümnenda sajandi algul oli 58% Ameerika Ühendriikide tööstusettevõtete elektrijaamadest koostootmisjaamad. Edaspidi hakati ehitama ainult elektri

tootmiseks spetsialiseeritud tsentraalsed elektrijaamu, elektri hind langes madalamale tööstusettevõtetes koostootmise baasil saadud elektri hinnast ja tööstus hakkas elektrit sisse ostma. 1974. aastal toodeti Ameerika Ühendriikides koostootmisega ainult 5% elektrienergiast. [5]

Pärast 1973. aastal toimunud kütuse hinna tõusu on eespoolmainitud tendentsid jällegi mõnevõrra muutunud. Majanduslikult otstarbekamaks on muutunud suurema kasuteguriga ja alternatiivsete odavate kütuse baasil töötavad seadmed. Energiaettevõtete keskkonnamõju leevendamise seisukohalt on oluline, et koos tarbitava kütuse koguse vähenemisega väheneb ka kahjulike ühendite emissioon. [10]

2.1.2 Koostootmise eelised

- 1) Energia muundamise kasutegur on kõrge(15-40% kõrgem kui elektri ja soojuse tootmisel eraldi)
- 2) Väiksem keskkonna saastamine CO₂'ga
- 3) Elektritootmise detsentraliseerimine, mis vähendab ülekandekadusid ja suurendab süsteemi paindlikkust
- 4) Parandab varustuskindlust – kohalik tootmine vähendab riski, et tarbijad võiksid jääda ilma elektrita
- 5) Väheneb kütuse kulu
- 6) Suurendab tööhõivet, garanteerib uusi töökohti, seda eriti maapiirkondades [11]

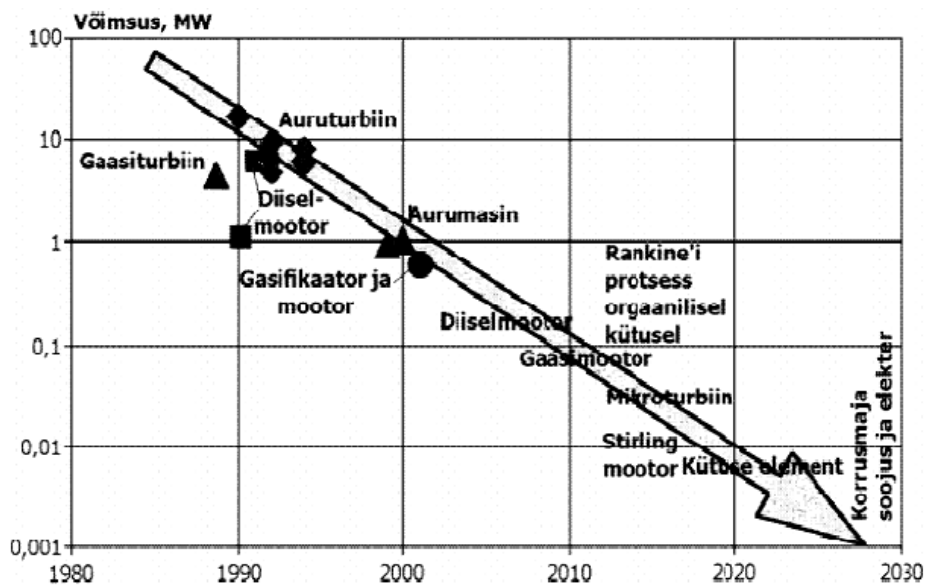
2.1.3 Maagaasil töötavate kombijaamade eelised

Maagaasil töötavate kombijaamade eelistest peaks nimetama järgmisi:

- 1) Primaarenergia efektiivne ja kõrge kasuteguriga kasutamine
- 2) Keskkonda saastavate heitmete vähenemine . Puudub vajadus kallite lendtuha seadmete järele
- 3) Tarbijalähedus, pikkade kaugküttetrasside puudumine
- 4) Suhteliselt väikesed hooldekulud, ehituskulud
- 5) Jõujaama kompaktsus ja kõrge automatiseeritus
- 6) Võimeline töötama väikestel võimsustel [12]

2.2 Väike- ja mikro koostootmine

Mikrokoostootmisjaam on seade, mille maksimaalne elektriline võimsus on alla 50 kWe ning väikekoostootmisjaam on seadmete talituslik kogum, mille installeeritud elektriline võimsus on alla 1 MWe. [11] Joonis 2.1 illustreerib koostootmistehnoloogiate arengut. Suuremate võimsustega jaamad hakkavad asenduma väiksemate jaamadega ja aina enam ka lokaalkatlamajadega. Võimsused lähevad väiksemaks ja tulevikus võib aina enam kohata lokaalkatlamajades just mikrokoostootmiseadmeid, mis enamasti töötavad maagaasil või biogaasil, mis oleks Eestile varustuskindlust arvestades sobilikum lahendus.



Sele 2.1 Koostootmise tehnoloogiate arengusuund [11]

2.3 Väike- ja mikrokoostootmise tehnoloogiad

Väiksemate võimsustega elektrit ja soojust on võimalik toota väga erineval moel. Tootmistehnoloogiad erinevad üksteisest ehituselt, kasutatava kütuse poolest, elektri ja soojuse tootmissuhte poolest jne. Osad seadmed sobivad pigem mikro- kui väiketootmise jaoks ja vastupidi. Näiteks Stirling ja gaasimootorid mikrotarbijatele ja erinevad turbiinid väike ja suur tarbijatele. Järgnevatel peatükkides kirjeldatakse lühidalt põhilisi väiksema võimsusega koostootmise võimalusi.

2.3.1 Kombineeritud tsükliga gaasiturbiin koos utilisatsioon katlaga

Gaasturbiinjõuseadme töö põhineb Braytoni ringprotsessil. Gaasturbiinseadmetele on iseloomulikud madalad kapitali- ja hooldekulud ning lühike ehitusaeg. Elektriline kasutegur on nendel seadmetel 30% piires. Gaasiturbiinjõuseadmega koostootmine eeldab konstantse parameetriga suure võimsusega soojustarbijat. Eestis gaasiturbiinide kasutamise kogemus puudub. [5]

2.3.2 Vasturõhuturbiinid

Nendest turbiinidest väljub aur rõhul, mis on vastavuses soojustarbija poolt vajatava auru rõhuga. Seega puudub vasturõhu turbiinil madalrõhuosa koos kondensaatoriga ja aur suundub turbiinist soojustarbijale, milleks võivad olla kaugkütte soojustarbijad või tehnoloogiline aurutarbija. Nimetatud turbiinid on töös vähepaindlikud, kuna soojustarbija auruvajaduse määrab üheselt turbiini läbiva aurukoguse ja seega ka turbiini võimsuse. [11]

Auruturbiinjõuseadme töö põhineb Rankine ringprotsessil. Nimetatud tehnoloogia põhineb aurukatlas genereeritud auru paisumisel elektrigeneraatoriga ühendatud auruturbiinis soojustarbijale vajaliku auru rõhuni. Elektriline kasutegur ei ületa auruturbiinjaamas koostootmise korral 25%. Tüüpilised auruturbiinseadmega koostootmiselektrijaamad Eestis on Iru SEJ, Sillamäe SEJ, Kohtla-Järve SEJ, Paide SEJ. Tööstuses kasutab auruturbiintsükliga koostootmist Kehra Tselluloosi kombinaat ja AS Viru Energia jt. [5]

2.3.3 Reguleeritava vaheltvõtuga auruturbiin

Nendes turbiinides eemaldatakse osa auru enne, laskmata sellel paisuda rõhuni turbiini järel. Vaheltvõtu auru kasutatakse kütteks või tehnoloogilisteks vajadusteks. Seepärast nimetatakse neid turbiine ka termofikatsiooniturbiinideks. Kui vaheltvõtu rõhk on suhteliselt madal(0,07-0,25 MPa) sobib see kütteks ja soojavee varustuseks, tööstusliku vaheltvõtuga turbiinid on kõrgema vaheltvõtu rõhuga (alla 0,6 MPa). [13]

2.3.4 Gaasturbiin koos utilisatsioon katlaga

Elektrilised võimsused on 250 kW kuni 480 MW. Soojust saadakse gaasturbiinist väljuvate gaaside utiliseerimisel. Koostootmise kasutegur 70-86% ning 30% elektrit ja 55% soojust. Madalad hooldekulud ja lühike ehitusaeg. [13]

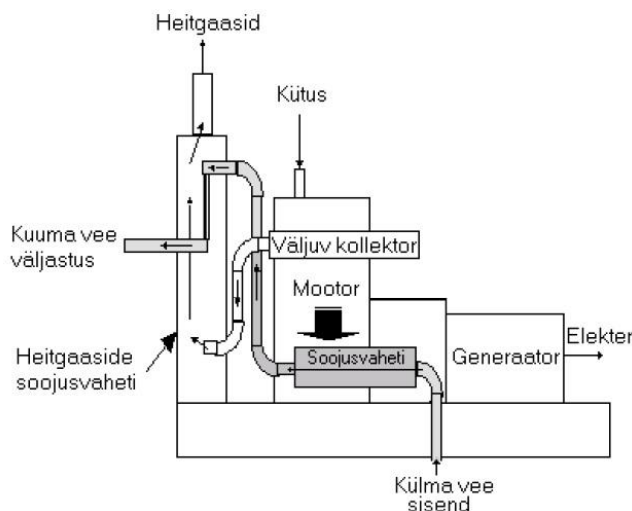
2.3.5 Sisepõlemismootorid (gaasimootorid)

Sisepõlemismootorid töötavad Otto või Dieseli ringprotsessil. Kasutegur on neil 89-90%. Otto ringprotsessil töötavad seadmed kasutavad reeglina kütusena maagaasi ning soojuse ja elektrilise võimsuste suhe on 1,2-1,7. Soojust toodetakse nii heitgaaside arvelt kui ka jahutussüsteemidest. Elektriline võimsus: 9kW-5MW. [11] Jõuseade koosneb tavaliselt mootorist, elektrigeneraatorist ja soojusenergia tootmiseks vajalikest soojusvahetitest, mis on seotud mootori veesärkjahutuse ja õlitussüsteemiga ning heitgaasi ärajuhtimissüsteemiga. Suurem osa soojusenergiast saadakse heitgaasidest, mis juhatakse läbi soojusvaheti. Väiksemal hulgal toodetakse kasuliku soojusenergiat veel mootori jahutusveest, õlijahutusest ja segu vahesoojusvahetist. Energiabilansiliselt kujuneb siin välja vahekord, kus kütusega protsessi viidud energiast (100%) toodetakse elektrienergiat 30-40% ja soojusenergiat 50% ning kaod moodustavad ligikaudu 10-20%. Soojusenergia tipuvõimsuste katmiseks tuleb kasutada lisakatelt.[5]

Gaasimootoriga seadmetes, mis põhinevad Otto ringprotsessil nagu ka bensiinimootorid, süüdatakse ja põletatakse gaas väga lahja seguna. Lahja kütteseguga mootori eeliseks on madal põlemistemperatuur ja vähene lämmastikuühendite tekkimine. Puudub vajadus katalüütilisele puhastusele ning seega on ehituskulutused väiksemad. Lahja kütteseguga mootorid valmistatakse ilma eelkambrita. Gaasimootorid on odavamad diiselmootoritest, milles kasutatakse tavaliselt kaheastmelist põletamist ja vajalik on nii kompressor kui ka katalüsaatoriga gaasipuhastus.[11]

Eestis kasutatakse sisepõlemismootoritega koostoomist AS Põlva Soojus, AS Grüne Fee, Kunda Nordic Cement Corp., AS Narva Vesi, Kristiine kaubamajas Tallinnas, Sillamäe SEJ, AS Terts. Elektriline võimsused ulatuvad kuni 6 MW-ni (Sillamäe). Kasutamist leiavad erinevate firmade mootorid - Jenbacher, Caterpillar ja Wärtsilä NSD. [5]

Mootorid on tavaliselt V-mootorid silindrite paigutusega 65° , aga on ka reas mootoreid. Klappe on vabalthingavatel mootoritel neli ja ülelaetavatel enamasti viis. Viimastel on lisaks gaasi sisselaskeklapp. Mootori mahud kõiguvad väiksematel mootoritel 34 liitrit kuni suurematel mootoritel 339 liitrini. Kompressiooniastmed jäävad 7,5:1 kuni 13:1 vahele. Mootori kiirused on suhteliselt aeglased, 1000...1800pm. Gaasimootoreid loetakse väga töökindlateks. Nende tööiga ulatub kuni 20 aastani. [12]



Sele 2.2 Sisepõlemismootoriga koostootmiseseade[12]

2.3.6 Mikroturbiinid

Mikroturbiinide elektrilised võimsused on alla 50 kW. Soojust saadakse gaasiturbiinist väljuvate gaaside utiliseerimisel. Toodetud soojuse ja elektri suhe on 2,0-3,5. Koostootmise kogu kasutegur on 70-86%. Elektri osa ulatub 30% ja soojusel 55%. Gaasturbiiniseadmetele on iseloomulikud madalad hooldekulud. [13]

2.3.7 Stirlingmootor ehk välispõlemismotor

Stirlingmootor saab mehhaaniliseks tööks muundatavat soojust väljastpoolt. Kinnine ringprotsess, mis koosneb 2 isotermilisest ja 2 isohoorsest protsessist. Välise küttega kolbmootori leiutas 1817 aastal Robert Stirling ja põhineb kinnises silindris oleva gaasi (õhk, vesinik, heelium vm) perioodilisel kuumutamisel ja jahutamisel koos selle juhtimisega vaheldumisi kuuma ja külma ruumi. Silindris on kaks omavahel kooskõlastatult liikuvat kolbi. Töökolb annab kuumutatava gaasi paisumistöö edasi väntvõllile ja väljatõrjekolb, mis suunab kuuma paisunud gaasi jahutatavasse külma ruumi. Sigma PCP on maagaasil töötav

stirlingmootor 95% kasuteguriga ja 3kW elektrilise ja 9 kW soojusliku võimsusega. Tänapäeval arendatakse kontsentreeritud päikseenergia ja tuumareaktsioonil töötavaid seadmeid. Mootorite võimsused jäävad vahemikku 0,0005-0,1 MW. [11]

2.3.8 Kütuseelement

Kütuseelement koosneb katalüsaatorit sisaldavatest paarsetest elektrodidest, mille vahel on elektrolüüt-ioonmembraan. Anoodile juhitakse vesinik ja katoodile hapnik. Vesiniku põlemisreaktsioonis peavad vesinik ja hapnik vahetama elektrone. Kahte elementi eraldav elektrolüüt lubab ühte kahest, kas vesiniku või hapniku ioonil läbida elektrodidevaheline vahemik. Reaktsiooniks vajalike elektronide vahetus vesiniku ja hapniku vahel ei toimu mitte läbi elektrolüüdi, vaid välist elektriringi pidi. Tekib alalisvool. Anoodil olev vesinik oksüdeerub prootoniks, mis liigub läbi prootoneid läbilaskva membraani katoodile ja reageerib seal hapnikuga. Moodustub vesi. Elektronid, aga liiguvad läbi välise vooluahela anoodilt katoodile. Mitmed mikrokoostootmisjaamad USA-s kasutavad kütuselemente. Nende võimsused on vahemikus 1-10 kW ning elektriline kasutegur 45%, kogu kasutegur 90%. [11]

2.3.9 Aurumootor

Aurumootorid on paindlikud tööks väikestel koormustel. Elektriline kasutegur on väikestel koormustel kõrgem kui auruturbiinil. Vähe tundlik aurukvaliteedi suhtes, võimaldab kasutada lihtsamat toitevee ettevalmistust. Võrreldes turbiiniga on aurumootori hoolduskulud suuremad. Mootori müratase on suur ja seega on vajalik akustiline isolatsioon. Tehakse seadmeid võimsusega 0,2-2 MW. Aurumootori näitena võib tuua Spillingu aurumootori, mille elektriline võimsus on 25-1500 kW. Auru kulu on selle puhul kuni 40 t/h, aururõhk 6-60 bar ja vasturõhk 20 bari. [13]

2.3.10 Orgaaniline rankine'i ringprotsess (ORC)

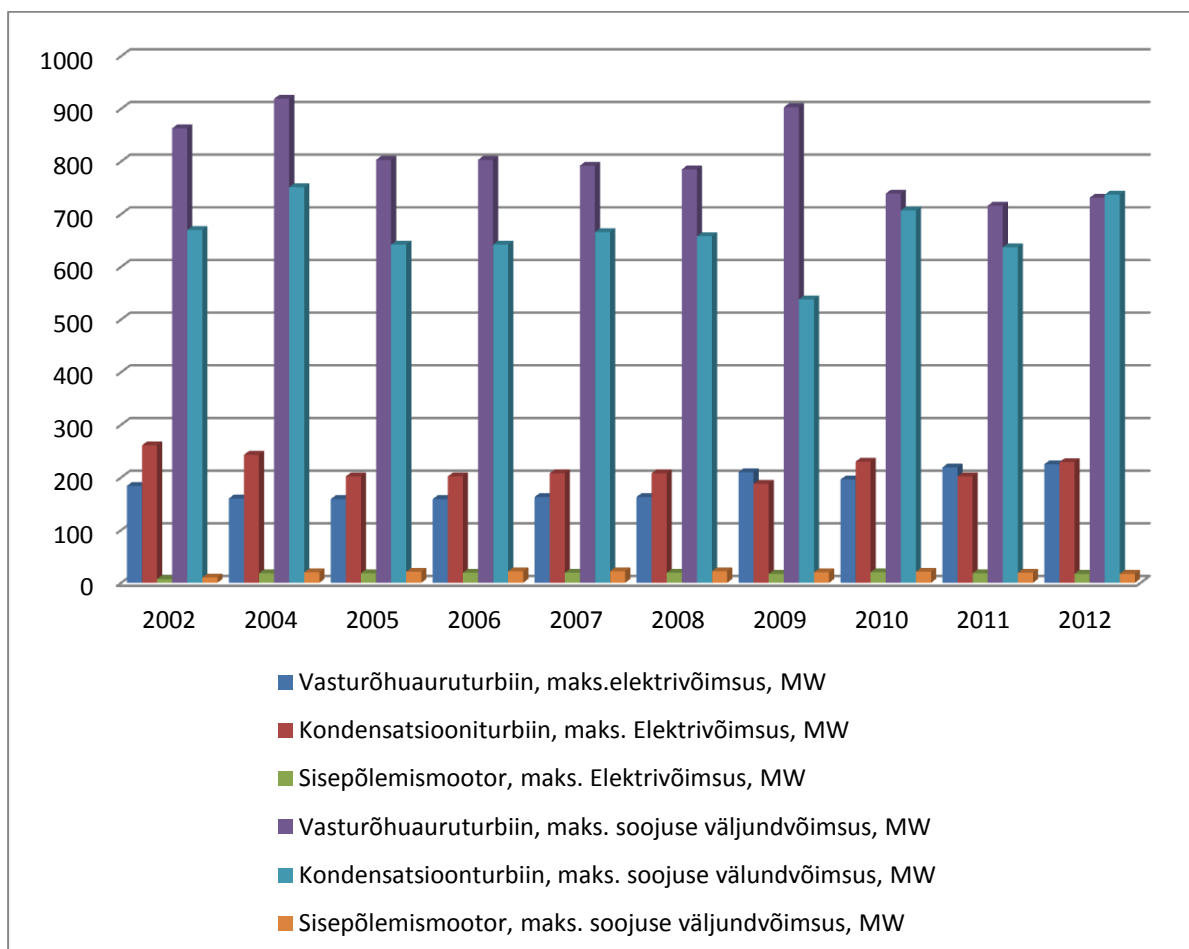
ORC on sarnane auruturbiini ringprotsessiga. Soojust muundatakse mehaaniliseks energiaks Rankine'i ringprotsessi abil, kuid termodünaamiliseks kehaks on kõrgmolekulaarsed orgaanilised vedelikud. ORC katlas kuumutatakse termoõli 300 °C, mis soojusvahetis kannab soojust üle silikoonõlile. Orgaaniline soojuskandja silikoonõli aurustub ja paisub turbiinis. ORC eelisteks on see, et töötav keskkond pole korrodeeriv ja seega ei kulutata turbiini

labasid. Samuti on hoolduskulud väiksemad, kui auruseadmel ning seade on hästi automatiseeritav. Süsteem ei nõua vee keemilist ettevalmistust ja müratase on madal. [13]

2.4 Koostootmisest Eestis

Eestis on kasutusel erinevate võimsustega koostootmisjaamad, mis kasutavad kütusena nii põlevkivi, maagaasi, turvast, uttegaasi ja prügilagaas. Kasutatakse erinevad aurujõuseadmeid: vasturõhutorbiinseadmeid, tööstus ja küttevaheltvõtuga aurutorbiinseadmeid ja ka sisepõlemismootorseadmeid. Aastal 2012 oli koostoodetud elektritoodang 471 MW ja soojuskoormus 1485 MW. [12] Koostootmistehnoloogiatest suurimaid võimsusi toodetakse kondensatsiooniturbiinidega – 2012 aastal olid nende võimsused 229/737 MW_e/MW_s. Järgmisena kasutatakse vasturõhuaaurutorbiine 225/731 MW_e/MW_s ning vähim gaasimootoreid 17/17 MW_e/MW_s. Turbiinide arvuks oli 2012 aastal 15 kondensatsiooniturbiini, 13 gaasimootorit ja 10 vasturõhutorbiini. [1]

Tabel 2.1 2002-2012 Eesti koostootmistehnoloogiate soojuse ja elektri võimsused [1]



2013. aastal avati Tallinnas Iru Elektriijaama prügipõletusplokk, mis põletab Eestis tekkivaid olmejäätmeid umbes 200 000 tonni aastas. Uue jaama soojuslik võimsus on 59 MW ja elektriline 17 MW. Tööd jätkab ka AS Terts'i prügilagaasil töötav koostootmisjaam Pääskülas 0,84/1 MW_e/MW_s. Balti koostootmisjaama tsirkuleeriva keevkihtkatlaga 11. plokk toodab kuni 160 MW Narva linna soojusvarustuseks. Koplis asuvate gaasimootorite soojusvõimsus on 2,4 MW ja elektriline 0,878 MW ning kütusena kasutatakse seal maagaasi. 2012. aastal rajas Eesti Energia Valka uue biokütusel töötava koostootmisjaama. Kütusena kasutatakse hakkepuitu, saepuru ja turvast ning võimsused on 2/8 MW_e/MW_s. Sellel aastal rajas OÜ Pogi Paidesse uue efektiivse ja keskkonnasõbraliku hakkepuidul töötava vasturõhuturbiiniga koostootmisjaama. Selle jaama võimsused on samad, mis Valka jaamal. Weroli tehase territooriumile on rajatud maagaasil töötav kolmikjaam, mille elektriline võimsus on 4,3 MW, soojuslik 1,7 MW ja külmatootmisvõimsus 2,5 MW. Kuressaare biokütusel töötav ORC CHP elektriline võimsus on 2,3 MW_e. Samuti töötavad Kullimäe gaasigeneraator-0,1 MW_e, Oisu biogaasijaam – 1,2 MW_e ja Vinni biogaasijaam -1,36 MW_e. Edukalt töötavad biokütust kasutavad koostootmisjaamad Tallinnas – 21,5 MW_e, Tartus – 22,1 MW_e, Pärnus 21,5 MW_e. Soojusvõimsused on neis jaamades umbes 50 MW_s. Tallinna elektriijaama skraber võimaldab veeaurude kondenseerumisest lisasoojusvõimsust kuni 18 MW_s. [13]

Koostootmise potentsiaal Eestis on suur, majanduslikud ja tehnilised eeldused on olemas:

- 1) Linnades, suuremates asulates on toimiv kaugküttevõrk
- 2) Kohalik tööstus on suhteliselt energiamahukas
- 3) Gaaskütuse ja arenenud gaasivõrgustiku olemasolu
- 4) Biokütuste võimalik kasutatavus
- 5) Elektritarbimise kasv regioonis, investeeringute ja tehnoloogia uuenduste vajadus olemasolevates kondensatsioonjaamades
- 6) Suurenevad nõuded keskkonnale [12]

2.5 Tõhus koostootmine

Koostootmine on tõhus kui järgnevaid tehnoloogiaid: vasturõhuturbiiniga, gaasiturbiiniga koos utilatsioonkatlaga, sisepõlemismootoriga, mikroturbiiniga; Stirling mootoriga ja kütuseelemendiga kasutades on aruandlus perioodil üldkasutegur vähemalt 75% ning primaarenergia sääst vähemalt 10%. Ning kui kombineeritud tsükliga gaasiturbiini koos

utilatsiooniga ja vaheltvõttudega auruturbiini kasutamisel aruandlus perioodil üldkasutegur vähemalt 80% ning primaarenergia sääst vähemalt 10%. Või kui tootmine väike-või mikrokoostootmiseseadmega tagab primaarenergia säästu. [14]

Primaarenergia säästu arvutamine: [14]

$$PES = \left(1 - \frac{1}{\frac{CHPH\eta}{REFH\eta} + \frac{CHPE\eta}{REFE\eta}} \right) \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

PES – Primaarenergia sääst,

CHPH η – koostootmisel toodetud soojuse kasutegur, so aastane kasulik soojuse toodang jagatud kütuseenergiaga, mida kasutati kasuliku soojuse ja elektri koostootmiseks,

REFH η –soojuse eraldi tootmise viitevärtus,

CHPE η – koostootmisel toodetud elektrienergia kasutegur, so koostootmisel toodetud aastane elektrienergia jagatud kütuseenergiaga, mida kasutati kasuliku soojuse ja elektri koostootmiseks,

REFE η – elektrienergia eraldi tootmise viitevärtus. [14]

Mikro-koostootmisagregaatide energiasäästu arvutus võib põhineda sertifitseeritud andmetel.

Kasuteguri viitevärtuste arvutamisel tuleb lähtuda järgmistest põhimõtetest:

1. Koostootmisagregaadid ja eraldi elektrit tootvad agregaadid peavad kasutama samu kütuseid.
2. Igat koostootmisagregaati tuleb võrrelda samal ajal ehitatud tehnoloogiliselt ja majanduslikult parimate elektri ja soojuse eraldi tootmiseseadmetega.
3. Üle kümne aasta vanuste koostootmisagregaatide kasutegurite viitevärtused tuleb fikseerida 10 aastaste seadmete viitevärtustega.
4. Eraldi elektri ja soojuse tootmise kasutegurite viitevärtused peavad kajastama liikmesriikide erinevaid kliimaatilisi tingimus. [12]

Viitevärtused erinevatele kütustele elektrienergia eraldi tootmise korral on esitatud järgmises tabelis: [14]

Tabel 2.2 Viiteväärtused erinevatele kütustele elektrienergia eraldi tootmise korral

Kütus		Viiteväärtus, %							
		1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Tahked kütused	Kivisüsi/koks								
	Ligniit/ligniitbrikett								
	Turbakütused	36,9	37,2	37,5	37,8	38,1	38,4	38,6	38,8
	Puitkütus	26,4	27,7	28,8	30,0	30,9	31,7	32,4	33,0
	Tahked biolagunevad jäägid + põllumajanduslik biomass	21,0	21,6	22,1	22,6	23,1	23,5	24,0	24,4
	Põlevkivi								
Vedelkütused	Nafta baasil toodetud vedelkütused	40,5	41,2	41,8	42,3	42,7	43,1	43,5	43,8
	Vedelad biokütused	40,5	41,2	41,8	42,3	42,7	43,1	43,5	43,8
	Vedelad (biolagunevad) jäätmed	21,0	21,6	22,1	22,6	23,1	23,5	24,0	24,4
Gaasilised kütused	Maagaas	50,4	50,8	51,1	51,4	51,7	51,9	52,1	52,3
	Rafineerimisgaas/vesinik	40,5	41,2	41,8	42,3	42,7	43,1	43,5	43,8
	Biogaas	37,5	38,3	39,0	39,6	40,1	40,6	41,0	41,4
	Koksiahjugaas, kõrgahjugaas + teised heitgaasid	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0

Elektrienergia eraldi tootmise viiteväärtuste parandustegurid ärahoitud võrgukadude arvestamiseks on esitatud alltoodud tabelis. Parandustegureid ei kasutata puitkütustel ja biogaasil töötavate seadmete puhul. [14]

Tabel 2.3 Elektrienergia eraldi tootmise viiteväärtuste parandustegurid

Võrk	Elektrienergiat antakse võrku	Elektrienergiat tarbitakse kohapeal
>200 kV	1,000	0,985
100–200 kV	0,985	0,965
0,4–100 kV	0,965	0,925
0,400 kV	0,925	0,86

Viiteväärtused erinevatele kütustele soojusenergia eraldi tootmise korral on esitatud järgmises tabelis: [14]

Tabel 2.4 Viiteväärtused erinevatele kütustele soojusenergia eraldi tootmise korral [14]

Kütus		Aur/soe vesi	Põlemisgaaside otsekasutamine
Tahked kütused	Kivisüsi/koks	88%	80%
	Ligniit/ligniitbrikett	86%	78%
	Turvas/turbakütused	86%	78%
	Puitkütus	86%	78%
	Tahked biolagunevad jääd + põllumajanduslik biomass	80%	72%
	Põlevkivi	86%	86%
Vedel- kütused	Naftabaasil toodetud vedelkütused	89%	81%
	Vedelad biokütused	89%	81%
	Vedelad biolagunevad jäätmed	80%	72%
Gaasilised kütused	Maagaas	90%	50,4%
	Rafineerimisgaas/vesinik	89%	40,5%
	Biogaas	70%	37,5%
	Koksiahjugaas, kõrgahjugaas + teised heitgaasid	80%	72%

3 NESTE MIKROKOOSTOOTMISJAAM

Peatükis 1 anti ülevaade Neste gaasikatlamaja tehnoloogilisest lahendusest ja analüüsi projekti eeliseid ja majanduslikku tasuvust. Järgnevas osas valitakse büroohoonele sobiv koostootmistehnoloogia ja -seade vastavalt Neste kontori tarbimisele ja eelnevas peatükis kirjeldatule. Koostatakse elektri ja soojuskoormusgraafikud ning tehakse tasuvusarvutused võrreldes õli- ja gaasikatlamajaga. Majandusarvutusi tehes võetakse arvesse Eesti seadusandlust ja sellega ettenähtud toetusi. Piiratud algandmete tõttu on paljud andmed üldistatud, kuid see ei takista tööülesannete täitmist ja soovitud järelduste tegemist. Üldistatud andmed on leitud inseneriarvutuste teel või võetud vastavalt inseneripraktilistele kogemustele. Tulemusi kommenteeritakse ja võrreldakse töö eesmärkide ja hüpoteesiga.

3.1 Koostootmisjaama rajamise tehnilis-majanduslik analüüs

Soojuse ja elektrienergia koostootmisjõujaama töö kõrge efektiivsuse saavutamiseks on otstarbekas järgmine: Projekteerida jaam soojusvõimsusele, mis vastab tarbija baassoojuskoormusele. Sellisel juhul tagatakse jõujaama suur aastane kasutusaeg. Tarbija baaskoormust ületav soojustarve kaetakse kas tipuseadmetega või ostetakse suurtootjatelt. Juhul, kui jõujaama käitaja elektrienergia omatarve osutub seejuures väiksemaks kui jaama tootlikkus, on võimalik toodetud ülejääk müüa võrku teistele tarbijatele. [5]

Et otsustada väikese võimsusega soojuse ja elektri koostootmisjõujaama otstarbekuse üle, tuleb välja selgitada järgmised põhilised tingimused:

- Optimaalne soojuse ja elektri koostootmisjõujaama konfiguratsioon;
- Sobilik koht soojuse ja elektri koostootmise jaamale;
- Soojuse ja elektri koostootmise jaama ühendamise võimalused olemasoleva soojuse ja elektrivõrguga;
- Millised on planeeritava koha soojuskoormused aasta ja ööpäeva lõikes, et tagada maksimaalne soojuse ja elektri koostootmisjõujaama kasutus koos kõrge kasuteguriga;
- Teha tasuvusuuring.[5]

3.2 Neste büroohoone andmed

AS Neste Oil büroohoone aadress on Sõpruse pst 155. Kütteõli kasutamisel mindi üle maagaasile 2013 novembris. Selleks vahetati ära põleti ja ehitati uus gaasitoru koos seadmestikuga. Kasutusele jäid vana katel ja akumulatsioonipaagid. 2012 aastal oli hoone teine korrus üürnikest tühi ja tarbimine oli väiksem, kuid 2013 aastal töötas majas umbes 60 inimest.

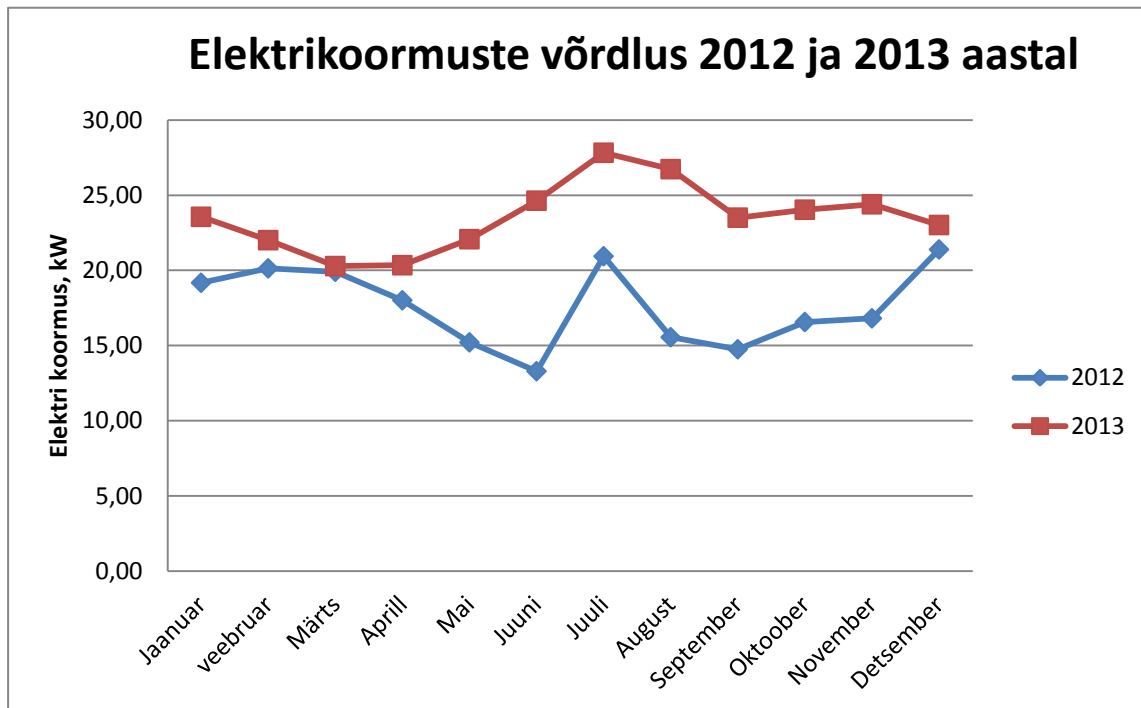
Tabel 3.1 Büroohoone andmed [15]

Ehitisregistri kood	101041431	
Kasutamise otstarve	Büroohoone	
Ehitusaasta	1998	a
Ehitisealune pind	817	m ²
Suletud netopind	1543,5	m ²
Minimaalne korruste arv	3	
Maht	5572	m ³
Olemas oleva katla võimsus	250	kW
Hoones töötavate inimeste arv	60	in

3.2.1 Neste elektritarbimine

Tabel 3.2 Neste kahe aasta elektritarbimine [16]

Aasta	Kuu	Päev, kWh	Öö, kWh	Kokku, kWh	Kokku, kW	MÄRKUSED
2012	Jaanuar	9036,40	5228,60	14265,00	19,17	II korrus oli ilma rentnikuta
	veebruar	8499,00	5030,00	13529,00	20,13	
	Märts	9529,00	5282,00	14811,00	19,91	
	Aprill	8343,00	4624,00	12967,00	18,01	
	Mai	7799,00	3520,00	11319,00	15,21	
	Juuni	6535,00	3036,00	9571,00	13,29	
	Juuli	8125,00	7453,00	15578,00	20,94	
	August	7617,00	3955,00	11572,00	15,55	
	September	6893,00	3727,00	10620,00	14,75	
	Oktoober	8618,00	3707,00	12325,00	16,57	
	November	8420,00	3685,00	12105,00	16,81	
	Detsember	9883,00	6031,00	15914,00	21,39	
2013	Jaanuar	12113,00	5415,00	17528,00	23,56	
	veebruar	9925,00	4864,00	14789,00	22,01	
	Märts	9673,00	5417,00	15090,00	20,28	
	Aprill	10080,00	4566,00	14646,00	20,34	
	Mai	11612,00	4810,00	16422,00	22,07	
	Juuni	12244,00	5492,00	17736,00	24,63	
	Juuli	13536,00	7161,00	20697,00	27,82	
	August	12166,00	7721,00	19887,00	26,73	
	September	10157,00	6766,00	16923,00	23,50	
	Oktoober	11216,00	6664,00	17880,00	24,03	
	November	10857,00	6707,00	17564,00	24,39	
	Detsember	11080,00	6043,00	17123,00	23,01	
2014	Jaanuar	10821,00	4640,00	15461,00	20,78	
	veebruar	2102,00	1039,00	3141,00	4,67	



Sele 3.1 2012 ja 2013 aasta Neste büroohoone koormuskõver kuude lõikes, kW [16]

Joonistelt 3.1 on näha, et 2013 tarbimine on suurem, kui 2012 aastal. See tuleneb asjaolust, et 2012 oli hoone ülemine korrus üürniketa.

3.2.2 Ventilatsiooni koormus

Ventilatsiooniks kasutatakse tagastuvat rootor soojusvahetiga ventilaatorit, millele järgneb kalorifeer. Ventilatsiooni koormuse arvutamiseks on vaja teada õhuvahetuseks kulunud aega, õhukulu ning sellepõhjal arvutatakse ventilatsiooni võimsus ja koormus. Loetletud andmed, aga puuduvad ja seega ei arvutata eraldi välja ventilatsiooni koormust. Kütte koormusgraafiku koostamise lihtsustamise eesmärgil arvestatakse ventilatsiooni koos hoone kütte koormusega.

3.2.3 Sooja tarbevee koormus

Sarnaselt ventilatsiooni koormusega, puuduvad andmed ka sooja tarbevee kohta. On teada, et Vee ettevalmistuseks on kasutusel Jäspi 500 liitrised mahutid, millest üks on reservis. Arvutustes kasutatakse käsiraamatutest võetud konstante nagu ühe töötaja ööpäevane tarbimine liitrites, külma vee temperatuur talvel ja suvel ning soojavee temperatuur.

Tabel 3.3 Tarbevee arvutamiseks vajalikud andmed

l/ööp töötaja	10
Töötajate arv	60
$t_{\text{külmvesi,suvi}}, C$	12
$t_{\text{külmvesi,talv}}$	5
Vee erisoojus c_v	4,19
t_{soevesi}	55

Sooja vee kulu:

$$G_{SV} = \frac{l / \text{ööp.elanikud} \cdot n_{\text{elanikud}} + l / \text{ööp.töötajad} \cdot n_{\text{töötajad}}}{24 \times 3600}, \quad (3.1)$$

G_{SV} - soojavee kulu,

$l / \text{ööp.elanikud}$ - keskmine elaniku ööpäevane vee tarbimine liitrites,

$l / \text{ööp.töötajad}$ - keskmine töötaja ööpäevane vee tarbimine liitrites,

n_{elanikud} - elanike arv,

$n_{\text{töötajad}}$ - töötajate arv.

$$G_{SV} = \frac{10 \times 60}{24 \times 3600} = 0,007 \text{ l/s}$$

Sooja tarbevee koormus talvel:

$$Q_{\text{talv}} = G_{sv} \cdot c_{\text{vesi}} \cdot (t_{\text{soevesi}} - t_{\text{külmvesi,talv}}), \quad (3.2)$$

Q_{talv} - Soojavee koormus talvel,

c_{vesi} - vee erisoojus,

t_{soevesi} – nõutav soojavee temperatuur,

$t_{\text{külmvesi,talv}}$ – külma vee temperatuur talvel.

$$Q_{\text{talv}} = 0,007 \times 4,19 \times (55 - (5)) = 1,45 \text{ kW}$$

(3.3)

$$N_{talv} = Q_{talv} \cdot \sum \tau,$$

N_{talv} - Sooja tarbevee toodang talvel,

τ - aeg.

$$N_{talv} = 1,45 \times 5572 = 8,08 MWh$$

Sooja tarbevee koormus suvel:

$$Q_{suvi} = G_{sv} \cdot c_{vesi} \cdot (t_{soevesi} - t_{kilmvesi,suvi}), \quad (3.4)$$

Q_{suvi} - Soojavee koormus talvel,

G_{sv} - soojavee kulu,

c_{vesi} - vee erisoojus,

$t_{soevesi}$ – nõutav soojavee temperatuur,

$t_{kilmvesi,suvi}$ – külma vee temperatuur suvel.

$$Q_{suvi} = 1,45 \times 4,19 \times (55 - (12)) = 1,26 kW$$

$$N_{suvi} = Q_{suvi} \cdot \sum \tau, \quad (3.5)$$

N_{suvi} - Sooja tarbevee toodang suvel,

τ - aeg.

$$N_{suvi} = 1,26 \times (8760 - 5572) = 4,02 MWh$$

Summaarne sooja tarbevee koormus: $Q_{talv} + Q_{suvi} = 1,45 + 1,26 = 2,71 kW$, mis on umbes 10% kogu soojuskoormusest.

3.2.4 Küttekoormus

Küttekoormus arvutatakse aastase keskmise õlitarbimise põhjal, sest puuduvad vajalikud andmed sooja tarbimisest ning 2013 aasta novembrist hakati kasutama juba gaasi. Katlamaja kasutegur on 0,85 ning erimärgistusega diisli kütteväärtus 10 kWh/l (vt lisa 4). Kütteõli

erinevate aastate kogutarbimine on olnud järgmine: 2012 – 27000 l ; 2011 – 23 000 l ; 2010 - 24500 l; 2009- 28000l; 2008- 24200 l. [16]

Katlamaja toodang:

$$N_k = \frac{V_{\text{ö.kesk}} \cdot Q_{\text{ö}} \cdot \eta}{1000}, \quad (3.6)$$

N_k – katlamaja toodand,

$V_{\text{ö.kesk}}$ – Keskmise aastane kütuse kulu,

$Q_{\text{ö}}$ - Kütuse kütteväärtus,

η - katla kasutegur.

$$N_k = 26000 \times 10 \times 0,85 = 221 \text{ MWh}$$

Tabel 3.4 Neste büroohoone arvutuslikud tarbimisandmed

Õli kesk. aastane tarbimine	26000	l
Katlamaja kasutegur	0,85	
Õli kütteväärtus	10	kWh/l
Katlamaja toodang	221	MWh
Soe vesi	23,7	MWh
Soe vesi	2,71	kW
Küte+vent	197,3	MWh
2013 KP	2253	KP
Norm KP	2471	KP
Tasak temp	11	°C
Erisoojuskadu	3,27	kW/K

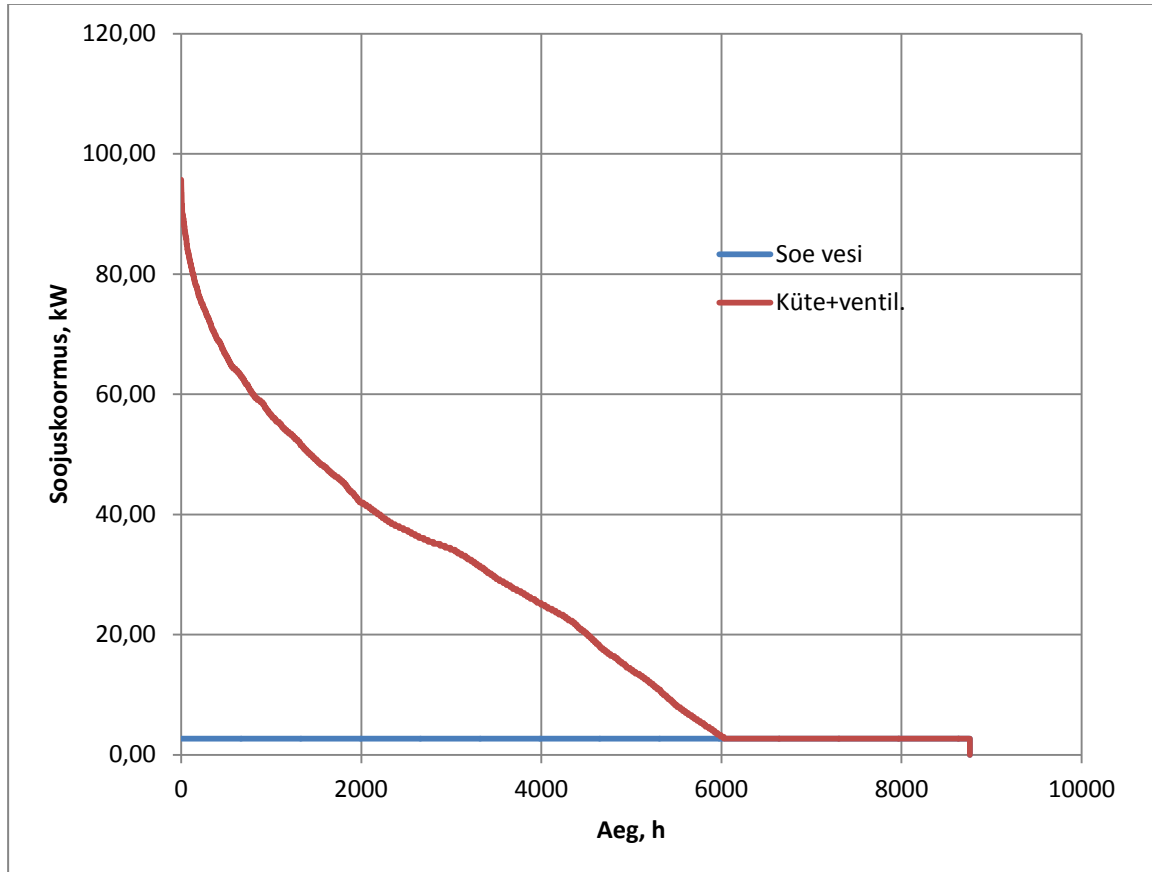
Katlamaja toodangust lahutatakse maha soojavee koormus ning saadakse kütte ja ventilatsiooni koormus (ventilatsiooni koormust eraldi ei arvutata). Kraadpäevade andmed on võetud vastavalt 2013 aasta Tallinna kraadpäevade andmetele.[17] Tasakaalu temperatuur büroohoonele on võetud 11 kraadi. [17] Erisoojuskadu, ja 2013 kraadpäev ja normaal kraadpäev on arvatud exceli tabeliga automaatselt arvestades eelnevaid andmeid.

3.2.5 Summaarne soojuskoormus ja soojuskoormus graafik

Hoone soojuskoormus koosneb ventilatsiooni, soojavee ja ruumide kütteks vajamineva soojuskoormusest. Arvestades 2013 aasta kraadpäevi, normaal kraadpäevi, tasakaalu

temperatuuri büroohoones ja erisoojuskadu (vt tabel 3.4) on koostatud fiktiivne soojuskoormusgraafik Neste büroohoonele.

Sele 3.2 Soojuskoormuse kestvusgraafik



Punane joon näitab kütte ja ventilatsiooni koormust ning sinine joon soojavee koormust, mis on aastaringselt üldistatult konstantne.

Graafikult on näha, et aasta tippkoormus on:

$$Q_{\text{tipp}} = Q_{\text{max}} 93 \text{ kW}$$

Olemasoleva katla võimsus on, aga 250 kW. Sellest saab teha järelduse, et kasutatav katel on tegelikult rohkem kui kaks korda üledimensioneeritud. Põhjus võib olla sellest, et projekteerides arvestati võimaliku koormuse suurenemisega, mida aga tegelikult toimunud ei ole. Teoreetiline põhjus võib olla ka see, et soetati juba kasutatud katel ning võimsuste valik polnud kuigi suur ning sellest ka üledimensioneeritus.

3.3 Mikrokoostootmisjaama valik, analüüs ja majanduslikud arvutused

3.3.1 Mikrokoostootmisjaama valik

Kõikidest mikrokoostootmise tehnoloogiatest, mida eelnevalt ka tutvustati, on tänapäeval enim leidnud kasutust sise põlemismootorid. See on seadme valikul suureks eeliseks, sest siis on ka laiem tootjate valik, tehtud rohkem tehnoloogilisi arendustöid ja vabaturumajandusest tulenevalt ka madalam hind. Samuti on sise põlemismootoritel parim elektri ja soojuse suhe. Sobilikugaasimootori valikul tuleb silmas pidada büroohoone elektri- ja soojuskoormusgraafikuid. CHP'd valitakse soojuskoormuse järgi nii, et tagada maksimaalne soojuse ja elektri koostootmisjõujaama kasutus koos kõrge kasuteguriga (vt ptk 3.1).

Koormusgraafikute 3.1 ja 3.2 alusel on kõige sobivam seade Buderuse maagaasil töötav Loganova BHKW sarja seade EN20.

Sise põlemismootori tehniline kirjeldus:

Tabel 3.5 CHP tehniline informatsioon. Täpsem tehniline info lisas 5. [18]

Tootja: Buderus
Mudel: EN20
Elektriline nimivõimsus: 9.5-19 kW
Soojuslik nimivõimsus: 19-38 kW
Kütuse kulu: 27-54 kW
Elektriline efektiivsus 35,1 %
Soojuslik efektiivsus 57,3 %
Üldefektiivsus 94,2 %



Sele 3.3 EN20 seade Waldhorn hotellis Saksamaal [19]

3.3.2 CHP majanduslik analüüs

Selline seade töötaks aastas umbes 4600 tundi, millest 2200 tundi saaks ta töötada täiskoormusel. Majanduslikes arvutustes on tehtud lihtsustus, et kui seade ei tööta täis koormusel, siis ta töötab miinimum koormusel. Selline lihtsustus annab väiksema aastase tulu, kuid ei mõjuta tulemust palju. Tipukoormus kaetakse olemasoleva gaasikatlaga, mille majanduslikud arvutused on eelnevalt juba tehtud. Koostootmismooduli paigaldamisega saadakse tulu elektritootmisest. Tekib küll primaarenergiasääst, kuid kütust tarbitakse sooja kW kohta rohkem kui küttekatla korral. Valitud seade toodab piisavalt elektrit, et kasutada see kõik omatarbeks.

3.3.2.1 Primaarenergiasääst

Eesti elektrituruseaduse tõhusa koostootmise nõuete kohaselt saab riigilt koostootmistoetust kui on täidetud primaarenergiasäästu nõuded (täpsem tutvustus peatükis 2.5).

Elektrituruseaduse paragrahv 59:

„(1) Tootjal on õigus saada põhivõrguettevõtjalt toetust: ...

... 4) elektrienergia eest, kui ta on selle tootnud tõhusa koostootmise režiimil tootmiseseadmega, mille elektriline võimsus ei ületa 10 MW; ...

... (2) Põhivõrguettevõtja maksab tootjale tema taotluse alusel toetust: ...

... 2) 0,032 eurot ühe kilovatt-tunni elektrienergia eest, kui see on toodetud käesoleva paragrahvi lõike 1 punkti 3 või 4 kohaselt; [RT I 2010, 22, 108 - jõust. 01.01.2011]“ [20]

Koostootmisel tekkiva primaarenergia sääst on arvatud järgmiselt (valemi 2.1 abil):

- **CHPH η** kasuliku soojuse kasutegur on 57,3% (vt tabel 3.5)
- **REFH η** soojuse eraldi tootmise viiteväärtus vastavalt määrusele 90% auru ja vee tootmisele on 50,4% (vt tabel 2.3)
- **CHPE η** koostoodetud elektrienergia kasutegur on 35% (vt tabel 3.5)
- **REFE η** elektrienergia eraldi tootmise viiteväärtus vastavalt määrusele on 52,5% (vt tabel 2.5)

$$PES = \left\{ 1 - \frac{1}{\frac{0,57}{0,504} + \frac{0,35}{0,525}} \right\} \times 100\% = 44\%$$

Seega kaudse arvutuse meetodi abil (võttes aluseks tehnilises kirjelduses toodud andmed) on seadme arvutuslik PES =44%

Lisaks tuleb arvestada järgmiste asjaoludega, et elektritootmise viiteväärtus parandatakse sõltuvalt välisõhutemperatuurist ja elektrilise ühenduses:

- elektrienergia ühendus on arvestatud 10 kV võrguga, siis viiteväärtuse parandustegur on 0,965 (vt tabel 2.4)

$$PES = \left\{ 1 - \frac{1}{\frac{0,57}{0,504} + \frac{0,35}{0,525 * 0,965}} \right\} \times 100\% = 45\%$$

Seega arvutusliku meetodi abil **PES = 45%**. Arvestades koostootmisseadme näitajad elektri ja auru/sooja vee väljastamisel nimiparameetritel, on tagatud koostootmise tõhusus. Sellest tulenevalt saab iga toodetud elektri kWh eest riigilt toetust 0,032 €.

3.3.2.2 Majanduslikud arvutused

Arvutustes kasutatakse eelnevatest tabelitest andmeid (maagaasi katlamaja tasuvusarvutused, hoone tarbimine, EN20 tehnilised andmed). CHP koos tipukatlaga tarbib mõnevõrra rohkem kütust, kui tavaline katlamaja (antud juhul 3307 m³ rohkem). Buderuse EN20 seadme hinnad on võetud vastavalt hinnapakkumisele [18].

Aastane elektritootmine on arvatud arvestades elektri tootmise minimaalset võimsust 9,5 kW ja maksimaalsed 19 kW ning vastavaid töötunde: $9,5 \times 2170 + 19 \times 2421 = 66614 \text{ kWh}$

Järelikult saadakse iga aasta tulu elektritootmise pealt: $66614 \times 0,108 = 7194 \text{ €/a}$, tingimusel et võrku ei müüda. Tulu tuleb seega elektrienergia hinna, võrguteenuse, taastuvenergia tasu ja elektriaktsiisi mitte maksmisest.

Müües aga elekterit võrku saadakse tulu elektrienergia hinna (võrguteenused ja muud komponendid ei sisaldu hinnas) ja koostootmistoetuse pealt:

$$66625 \text{ kWh} \times 0,035 \text{ €/kWh} + 66614 \text{ kWh} \times 0,032 \text{ €/kWh} = 2332 + 2132 = 4464 \text{ €}$$

Täisvõimsusel töötades on CHP kütuse kulu: $54 \text{ kW} \times 2421 \text{ h} = 130734 \text{ kWh}$ (14057 m³), kus 54 kW on võetus EN20 tehnilistest andmetest maksimaalne kütusekulu.

Miinumum võimsusel töötades on CHP kütuse kulu: $27 \text{ kW} \times 2170 \text{ h} = 58590 \text{ kWh}$ (6103 m³), kus 27 kW on võetus EN20 tehnilistest andmetest minimaalne kütusekulu.

Kui CHP tööpiirkonnad (19-38 kW) töötaks tavaline gaasikatel, siis tema kütusekulu oleks järgmine: $(19 \times 2170 + 38 \times 2421) / (0,85 \times 9,3) = 16854 \text{ m}^3$, kus toodetud kWh jagatakse katla kasuteguri ja maagaasi kütteväärtusega.

Kahel erineval režiimil töötades on CHP kütuse kulu : $14057 + 6103 - 16854 = 3307 \text{ m}^3$ suurem. CHP ja tipukatla töötamisel on aastane kogu kütusekulu: $3307 + 27808 = 31115 \text{ m}^3$, mis teeb aastaseks kütusekuluks eurodes: $31115 \times 0,40815 = 12700 \text{ €/a}$

Järelikult on kütuse pealt saadav tulu võrreldes õlikatlamajaga 12000 € ja võrreldes maagaasikatlamajaga -1350 €

Saadud tulemused on esitatud tabelid 3.6.

Tabel 3.6 CHP majanduslikud näitajad

Parameeter	Väärtus	Ühik
CHP 100% tööaeg	2421	h
CHP 50% tööaeg	2170	h
CHP tööaeg kokku	4591	h
Ostetava elektri keskmine hind	0,108	€/kWh
Müüdava elektri keskmine hind	0,035	€/kWh
Elektri tootmine aastas	66614	kWh
Elektrienergiast saadav tulu võrku mitte müües	7194	€/a
Elektrienergiast saadav tulu võrku müües	2332	€/a
Koostootmise toetus	0,032	€/kWh
Toetusest saadav tulu	2132	€
CHP kütuse kulu 100%	130734	kWh
CHP kütusekulu 50%	58590	kWh
CHP kütuse kulu 100%	14057	m ³
CHP kütusekulu 50%	6103	m ³
CHP kütusekulu kokku	20161	m ³
Katlamaja kütuse kulu CHP tööpiirkonnas	16854	m ³
Kütusekulu vahe (CHP vs katel)	3307	m ³
Gaasikatla kütusekulu	27808	m ³
CHP+tipukatel kütusekulu	31115	m ³
CHP+tipukatel kütuse hind	12700	€/a
Tulu võrreldes õlikatlagaga	12000	€/a
Tulu võrreldes gaasikatlagaga	-1350	€/a
EN20 hind	36 900	€
Seadme häälestus	2500	€
Lisavarustusena helisummuti	1700	€
Esmaseks täitmiseks sünteetiline õli	450	€
Seadme hooldus	500	€/a
Kokku EN20 alghind	41 550	€

CHP ja gaasikatlamaja lihtsuvusanalüüs võrreldes õlikatlamajaga, eeldusel, et elektrit võrku ei müü (valem 3.8):

$$T = \frac{26850 + 41550 + 500}{12000 + 7194} = 3,6 \text{ aastat}$$

CHP ja gaasikatlamaja lihtsuvusanalüüs võrreldes õlikatlamajaga, eeldusel, et elektrit müüakse võrku (valem 3.8):

$$T = \frac{26850 + 41550 + 500 + 3000}{12000 + 2332 + 2132} = 4,9 \text{ aastat}$$

CHP ja gaasikatlamaaja lihttasuvusanalüüs võrreldes gaasikatlamaajaga, eeldusel, et et elektrit võrku ei müü (valem 3.8):

$$T = \frac{41550 + 500}{7194 - 1350} = 7,2 \text{ aastat}$$

CHP ja gaasikatlamaaja lihttasuvusanalüüs võrreldes gaasikatlamaajaga, eeldusel, et elektrit müüakse võrku (valem 3.8):

$$T = \frac{41550 + 500 + 3000}{2332 - 1350 + 2132} = 14,5 \text{ aastat}$$

Tasuvusarvutustes kasutatud arvud on võetud tabelist 3.6. Kulu 26 850 € on gaasikatlamaajale üleviimiseks vajaminev investeering, mis oli välja arvatud peatükis 1.5. Tasuvusaeg on tegelikkuses isegi väiksem, sest arvutustes ei arvestatud, et seade töötab peale 2200 tundi suuremal koormusel kui minimaalne koormus. Võrreldes õlikatlamaajaga pikeneb tasuvusaeg 3,6 aastani, mis esmapilgul tundub vägagi mõistlik, et see investeering teha. Kui aga võrrelda CHP investeeringut maagaasikatlamaajaga on tasuvus aeg märgatavalt pikem.

Kuigi elektrivõrguga liitumistasu on võetud umbmääraselt 3000 € (soovituslik hind AS Filter automaatika inseneride poolt) ja võib tegelikkuses palju suurem või väiksem summa olla, tuleb arvutustes välja tendents, et kasulikum on ikkagi mitte teha elektrivõrguga leping ja tarbida kogu toodetud elekter ise. Võrku müües saab tulu vaid elektrienergia hinna ning koostootmistoetuse pealt. Ise tarbides hoitakse kokku, aga võrguteenuste, aktsiisi ja taastuenergia tasude pealt. Müües võrku on elektrienergia hind kWh eest rohkem kui poole väiksem kui ise tarbides. Võrku müümine oleks mõtekam, kui kütusena kasutataks näiteks biokütust (biogaas), mille toetus kWh kohta on märgatavalt suurem. Biokütuste kasutamisega kaasneks ka veel lisatoetuse saamise võimalus KIK'lt (keskkonnainvesteeringute keskus), mis on enamasti pool investeeringust. Kas saadud seade on kokkuvõttes kasumlikum, kui lihtsalt gaasikatlamaaja, on vaieldav, sest pikema tasuvusajaga kaasneb küll iga aastane suurem kasum, kuid arvestamata on inflatsioon ja ka võimalikud laenuintressid, sest alginvesteering on suurem.

KOKKUVÕTE

Töö käigus tehtud uuringutele ning andmetele tuginedes saab väita, et kerge kütteõli vahetamine maagaasi vastu on olnud Nestele kui ettevõttele igati kasulik otsus. Esiteks, investeeringud tasuvad ära juba kahe aasta jooksul, mis on väga lühike aeg. Kiire tasuvus on tingitud maagaasi odavamast hinnast ning ka ülemineku väikestest kulutustest, sest gaasi liitumispunkt oli lähedal ja katelt ning vee ettevalmistusseadmeid välja ei vahetatud. Samuti on gaasikatlamaja hoolduskulud madalamad. Peale hinnavõidu on uue katlamaja eelisteks veel kõrge automatiseeritavus ning vähenenud on keskkonda saastavad heitgaasid. Automatiseeritavusest tulenevalt puudub edaspidi vajadus pidevaks õlinivoo jälgimiseks ning kütuse tellimiseks, sest gaasi voolamine torus on ühtlane ning pidev – puudub vajadus mõelda viskoossusele ning kütuse soojendamisele. Siiski on maagaasil ka puudused seoses sõltumisest ainult ühest tarnijast. See on väga suur risk varustuskindlusele ja hinnale. Eestisse või Soome plaanitava LNG terminali rajamine kindlasti vähendaks seda riski ja muudaks Eestit Venemaast vähem sõltuvaks. Väidan, et Neste Oil AS Sõpruse pst. büroohoone oleks võinud juba varem kütteõlist loobuda nii nagu tegid enamik katlamaju 1999. aastal, kui naftahinnad drastiliselt tõusid.

Töö kirjutamise käigus selgus, et gaasikatlamaja on küll efektiivne ja hea hinnaga, kuid mikrokoostootmiseseadme lisamisega oleks tulemus veelgi parem. Mikrovõimsusega sisepõlemismootori primaarenergiasääst tuli arvutuslikult 50% lähedale, mis on väga kõrge näitaja. See kinnitab, et tegemist on tõhusalt toodetud energiaga ning kütust kasutakse efektiivseimal moel. Vähenenud kütuse tarbimisest ehk primaarenergiasäästust tulenevalt produtseeritaks katlamajas veelgi vähem süsihappegaasi ja muid heitgaase. See on aga näide Euroopa ja Eesti arengukavade keskkonnasõbralikust energiatootmispoliitikast. Sisepõlemismootorid on Eestis võrdlemisi populaarsed, millele annab tõestust fakt, et hetkel töötab umbes 13 sisepõlemismootorit vastukaaluks 25 turbiinile. Sisepõlemismootorid on enamasti kasutuses väiksema võimsusega tarbijatel, kuid sellegipoolest ei kasutata neid Eestis veel kortermajade või büroohonete energiavajaduste rahuldamiseks, sest Eestis on paljudes kohtades kehtestatud kaugküttepiirkond, kus tarbija on kohustatud oma soojust ostma võrgust. Vastasel juhul oleks koostootmise areng kiirem. See oleks tulevikus oluline arengusuund, mida võiksid ka riigi arengukavad toetada.

Töö põhjal arvan, et sise põlemismootor, kui kõige levinum mikrokoostootmislahendus, on tänasel hetkel kõige sobilikum valik Neste katlamajale. Seadmete valik on lai ning hinnad odavamad, kui teiste tehnoloogiate seadmetel. Buderuse EN20 mikro CHP seade sobis büroohoone tarbimiskõveraga kõige paremini: seadme tööaeg aastas oleks 4600 tundi, millest 2200 tundi töötaks ta täiskoormusel, kui koormus on madalam kui 19 kW, siis CHP töö lõpetatakse ning koormus kaetakse juba olemas oleva maagaasi katlaga, kuid kui koormus on üle 38 kW, siis tipukoormuse katlaks oleks samuti gaasikatel. Valitud seade annab maksimaalselt välja piisavalt elektrit, et katta ära minimaalne elektrivajadus ning enamikul ajal tuleb elektri puudujääk ikkagi võrgust juurde osta. Töös tuli välja, et kasumlikum on kogu toodetud elekter ise ära tarbida, sest võrku müües on elektrihinnast saadav tulu väiksem kui ise tarbides ning toetused pole piisavalt suured. Tasuvusarvutused näitasid, et võrgulepingu sõlmides on tasuvusaeg võrreldes õlikatlamajaga 1,3 aastat suurem, mis on üsna väike vahe, aga võrreldes gaasikatlamajaga 7,3 aastat, mis on juba oluline erinevus (poole pikem). Koostootmisüksuse tasuvuse üle otsustamine võrreldes õlikatlamajaga ei ole mõistlik, sest kergel kütteõlil töötav katel oli niivõrd kallis, et CHP tasuvusaeg tuleb väga lühike - 3,6 aastat. Parema hinnangu annab tasuvuse võrdlemine gaasikatlaga, kus tuludes ei arvestata enam kütusekulult saadavat tulu (kütusekulu on nüüd 1350€ võrra suurem, sest CHP tarbib 3000 m³ rohkem gaasi) ning ainsaks tulutoovaks osaks on elektritootmine. Selline arvutus näitab, et elektrit võrku mitte müües tasub seadme investeering ära 7,2 aastaga. Arvestades, et EN20 eluiga on umbes 20 aastat, võib öelda, et koostootmisüksuse paigaldamine Neste büroohoone katlamajja oleks mõistlik tegevus.

Töö alguses püstitatud hüpotees koosnes kahest osast, millest esimene leidis kinnitust ning teine lükkus ümber. Selgus, et kütuste vahetamine oli igati kasumlik tegevus ning jõuti järeldusele, et ettevõtte oleks võinud seda juba varem teha. Hüpoteesi teine osa väitis, et hetkel on mikro CHP üksused veel liiga kallid, et neid laiaulatuslikult kasutada. Lõputöös jõuti aga Neste Oil AS büroohoone näitel vastupidisele järeldusele. Tarbides kogu toodetud elekter ise, tasub koostootmiseseade ennast umbes seitsme aastaga. Selline tulemus kinnitab eelpool kirjeldatud tendentsi, et tulevikus muutub tootmine aina lokaalsemaks. Väike- ja mikrokoostootmisjaamade konkurentsivõime tõuseb kütusehindade tõustes, elektrihindade kallinedes ja seadmestiku odavnedes.

Piiratud mahu tõttu uuriti käesolevas töös ainult mikro-CHP tasuvust võrreldes gaasi- ja õlikatlamajaga, kuid tulevikus võib täiendavalt uurida väike- ja mikrokoostootmisjaamade tasuvust muude populaarsete lokaalkütte lahendustega. Tasuks võrrelda mikro-CHP tootjate seadmestike hindu ning vastavalt võrrelda erinevaid tehnoloogiaid ja võimsusi, näiteks mikroturbiinid võrreldes päikseenergiat töötavate mikro-CHP Stirling mootoriga jne. Uurimisainet pakub ka väike mikro-CHP-s kasutatava kütuse valik – kas ja millisel kütusel töötav seadmestik on kasulik: maagaasil, biogaasil, prügil, halupuidul, puugaasil või mõnel muul. Lisaks büroohoonetele oleks väga aktuaalne uurida kortermajade koormusgraafikuid ja nendele sobivaid tehnoloogiaid.

SUMMARY

Changing light fuel oil to natural gas has been most useful decision for Neste Ltd. as an enterprise. Investments will already pay off in two years. Fast pay off is due to the cheaper price of natural gas and due to other factors such as the boiler and water treatment equipment was not previously renewed and gas supply point was near. In addition, the costs of the gas boiler-house are lower. Other advantages for a new boiler-house are its automatic features and decreased amount of emissions released into the environment. Also, there is no need to constantly keep an eye on oil levels and no necessity to deal with fuel orders. Gas flows in the pipeline without problems, thus no need to worry about its viscosity or need to warm the fuel. All in all, Neste Ltd. bureau house on Sõpruse pst should have switched to gas earlier like most of the boiler-houses did in 1999, when the crude oil prices increased drastically.

Gas boiler-house is effective and cheap, but adding micro cogeneration equipment the result would be even better. Micro-powered combustion engine's primary energy's saving indicator came close to 50 per cent, which is a very high gauge compared to separate production. This confirms that this type of fuel is used in more effective manner. Considering the decreased consumption of fuel in a gas boiler-house, fewer carbon dioxide and other smoke emissions would be produced. That type of environmentally friendly energy production is strongly supported by Estonian and European Union's development plans. Combustion engines are very popular in Estonia – about 13 engines work as opposed to 25 turbines. Users who require lower power are the ones to prefer combustion engines. However, combustion engines are not used in Estonia to fulfil apartment buildings' and office buildings' energy requirements.

Combustion engine as the most common micro-cogeneration (CHP) solution is the most suitable choice for Neste Ltd. boiler-house at this day. The range of equipment is wide and prices are lower than for the equipment of other technologies. Micro-cogeneration (CHP) device Buderus EN20 is the most suitable device for the bureau building's consumption curve. The device's working hours in a year would be 4600 hours, of what 2200 hours would be in full load. If the load was lower than 19 kW then CHP would be shut down and the required load would be covered by already existing natural gas boiler-house.

On the other hand, if the load were more than 38 kW then the peak-load boiler would also be a gas boiler. Chosen device will give out enough electricity to the limit in order to cover

minimal requirement for electricity. In case of shortage, most of the time the additional electricity needs to be bought from the grid. In that case it would be more sensible not to have a contract with the electricity grid for selling produced. Profit calculations have shown that having a contract with the grid would make the payback period 1,3 years longer compared to the oil boiler-house; and 7,3 years longer compared to the gas boiler-house, which is a significant difference. It is not sensible to assess cogeneration unit's profitability, because a light heating-oil based boiler is significantly more expensive and therefore the payback period of CHP would be short (averagely 3,6 years). A better estimation can be given by comparing profitability to the gas boiler, where the revenue does not take into account the profit from the fuel expenditure (fuel expenses are 1350€ higher now, because CHP consumes 3000m³ more gas) and the only cost-effective part is electricity production. This calculation shows that if the electricity was not sold to the grid, the device investment would pay off in 7,2 years. Considering that the lifetime of EN20 is about 20 years then installing a cogeneration unit in the Neste Ltd. bureau building would be a sensible thing to do.

The set hypothesis consisted of two parts of which the first was confirmed and second one was refuted. Turned out that changing fuels is profitable and it was concluded that the enterprise should have done it already earlier. The second part of the hypothesis claimed that micro CHP units are too expensive to be used widespread at this time. However, opposite conclusion was reached based on the Neste Oil Ltd. bureau building example. As not having a contract with the grid would payoff the cogeneration device approximately seven years. This result confirms the previously described trend where the production in the future will become more local. Small and micro CHPs are more competitive because of the dropping prices of equipment and increasing prices of fuel and electricity.

Due to limited resources this dissertation researched only micro CHP's profitability compared to gas and oil boiler-houses. Nevertheless, the small and micro CHP profitability with other popular local heating solutions could be researched as well. It is worth to compare CHP manufacturers' equipment prices and accordingly compare different technologies (e.g. to compare microturbines to micro CHP Stirling motors that work on solar power) and capacities. Fuel selection used in small-micro CHP is also a possible research material. For example which of the following is the most beneficial fuel for the small-micro CHP equipment– natural gas, biogas, waste, logs, tree gas or other fuels. It is also very timely to research the apartment houses' load curves and suitable technologies.

KASUTATUD KIRJANDUS

1. Koostootmisjaamade võimsus, toodang ja kasutatud kütus. Statistikaamet [WWW] http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Majandus/02Energeetika/02Energia_tarbimine_ja_tootmine/01Aastastatistika/01Aastastatistika.asp (16.03.2014)
2. Rannu, M., Jänes, H., Švedova, I. Sõpruse pst 155 hoonesisene gaasitorustik, põhiprojekt. Seletuskiri ja joonised. K-Projekt, töö nr 13065, 2013. [Online] aivo@filter.eu (16.12.2013)
3. JÄSPI-GTV 272, 522, and 722: Energy accumulators. [WWW] <http://www.jaspi.pl/>
4. Paist, A., Plamus, K. Lokaalkatlamajad. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2013
5. Krupenski, I. (2006). Maagaas kui konkurentsivõimeline kütus Eestis: magistritöö. Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn.
6. Maagaasi kvaliteedi tunnistus. EG Võrguteenus. [Online] igor.krupenski@ttu.ee (06.02.2014)
7. Compact commercial diaphragm gas meters: BK-G25 and BK-G25T . Elster. [WWW] http://www.uk-metering.net/downloads/G25_Data_Sheet.pdf (05.03.2014)
8. Operating and maintenance instructions, gas burners: GP-26.10, GP-26.10 H, GP-26.21 H. Oilon, 40130305GB. [Online] aivo@filter.eu (16.12.2013)
9. Erimärgistatud diislikütusehind. Neste kodulehekülj. <http://www.nesteoil.ee/default.asp?path=14388,14431,14652,14714>
10. Vares, V. Kruus, R. Perspektiivsetest elektri ja soojuse koostootmise tehnoloogiast Eestis, 2002
11. Paist, A. Väike ja mikro koostootmine. Õppematerjal. Tallinn: TTÜ Soojustehnika instituut. 2012
12. Siirde, A. Tõhusa elektri ja soojuse koostootmise potentsiaal Eestis. Tallinn. 2007

13. Paist, A. Soojuse ja elektri koostootmise tehnoloogiatest. – Eesti põlevloodusvarad ja – jäätmed, 2013, ISSN 1736-0315, lk 6-9
14. Tõhusa koostootmise nõuded. (Vastu võetud 03.05.2007), - Elektrooniline Riigi Teataja [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/12825847> (16.03.2014)
15. Neste büroohoone andmed. Eesti ehitusregister. [WWW] <https://www.ehr.ee/v12.aspx?loc=0101>
16. Neste katlamaja andmed . [Online] Arvo.Aruvee@nesteoil.com (10.02.2014)
17. Büroohoone tasakaalutemperatuur ja 2013 kraadpäevad. Kredex kodulehekül. [WWW] <http://www.kredex.ee/energiatohususest/kraadpaevad-4/>
18. Buderus EN20 hinnapakumine. Raido Malõšev. [Online] buderus@buderus.ee (06.05.2014)
19. Buderuse EN20 seade Saksamaa hotellis. Buderuse kodulehekül [WWW] http://www.buderus.de/sixcms/detail.php?template=rtp_bud_image&id=4318534&nr=2
20. Eesti elektrituruseadus. [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/106052014004#para7lg3>

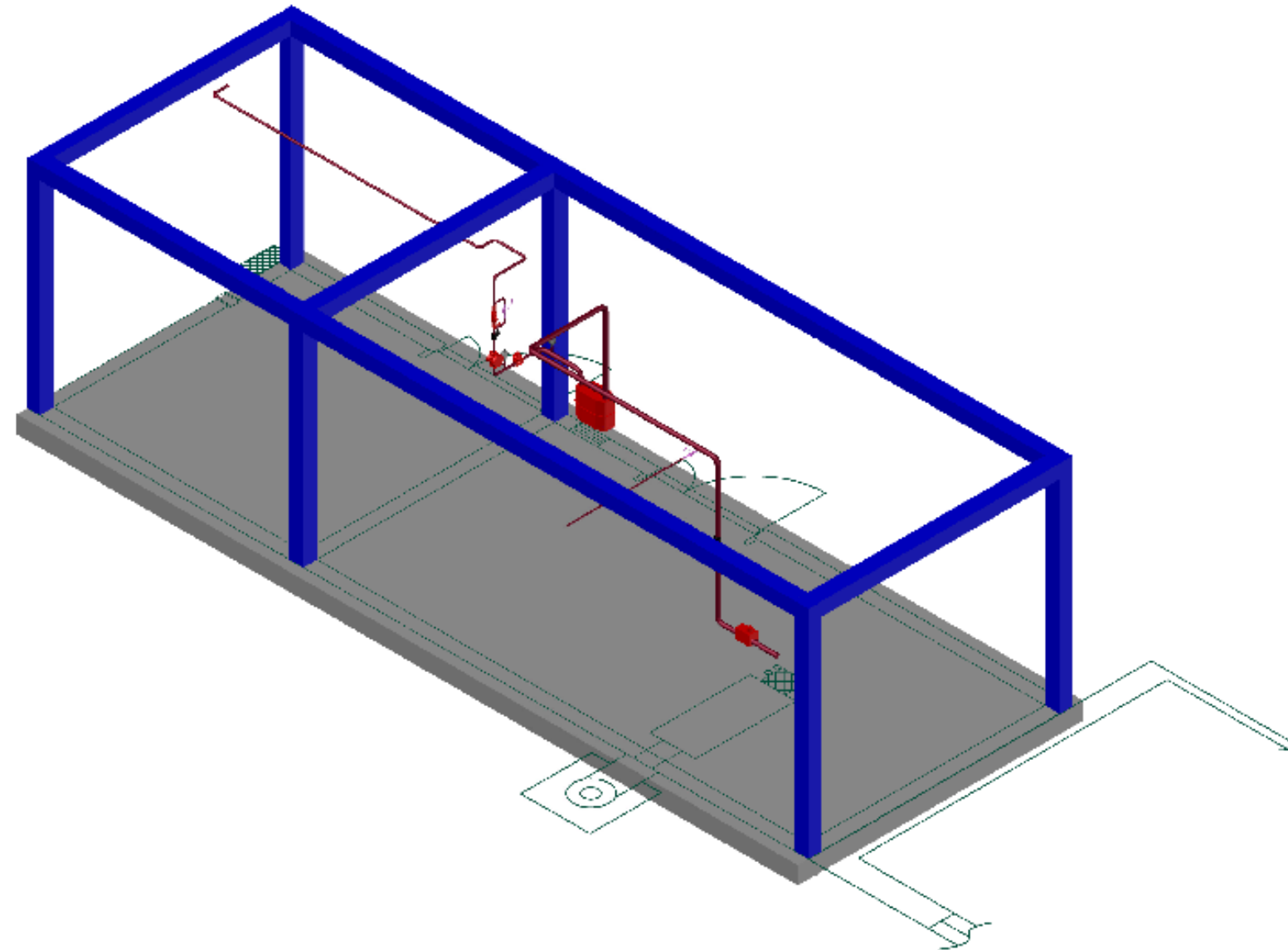
Lisa 1 – Gaasiseadmete ja materjalide loetelu

Nr.	Nimetus	Ühik	Kogus
HOONE SISENE GAASITORUSTIK SÕPRUSE PST 155			
1.	Terasest toru gaasile DN50	m	12
2.	Terasest toru gaasile DN32	m	0,5...1
3.	Terasest toru gaasile DN25	m	8
4.	Terasest põlv 90° DN50	tk	6
5.	Terasest põlv 90° DN25	tk	7
6.	Terasest põlv 90° DN15	tk	2
7.	Terasest kolmik DN25-DN15 (manomeetri P ₁ jaoks)	tk	1
8.	Terasest kolmik DN50-DN15 (manomeetri P ₂ jaoks)	tk	1
9.	Terasest hülss DN50 (hoone välis- ja siseseiina läbimine)	m	0,5...1
10.	Toru kinnistused	tk	16*
GAASISEADMED (MÕÖDU JA RÕHU REGULEERIMISSÕLM)			
11.	Terasest toru DN50	m	1...2
12.	Terasest toru DN25	m	1...2
13.	Terasest toru DN15	m	0,5...1
14.	Terasest kuulventiil DN25	tk	1
15.	Terasest kuulventiil DN15	tk	1
16.	Terasest üleminek DN25 / DN15	tk	1
17.	Terasest üleminek DN50 / DN25		1
18.	Terasest üleminek DN50 / DN32	tk	1
19.	Gaasi võrkfilter DN25 silmavaga 0,1 ... 0,25 mm	tk	1
20.	Magnetklapp DN25 6,0 baar koos maagaasi lekke anduriga	kompl	1
21.	Gaasiarvesti DN50, MOP=100 mbaar, G=25 m ³ /h (näiteks Elster BK-G25, kuni 40 m ³ /h ja p<0,5 baar)	tk	1
22.	Gaasirõhu regulaator G=25 m ³ /h, p=3,0 / 0,1 baar PN16 (näiteks Fiorentini FE25) koos SSV klappiga	tk	1
23.	Gaasi väljalaske toru Ø1/2" (DN15)	tk	2**
24.	Drosselventiil DV06 Ø1/4"	tk	1
25.	Impulsiin Ø12x1,5 mm	m	1...2
26.	Manomeeter 0 ... 6,0 baar	tk	1
27.	Manomeeter 0 ... 100 mbaar	tk	1
28.	Kompensaator DN50 (muhv)	tk	1
29.	Abi materjalid (k.a. gaasiarvesti kinnitused)	kompl	*
MUUD			
30.	Gaasipõleti GP26.10 H R1 1/4	tk	1
31.	Välisõhu ventilatsiooni rest 400x200 mm (laius x kõrgus)	tk	1

* kogus täpsustada ehituse ajal

** gaasi väljalaske toru Ø1/2" pikkuse täpsustada ehitustööde ajal

Lisa 3 – Neste büroohoone 3D joonis



TÖÖ NUMBER	JÕDNISE NR.	STAAD.	FORMAAT	MÕÖT	MUUD.	ES. LIHT	AS	08.12.2013	
1			A3	1:50	MO	KUMPTAS	AS	08.12.2013	
TELLIJA	NESTE EESTI AS						KONTR.	AS	08.12.2013
OBJEKT	Tallinn Kristiine LO Sõpruse pst 155						JÕDNIST.	JR	08.12.2013
JÕDNISE NIMETUS	Sõpruse pst 155 gaasitorustik Gaasikatte õhendamise 3D skeem						FILTER		
	Lülke tee 9 Rae vald Harju maakond tel +372 606 6868, fax +375 606 6850 www.filter.eu, filter@filter.eu								
Kõnekoju joonis on Filter AS intellektuaalne omand, mille topograafiline, reproduktseerimine ja kasutamine omaniku salveas kirjaliku loata on keelatud.									

Lisa 4 – Kütteväärtused

Erinevate küteliikide orienteeruvad kütteväärtused ja hinnad - detsember 2010

Küteliik	Niiskussisaldus %	Ühik	Kütteväärtus kWh/ühik	Hetke hind EUR/ühik	Hind EUR/kWh	Katla kasutegur %	Löplik hind EUR/kWh
Kivisüsi (¹)		tonn	6900	153	0,022	70	0,032
Turbabrikett (¹)	15%	tonn	4700	121	0,026	70	0,037
Tükktuurvas (¹)	35%	tonn	3300	45	0,014	70	0,019
Saepurubrikett (¹)	10%	tonn	4900	153	0,031	70	0,045
Puidugraanulid (¹)	10%	tonn	4900	192	0,039	90	0,044
Halupuud (saar, kask) (¹) (²)	20%	m³ (rm)	1550	73	0,047	70	0,067
Halupuud (okaspuu, sanglepp) (¹) (²)	20%	m³ (rm)	1250	67	0,054	70	0,077
Halupuud (haab, hall lepp) (¹) (²)	20%	m³ (rm)	800	54	0,068	70	0,096
Maagaas 250 - 750 m³/aastas (¹)		m³	9,5	0,47	0,049	90	0,055
Maagaas 750 - 100 000 m³/aastas (¹)		m³	9,5	0,40	0,042	90	0,047
Erimärgistatud diiselkütus (suvine, mahuti asub siseruumis) (¹)		liiter	10	0,71	0,071	90	0,079
Erimärgistatud diiselkütus (talvine, üle -10°C) (¹)		liiter	10	0,77	0,077	90	0,086
Kaugküte (³)			1	0,064	0,064		
Elekterküte (kodupakett 1)			1	0,10	0,10		
Elekterküte (kodupakett 2)			1	0,083	0,083		
loonküte (kodupakett 1)			1	0,10	0,10		
loonküte (kodupakett 2)			1	0,083	0,083		

Soojuspumpad	Arvutuslik soojustegur (⁴)	Keskmine kasutegur			
Maa-vesi soojuspump (elekterküte kodupakett 2)	2,0-3,5	2,3	1	0,036	0,036
Õhk-vesi soojuspump (elekterküte kodupakett 2)	1,6-2,4	1,7	1	0,049	0,049
Õhk-õhk soojuspump (elekterküte kodupakett 2)	3,0-5,0	2,8	1	0,030	0,030

Märkused:

Kõik hinnad on koos käibemaksuga.

(¹) - **Katla kasuteguri** arvestamisel tuleks lähtuda tema tegelikust kasuteguri väärtusest või viimase puudumisel soovitage kasutada tabelis näidatud keskmisi kasuteguri väärtusi.

Näide: okaspuu ja sanglepa halupuude kütteväärtus on 1250 kWh/rm ning soojusenergia hind on 0,054 EUR/kWh. Tuppa jõuab soojusenergiat aga vähem.

Seega kujuneb soojusenergia tegelik hind järgmiselt:

- ahikütte puhul, mille kasutegur on ca 70%, on tuppa jõudva soojusenergia hind 0,077 EUR/kWh
- halukatla puhul, mille kasutegur on ca 80%, on tuppa jõudva soojusenergia hind 0,068 EUR/kWh
- gaasikatla puhul, mille kasutegur on ca 90% ja aastane gaasi tarbimine alla 750m³, on tuppa jõudva soojusenergia hind 0,055 EUR/kWh
- elektrienergia samaselt on kaugküte kasuteguriks ca 100%

(²) - Halupuu Firewood Products OÜ andmetel.

Küttepuid müüakse ruumimeetrites (rm). Ruumimeeter (riidastatud küttepuid) - 1m x 1m x 1m = 1m³.

1m³ riidastatud küttepuid koos õhuvahedega moodustab 1 ruumimeetri, kus ca 65% on halupuitu ja 35% on õhuvahed.

1 tihumeeter puitu (ilma õhuvahedeta) = 1,54 laotud ruumi = 2,50 puisteruumi

(³) - Kaugküte hind Eestis varieerub piirides 42-86 EUR/MWh ehk 0,042-0,086 EUR/kWh.

(⁴) - Soojuspumba soojustegur (COP) +7 °C juures.

Lisa 5 – Buderuse EN20 tehniline informatsioon

CHP technical data

	Unit	EN20 CHP module		EN50 to EN240 CHP modules			
		Non-condensing	Condensing	EN50	EN70	EN140	EN240
GENERAL							
Nominal heat output at 80/60°C	kW _n	15.5-31	–	–	–	–	–
Nominal heat output at 50/30°C	kW _n	–	19-38	–	–	–	–
Nominal heat output at 90/70°C	kW _n	–	–	40-80	54.5-109	106-212	187-374
Nominal electrical output at 80/60°C	kW _e	9.5-19	9.5-19	–	–	–	–
Nominal electrical output at 90/70°C	kW _e	–	–	25-50	35-70	70-140	120-240
Modulation range (turn-down)	%	50-100	50-100	50-100	50-100	50-100	50-100
Gas input	kW	27-54	27-54	74-148	102-204	192-384	334.5-669
Net thermal efficiency	%	57.3	70.2	54.1	53.4	55.2	55.9
Net electrical efficiency	%	35.1	35.1	33.8	34.3	36.5	35.9
Net overall efficiency	%	94.2	105.4	87.8	87.7	91.7	91.8
Maximum operating pressure	bar	6	6	6	6	6	6
Flow temperature (min/max)	°C	80/60	50/30	90/70	90/70	90/70	90/70
Pressure drop @ ΔT 20°C	mbar	200	200	500	480	550	560
Flow rate @ ΔT 20°C	kg/s	0.38	0.46	0.96	1.3	2.53	4.47
Module noise level	dB(A)	56	56	65	68	71	70
Exhaust with primary silencer noise level	dB(A) in 1m	60	66	75	79	72	77
Exhaust with primary & secondary silencer noise level	dB(A) in 1m	35	35	61	64	57	63
Air outlet silencer segments 1 & 2	dB(A)	–	–	43	51	59	61
Air outlet silencer segments 1, 2 & 3	dB(A)	–	–	35	35	35	35
Exhaust with splitters noise level	dB(A) in 1m	–	–	43	51	59	61
Exhaust with tertiary silencer	dB(A) in 1m	–	–	35	35	35	35
NO _x content at 5% oxygen, dry	g NO _x /m ³	≤ 0.125	≤ 0.125	≤ 0.125	≤ 0.250	≤ 0.250	≤ 0.250
Exhaust gas mass flow rate, wet	g/s	19.7	19.7	53.3	76.1	146.7	255.8
Exhaust gas pressure	Pa	200	200	750	750	500	500
CO content at 5% oxygen, dry	g CO/m ³	≤ 0.150	≤ 0.150	≤ 0.150	≤ 0.300	≤ 0.300	≤ 0.300
Design gas supply pressure	mbar	20-80	20-80	20-80	20-80	20-80	20-80
Operating voltage	V/kV	400/50	400/50	400/50	400/50	400/50	400/50
Electrical supply	Phases	3	3	3	3	3	3
Electrical power consumption	W	500	500	1,000	1,700	2,500	3,900
ENGINE							
Engine model	Naturally aspirated "Otto" gas engine						
Principle of operation	Four-stroke						
Number of cylinders/arrangement		4 in line	4 in line	4 in line	6 in line	6 in line	V12
Gas consumption	m ³ /h	5.4	5.4	14.8	20.4	38.4	66.9
Oil consumption	g/h	Approx. 2.2	Approx. 2.2	Approx. 40	Approx. 50	Approx. 60	Approx. 100

Lisa 5 jätk

	Unit	EN20 CHP module		EN50 to EN240 CHP modules			
		Non-condensing	Condensing	EN50	EN70	EN140	EN240
GENERATOR							
Three-phase generator		Asynchronous, water-cooled			Synchronous, air-cooled		
Model output	kVA	28	28	83	88	175	300
Regulated cos φ		> 0.76	> 0.76	> 0.95	> 0.95	> 0.95	> 0.95
Efficiency under full load cos $\varphi = 1$	%	93.2	93.2	94.2	94.5	95.1	96.1
Stator connection		Star	Star	Star	Star	Star	Star
Maximum ambient temperature	°C	+60	+60	+40	+40	+40	+40
Voltage	V	400	400	400	400	400	400
Rated current	A	37.5	37.5	72	101	202	346
Frequency	Hz	50	50	50	50	50	50
Speed	rpm	1,525	1,525	1,500	1,500	1,500	1,500
Cooling	Medium	Water		Enclosure air			
VENTILATION AIR FAN							
Flow rate	m ³ /h	600	600	400-3,403	400-5,932	400-5,932	400-5,932
Compression	Pa	180	180	605	605	675	675
CONNECTIONS							
Flow connection Φ [F]	mm/inch	DN 25/Rp1"	DN 25/Rp1"	DN 32/Rp1½"	DN 40/Rp1½"	DN 50/Rp2"	DN 65/Rp2½"
Return connection Φ [R]	mm/inch	DN 25/Rp1"	DN 25/Rp1"	DN 32/Rp1½"	DN 40/Rp1½"	DN 50/Rp2"	DN 65/Rp2½"
Exhaust connection Φ [AA]	mm	DN 50	DN 50	DN 65	DN 100	DN 125	DN 150
Extracted air connection Φ [AL]	mm	–	–	DN 400	DN 400	DN 500	DN 500
Gas connection Φ [GAS]	mm/inch	Rp½" internal	R½" internal	DN 25/Rp1"	DN 32/Rp1½"	DN 40/Rp1½"	DN 50/Rp2"
Condensate connection Φ [AKG]	mm	Hose 18mm	Hose 18mm	Hose ferrule 19mm	Hose ferrule 19mm	Hose ferrule 19mm	Hose ferrule 25mm
DIMENSIONS							
Length	mm	1,900	1,900	2,930	3,275	3,730	4,380
Width	mm	900	900	960	960	1,160	1,510
Height	mm	1,300	1,300	1,730	1,730	1,930	1,980
SERVICE CLEARANCES							
Front	mm	> 900	> 900	> 900	> 900	> 900	> 900
Back	mm	> 900	> 900	> 900	> 900	> 900	> 900
Right side	mm	> 900	> 900	> 900	> 900	> 900	> 1400
Left side	mm	> 900	> 900	> 900	> 900	> 900	> 1400
Width for access	mm	> 750	> 750	> 960	> 960	> 1,160	> 1,510
WEIGHTS							
Weight in operation	kg	1,115	1,115	Approx. 2,360	Approx. 2,800	Approx. 4,000	Approx. 5,200
Weight at shipping	kg	Approx. 970	Approx. 970	Approx. 2,200	Approx. 2,500	Approx. 3,300	Approx. 4,400