



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL  
MEHAANIKATEADUSKOND

Soojustehnika instituut

Soojusenergeetika õppetool

MSE70LT

*Jaagup Saarniit*

# **HALJALA ALEVIKU KATLAMAJA ÜLEVIIMINE HAKKEPUIDUKÜTTELE**

Autor taotleb

tehnikateaduste magistri

akadeemilist kraadi

Tallinn

2015

## AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis..... juhendamisel

“.....” .....2015 a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab magistritööle esitatavatele nõuetele.

“.....” .....2015 a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

..... eriala/õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....” .....2015 a.

..... allkiri

TTÜ soojustehnika instituut  
Soojusenergeetika õppetool

## **MAGISTRITÖÖ ÜLESANNE**

2015. aasta kevadsemester

Üliõpilane: Jaagup Saarniit, 132271MASMM

Õppekava: Soojusenergeetika MASM02/09

Eriala: Soojusenergeetika

Juhendaja: teadur Igor Krupenski

Konsultandid: Aleksandr Ledvanov, HeatConsult OÜ juhatuse liige, 5547884

### **MAGISTRITÖÖ TEEMA:**

Haljala aleviku katlamaja üleviimine hakkepuiduküttele

Haljala borough boilerhouse conversion to woodchips combustion

### **Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:**

<b>Nr</b>	<b>Ülesande kirjeldus</b>	<b>Täitmise tähtaeg</b>
<b>1.</b>	<b>Lähteülesande saamine, lähteandmetega tutvumine, olemasoleva olukorraga tutvumine kohapeal.</b>	<b>28.02.15</b>
<b>2.</b>	<b>Esmase lahenduse väljatöötamine, põhimõtteskeemi koostamine ning asendiplaani seadmete paigutamine.</b>	<b>27.03.15</b>
<b>3.</b>	<b>Põhimõtteskeemi täpsustamine, seadmete valimine, torustiku projekteerimine.</b>	<b>30.04.15</b>
<b>4.</b>	<b>Lõpliku projekti koostamine – lõplik seadmete valimine, projekteeritud torustiku kontrollimine. Plaani, lõigete ning vaadete vormistamine, seletuskirja koostamine.</b>	<b>17.05.15</b>

**Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:** Haljala kaugkütte jätkusuutliku arengu väljavaadete selgitamine, uue hakkepuidul põhineva katlamaja projekteerimistööde kirjeldamine.

**Täiendavad märkused ja nõuded:** Puuduvad

**Töö keel:** eesti

Kaitsmistootlus esitada deканаati hiljemalt 18.05.2015

**Töö esitamise tähtaeg: 30.05.2015**

Üliõpilane Jaagup Saarniit /allkiri/ ..... kuupäev.....

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

Konfidentsiaalsusnõuded ja muud ettevõttepoolsed tingimused formuleeritakse pöördel

# SISUKORD

Eessõna.....	7
1 Sissejuhatus.....	8
2 Haljala aleviku tutvustus.....	10
2.1 Haljala aleviku üldiseloomustus.....	10
2.2 Haljala aleviku soojusvarustuse ülevaade .....	11
2.2.1 Haljala aleviku kaugküttesüsteem.....	11
3 Kaugkütte hetkeolukord ning arengusuunad .....	12
3.1 Soojusmajanduse arengukavad.....	13
3.2 Kaugküttehinna koostõlastamine.....	14
3.3 ENMAK 2030. Soojusmajanduse arengusuunad .....	16
4 Kaugküte Eestis .....	18
4.1 Üldine ülevaade .....	18
4.2 Kütused.....	21
4.2.1 Maagaas.....	21
4.2.2 Puit- ja turbakütus .....	21
4.2.3 Põlevkiviõli .....	24
4.2.4 Kergkütteõli.....	24
4.3 Katlakütuste hinnad .....	25
5 Tüüpilised katlad Eesti kaugküttevõrkudes .....	26
5.1 Leeksuitsutoru katlad.....	26
5.2 Põletid.....	28
5.3 Vedelkütuste põletamine .....	29
5.4 Gaaskütuste põletamine .....	30



5.5	Tahkete biokütuse põletamistehnoloogia .....	30
5.5.1	Liikumatu rest .....	31
5.5.2	Mehaaniline rest .....	31
5.5.3	Kettrest .....	33
6	Katlamaja projekteerimisel vajaminevad standardid .....	34
7	Projekteerimise alused .....	36
7.1	Katlamaja projekteerimise lähtekohad .....	36
7.2	Olemasoleva olukorraga tutvumine.....	38
7.3	Projekteerimistarkvara AutoCAD MEP .....	40
8	Projekteerimistöõde ülevaade .....	41
8.1.1	Alusplaan ja esialgse asendiplaani projekteerimine.....	41
8.1.2	Uued seadmed ja torustiku projekteerimine .....	42
8.2	Põhimõtteskeem.....	43
8.3	Jooniste koostamine.....	45
8.3.1	Põhimõtteskeemi koostamine.....	45
8.3.2	Kolmemõõtmeline mudel.....	46
8.3.3	Katlamaja plaan ja lõiked.....	47
8.4	Võrguvee soojusvaheti .....	48
8.5	Pumbad.....	50
8.5.1	Toiteveepumbad.....	50
8.5.2	Kaugkütte trassipumbad.....	51
8.5.3	Katlavee tsirkulatsioonipumbad.....	52
8.6	Veetöötlus.....	53
8.7	Torustiku projekteerimine .....	54
8.8	Torustiku isolatsioon ja isoleerimine.....	54

8.9	Torude toestamine .....	56
9	Põhiseadmed ja nende tööpõhimõtted .....	57
9.1	Katel.....	57
9.2	Katla varustamine kütusega.....	59
9.3	Kütuse ladu ning kütusevajadus .....	59
9.4	Kütuse konveier.....	59
9.5	Tuhakonveier .....	60
9.6	Õhuventilaatorid.....	62
9.6.1	Primaarõhu ventilaator .....	62
9.6.2	Sekundaar- ja tertsiaarõhu ventilaatorid.....	62
9.7	.....	63
9.8	Suitsugaaside puhastamine .....	63
9.9	Suitsugaaside ventilaator .....	64
10	Kokkuvõte .....	65
11	Summary .....	66
12	Kasutatud kirjandus.....	67
Lisa 1	- Haljala katlamaja põhimõtteskeem .....	70
Lisa 2	- Haljala katlamaja asendiplaan .....	71
Lisa 3	- Katlamaja lõige 1 – 1.....	72
Lisa 4	- Katlamaja lõige 2 – 2.....	73
Lisa 5	- Katlamaja vaade 1 .....	74
Lisa 6	- Katlamaja vaade 2 .....	75
Lisa 7	- Katlamaja vaade 3 .....	76
Lisa 8	- Katlamaja vaade 4 .....	77

## EESSÕNA

Haljala aleviku katlamaja üleviimine hakkepuidule lõputöö teema on saadud osühingust HeatConsult, kus töö autor töötab. Autor on HeatConsult OÜ-s samasisulise projektiga tegelenud 2015. aasta alguses ligikaudu viis kuud. Käesolev töö ei ole ettevõttest üks ühele võetud projekt, vaid on koostatud nii, et annaks lugejale lisaks katlamaja projekteerimisele ülevaate ka Eesti kaugkütte hetkeseisust ning tuleviku arengusuundadest.

Töö autor valis just sellise lõputöö teema peamiselt kahel põhjusel. Esiteks, kuna autor on eelneval aastal osalenud mitme soojusvarustuse arengukava koostamisel, siis seetõttu soovib autor töö lugejatele tutvustada Eesti kaugkütte hetkeolukorda laiemas plaanis ning juhtida tähelepanu Vabariigi Valitsuse tasandil vastu võtmisel olevatele tulevikuplaanidele.

Teiseks, kuna lisaks arengukavade koostamisele on autor tegelenud viimaste aastate jooksul ka erinevate insenertehniliste projektidega, siis avanes hea võimalus kahe erineva, kuid paralleelse ning käsikäes areneva soojustehnilise valdkonna põimimiseks ühte töösse.

Töö annab ülevaate Haljala aleviku kaugkütte hetkeseisust ning kirjeldab katlamajja paigaldatava uue hakkepuidul töötava katla projekteerimistööid. Töös kirjeldatakse katla abiseadmete valikut, aga ka torustiku projekteerimist ning projekteerimistarkvara ning projekteerimistööde üldist käiku.

# 1 SISSEJUHATUS

Kaugküte kujutab enda klassikalises mõttes soojuste tsentraalset tootmist ning seejärel selle hajutamist suurema tarbijaskonna vahel. Sellest tulenevalt saab kaugküttesüsteemi jagada kolmeks – soojuste tootmine, soojuste jaotamine ning soojuste tarbijad. Energiatarbimise üldine tuleviku suund on keskkonnasäästlikumate ning efektiivsemate tootmis-, jaotamis- ja tarbimissüsteemide arendamine ning nende kasutuse juurutamine.

Soojustenergia tootmine on viimastel aastatel teinud Eestis suure arenguhüppe. Kõige põnevamateks näideteks on uued ning Eesti mastaape arvestades suhteliselt suured kohalikku kütust tarbivad koostoomisjaamad Pärnus, Tartus ja Tallinnas. Koostootmine oma olemuselt omab suurt väärtust ning aitab kindlustada nii elektrivarustust kui ka soojustvarustust. Koostootmise lisaväärtusena võiks välja tuua asjaolu, et kõik uued koostootmisjaamad töötavad kohalikul tahkel biomassil, mis on oma olemuselt taastuv energiaallikas. Kõigi heade omaduste juures on koostootmisjaamadel ka oma puudus – nende rajamiseks ning efektiivse töö tagamiseks on vaja suhteliselt kõrget suvist soojuskoormust, mis omakorda tähendab, et koostootmisjaamad saab rajada vaid suurte soojusvõrkude juurde.

Väiksematele soojusvõrkudele, kus puudub aastaringne soojuskoormus, tuleb leida teistsugused lahendused. Väiksemate soojusvõrkude soojuste tootmise moderniseerimiseks ning säästlikumaks muutmiseks on hakatud arendama biokütusel põhinevaid soojavee katlaid, mis toodavad ainult sooja vett soojusvõrgu tarbeks. Selliste katelde rajamine ning biokütuse kasutusele võtmine omab mitmeid häid väljundeid – väheneb sõltuvus imporditavatest kütuseliikidest, panustatakse keskkonnasäästlikku eluviisi läbi taastuva biokütuse kasutuselevõtu, vähendatakse kahjulikke keskkonnaheitmeid ning mis elanikkonna jaoks kõige paremini tajutav – kaugkütte hind langeb.

Tänapäeval Eestis keskmistes kaugküttevõrkudes on suureks probleemiks kõrge võrgu soojuskaod. Osalt on see tingitud kaugküttevõrkude kõrge vanusest, kuid teisalt ka võrkude ehituskvaliteedist. Lisaks tõuseb suhteline soojuskadu ka seetõttu, et soojematel kuudel, kus ööpäevased keskmised temperatuurid on juba suhteliselt kõrge, tõuseb ka võrkude suhteline soojuskadu. Kaugkütetrasside renoveerimine on kapitalimahukas ettevõtmine ning pahatihti on selle ettevõtmise tasuvusaeg väga pikk, mistõttu võrguvaldajatel ei ole siiani olnud suurt

motivatsiooni renoveerimiseks. Käesoleva töö kaugkütte tuleviku arengusuundi käsitlevates peatükkides antakse ülevaade tegevustest, läbi mille hakatakse kaugküttevõrgu omanikke ning valdajaid motiveerima võrkude rekonstrueerimisele.

Käesoleva magistritöö esimene pool keskendubki ülalpool mainitud raskuspunktile ning raskuspunktidest ülesaamiseks ette võetud tegevustele.

Käesoleva töö teise poole eesmärgiks on juba täpsemalt kirjeldada ühe raskuspunktist üle saamiseks tehtud tegevusi – kohalikul hakkepuidul põhineva katlamaja projekteerimistöid. Töös antakse ülevaade biohakse katlamaja projekteerimisest ning projekteerimistöode üldisemast protsessist. Katlamaja projekteerimine on pühendumist nõudev ning suhtlusrohke ettevõtmine. Töö käigus tuleb tihti erinevaid takistusi ning ebatäpsusi, mille lahendamine on lõpptulemuse kvaliteedile esitatavaid nõudmisi arvestades ülimalt tähtis. Hoolikas peab olema seadmete valikul ning torustike projekteerimisel, et tulemused oleksid pädevad ning efektiivselt ellu rakendatavad. Projekteerimistöode täpsus otseselt mõjutab hiljem ehitustööde käigus ebatäpsuste ning probleemide potentsiaalset tekkimist.

Käesoleva magistritöö teises pooles esitatakse Haljala katlamaja hakkepuidule üleviimise projekteerimistöode ülevaade, mille hulgas käsitletakse projekteerimise algtoodesid, torustiku projekteerimist, seadmete valimist ning projekti vormistamist.

## 2 HALJALA ALEVIKU TUTVUSTUS

### 2.1 Haljala aleviku üldiseloomustus

Haljala alevik asub Lääne-Viru maakonnas, Haljala vallas, Tallinn – Narva maantee vahetus läheduses. Maastikuliselt paikneb Haljala vald Kirde-Eesti lavamaa põhjapiiril. Läbi Haljala valla kulgeb Selja jõe org. Maapind koosneb põhiliselt leetjatest ning moreensetest liivmuldadest. Maavaradest leiab kohalikult tähtsaid liiva – ja kruusavarusid. Looduskaitsealustest objektidest asub vallas Kiusuvere allikas, Aaspere, Kandle, Essu ja Kavastu pargid, Vanamõisa männik ning Völe rändrahn. [1]

Sele 2.1 kujutab Haljala valda Eesti kaardi.



Sele 2.1 Haljala vald. [2]

Haljala valla koosseisus on 20 küla ning 1 alevik, Haljala alevik, mis on valla tõmbekeskuseks. Statistikaameti andmebaasi järgi oli 05. mai 2014. aasta seisuga Haljala vallas 2464 elanikku, kellest Haljala alevikus elab ligikaudu 45%. [1]

## **2.2 Haljala aleviku soojusvarustuse ülevaade**

### **2.2.1 Haljala aleviku kaugküttesüsteem**

Haljala alevikus asuvaid hooneid köetakse põhiliselt kaugküttega. Soojuse tootmine ja väljastamine kaugküttevõrku toimub ühest katlamajast, kus asub kaks katelt, millest kasutusel on ainult üks – 3,0 MW maagaasil töötav soojaveekatel. Teine hoones paiknev katel on amortiseerunud ning võrgust lahti ühendatud. Soojuse tarbijad kasutavad soojust ainult kütteks, sooja vett ei toodeta, mis tähendab, et katlamaja suvekuudel ei ole töös. [1]

Sooja tarbevett valmistavad kaugküttetarbijad lokaalsel, enamasti elektriboileritega. Elamute küttesüsteemid on kahetorusüsteemid ning hoonete soojussõlmed on nn. avatud lahendusega. Kasutusel on kas segamissõlmed või otsevoolu ühendus, kuid soojusvahetiga kinniseid süsteeme oli 2012 a seisuga ainult üks. [1]

Kaugküttesüsteemi torustikud on osaliselt rekonstrueeritud, ligikaudu 60% torustikest vahetatud tänapäevaste eelisoleeritud torustiku vastu. Kuigi kaugküttetorustiku olukord on suhteliselt hea on tegelikult soojuskadu võrgus suur – kõige külmematel kuudel umbes 17% ning soojematel kuni 40...45%. Aasta keskmine soojuskadu 2008 – 2012 aastate põhjal on 22,73%. Aasta keskmise soojuskao viivad üles pehmed perioodid, mille vältel köetakse vähe, seetõttu on tarbimine väike, kuid soe vesi ringleb ning kaod on püsivad. [1]

### 3 KAUGKÜTTE HETKEOLUKORD NING ARENGUSUUNAD

Eestis reguleerib kaugkütet peamiselt Kaugkütteseadus (lühendatult KKütS). Seaduses tuuakse välja kõik kaugkütet puudutavad mõisted, kaugkütte põhimõtteline kirjeldus ning kaugküttega seonduvate lubade informatsioon ja järelevalvet puudutav informatsioon.

Kaugkütte reguleerimisega tegeleb Eestis Konkurentsiamet. Vastavalt Kaugkütteseadusele peab Konkurentsiametiga kooskõlastama müüdava soojuse piirhinna sojusettevõtja, kes: [3]

- müüb soojust tarbijatele;
- müüb soojust võrguettevõtjale edasimüügiks tarbijatele;
- toodab soojust elektri ja soojuse koostootmise protsessis.

Konkurentsiamet arvestab piirhinna kooskõlastamisel järgmiste komponentidega: [3]

- vajalike tegevuskulude, sealhulgas soojuse tootmiseks, jaotamiseks ja müügiks tehtavate kulutuste katmine;
- investeeringud tegevus- ja arenduskohustuste täitmiseks;
- keskkonnanõuete täitmine;
- kvaliteedi- ja ohutusnõuete täitmine;
- põhjendatud tulukus.

Käesoleval aastal kinnitatakse uus Kaugkütteseadus, mille eesmärgiks on soojustootjate motiveerimine võtmaks kasutusele stabiilsemaid, keskkonnasäästlikumaid ja odavamaid kaugküttelehendusi. Seeläbi soovitakse tagada kaugkütte tarbijatele võimalikult soodne ja stabiilne soojuse hind, mille juures pööratakse suurt tähelepanu ka varustuskindlusele ning kaugküttesüsteemide efektiivsele tööle. [4]

Kehtiv kaugkütteseadus vajab kaugküttesektori atraktiivsemaks muutmiseks täpsustamist. Kaugkütte hinna alandamine nõuab suuremahulisi investeeringuid, mille tegemiseks vajab investor pikaajalist ja ennustatavat regulatsiooni. Selleks näeb eelnõu ette suurema tulukuse võimaldamist kui investeering tagab oluliselt soodsama hinna. Lisaks viiakse seadusesse põhimõttelisemad regulatsiooniprintsiibid, mis seni Konkurentsiameti metoodikas on kajastatud. [4]



Eelnõu sätestab ka võimaluse müüa soojusenergiat kooskõlastamata hinnaga juhul, kui soojusenergia hind on alla sellise hinna, mis vastab efektiivse ja optimaalselt töötava kaugküttepiirkonna referentshinnale. Samuti sätestab eelnõu soojusettevõtjale kohustuse müüa soojusenergiat mitte kallimalt kui eelnimetatud referentshind kui soojusettevõtja kooskõlastatud hinnavalem ja selle alusel kooskõlastatud soojusenergia piirhind on kaotanud kehtivuse. [4]

Muudatused mõjutavad eelkõige madala müüginahuga väikseid kaugkütte võrgupiirkondi, kus kasutatakse kaugkütte tootmiseks eelkõige kalleid kütuseid. Täna on kohalike omavalitsuste volikogudel soovitatav vastu võtta oma territooriumil tegutseva väiksema kui 50 000 MWh tootmismahuga võrgupiirkonna kohta soojusmajanduse arengukava. Eelnõu kohaselt muutub soojusmajanduse arengukava koostamine kohustuslikuks. Volikogud peavad hiljemalt 2017.a 1. juuliks arengukava võtma vastu. Arengukava koostamise toetamiseks luuakse eraldi toetusmeede. [4]

### **3.1 Soojusmajanduse arengukavad**

Soojusmajanduse arengukavad on uue Kaugkütteseaduse valguses lahutamatuks osaks just väiksemate võrgupiirkondade puhul, aastane soojusmüük on väiksem kui 50 000 MWh. Soojusmajanduse arengukava koostamise eesmärk on kaardistada ning analüüsida võrgupiirkonda ning selgitada, kas võrgupiirkonnas on mõistlik jätkata kaugkütte arendamisega või tuleks kaaluda piirkonna osalist või täielikku üleminekut lokaalküttele. Arengukava vaatleb kaugküttepiirkonda tervikuna käsitledes sealhulgas kõiki piirkonna soojuse- ja küttesüsteeme. [4]

Soojusmajanduse arengukava lõpptulemus ning –aruande eesmärgiks on anda erinevaid sõltumatuid soovitusi kaugküttepiirkonna omavalitsusele ja soojatootjale energiamajanduse suunamiseks ning pikaajaliste plaanide väljatöötamiseks. Põhilised küsimused, millele arengukava vastused annab on kaugkütte jätkusuutlikkus olemasoleva skeemi alusel, kaugkütte hinnaprognosis lähitulevikus ning tehnosüsteemide perspektiiv ning eluiga.

Arengukava on tarvilik abivahend kohalikele omavalitsusele, kus tihti puudub inimene, kes põhjalikumalt energiamajandusega tegeleks ning seetõttu tihti ei mõisteta ega teata

soojusvarustuse hetkeseisu ning perspektiive laiemas plaanis. Kava aitab kohalikku omavalistust enda arvamuse ning suuna kujundamisel kuna esitab sõltumatu hinnangu, analüüsi ning tuleviku väljavaated piirkonna kohta. Tihti hõlmab arengukava ka tegevusgraafikut, mis aitab kütteviiside planeerimist kaalutletult õigetele radadele suunata. Tegevuskava on koostatud nii, et selle saab aluseks võtta juba konkreetsete projektide koostamiseks. Sealjuures tuleb meeles pidada, et projektide koostamisele peab eelnema täpne finantseerimisvõimaluste selgitamine ning finantsanalüüside koostamine, sest arengukavas kirjeldatakse erinevate arenguvõimaluste tasuvusaega üldises plaanis, kuid iga konkreetse projekti finantsanalüüsi koostamiseks arengukava koostamise käigus on liiga palju tulevikus muutuvaid tegureid.

## **3.2 Kaugküttehinna kooskõlastamine**

Täna kehtiva kaugkütteseaduse järgi on soojaettevõtjad kohustatud tagama võimalikult efektiivset, usaldusväärset, põhjendatud hinnaga ning keskkonnanõuetele ja tarbijate vajadustele vastavat soojusvarustust. Kaugküttevõrku müüdava soojusenergia piirhinna kooskõlastab Konkurentsiamet. Soojuse hindade kooskõlastamisel lähtub Konkurentsiamet kuupõhisest arvestusest ning kontrollib, et soojuse tootmiseks ning edastamiseks tehtud kulutused oleksid põhjendatud.

Tallinna Tehnikaülikoolis koostatud uurimustöö, kus analüüsiti väikekatelde üleminekut maagaasilt vedelgaasile, kohaselt Konkurentsiameti poolt kooskõlastatud piirhinnad erinevate kütuste puhul sisaldavad erinevad osakaalus hinna kujunemise komponente. Peamiselt moodustud soojuse hind neljast komponendist: muutuvkuludest, kapitalikulust, muudest tegevuskuludest ning põhjendatud tulukusest. [5] [3]

Soojatootja muutuvkulud sisaldavad endas soojatootja kulutusi, mis on tehtud kütuse ostmisele, soojuse ostmisele teistelt tootjatelt, keskkonnatasudele ning muude muutuvkulude (jaama töös hoidmiseks tarvilikud väiksemad kulud – elektrienergia, vesi ja kanalisatsioon jne) katmiseks.

Kapitalikulu (põhivara kulum) kujutab endast kulusid, mis on tehtud põhivara soetamiseks. Kapitalikulu lülitatakse soojuse hinda põhivara soetamiseks tehtud kulutuste tagasiteenimiseks põhivara kasuliku eluea vältel. Keskne põhivara soojuse tootmisel on katel ning katla tööks

vajalikud abiseadmed. Katelde kasulikuks elueaks loetakse 25 aastat ning katelseadme tööks vajalike abiseadmete elueaks loetakse 15 aastat.

Tegevuskulud on kulud, mille suurus sõltuvad soojatootja efektiivsusest majandustegevusest. Sooja tootmise puhul on peamisteks tegevuskuludeks seadmete hoolduse- ja remondikulud, müügitegevuse kulud, kontorikulud, tööjõukulud jne.

Põhjendatud tulukus kujutab endas ärikasumit. Ärikasumi leidmiseks kasutatakse valemit, mis võtab arvesse soojaettevõtja poolt reguleeritava vara väärtust (põhivara ja käibekapital) ning põhjendatud tulunormi (oma- ja võlakapitali suhe).

Järgnevalt on välja toodud erinevatel kütustel põhinevate soojuse piirhindade komponendid. [5]

Kooskõlastatud piirhinna komponendid maagaasi kasutamisel:

- muutuvkulud 71%;
- kapitalikulu 6%;
- tegevuskulud 17%;
- põhjendatud tulukus 6%.

Kooskõlastatud piirhinna komponendid kohaliku biokütuse kasutamisel:

- muutuvkulud 71%;
- kapitalikulu 7%;
- tegevuskulud 12%;
- põhjendatud tulukus 10%.

Kooskõlastatud piirhinna komponendid kütteõlide kasutamisel:

- muutuvkulud 78%;
- kapitalikulu 2%;
- tegevuskulud 17%;
- põhjendatud tulukus 3%.

### 3.3 ENMAK 2030. Soojusmajanduse arengusuunad

Eesti energiamajanduse arengu eesmärkide püstitamise ning arengusuundadele raamistiku loomiseks on Majandus- ja Kommunikatsiooniministeeriumis (edaspidi MKM) välja töötatud Eesti energiamajanduse arengukava aastani 2030 (lühendatult ENMAK 2030+). Arengukava koostamisele pani aluse 08. augustil 2013. aastal Vabariigi Valitsuse asjakohane otsus. Arengukava esialgse versiooni esmatutvustus toimus 2014. aasta IV kvartalis, millele järgnes avalik arutelu ning erinevate osapoolte arvamused ja ettepanekute analüüs ja kooskõlastamine. Käesoleval hetkel on arengukava Vabariigi Valitsuse poolt kinnitamisel.

Arengukava koondab endasse elektri-, soojus- ja kütusemajanduse, transpordisektori energiakasutuse ja elamumajandusega seonduvad plaanid ning tuleviku tegevused. Järgnevalt on välja toodud ENMAK 2030+ aruandes põhilised ning tähtsamad mõtted ning ettepanekud kaugkütte arengusuundade planeerimiseks. [6]

Soojusmajanduses plaanitavad muudatused peavad aastaks 2050 tagama soojusmajanduse korraldamises olukorra, kus soojusmajandus on pikaajaliselt jätkusuutlik ega vaja tavapärasele majandustegevusele täiendavaid investeeringuid ega tegevustoetusi. Soojus toodetakse peamiselt kohalikest ja taastuvatest kütustest ning kütusevabadest energiaallikatest. Tulenevalt hoonete energiatõhusinvesteeringutest ja soojuse efektiivsuse tõusust väheneb kütuste kasutamine aastaks 2050 rohkem kui 40%. [6]

Kodumajapidamises toodetakse aastaks 2050 soojust kohalikest kütustest parimat võimalikku tehnoloogiat kasutades. Väärindatud kütuste (puidupelletid, turbabriketid jne) tarnevõrgustik on arenenud, mis loob eeldused lokaalsete kütelahenduste perioodiliseks uuendamiseks.

Kaugkütte arengusuunad ning eesmärgid aastaks 2030: [7]

- Kaugküttevõrku ühendatud hoonete energiatõhususe tõstmine:
  - olemasolevaid hooneid (väikeelamud, kortermajad, mitteamud) renoveeritakse selliselt, et need vastaks vähemalt C-energiaklassile;
  - uued ehitatavad hooned vastavad Euroopa Liidu energiatõhususe direktiivi nõuetele;
- Kaugkütte katlamajades soojuse tootmise ümberkorraldamine:

- soojuse tootmine renoveeritakse, minnakse üle puitkütuste kasutamisele, tipukoormuste katteks kasutatakse maagaasi;
- väikesed kaugküttevõrgud kaovad, piirkondade, kus tarbimistihedus on väike minnakse üle lokaal- või kohtküttele;
- koht- ja lokaalkütte kütuste vahetamine muutub – vedelkütustelt minnakse üle puitkütustele;
- Elektri- ja soojusenergia koostootmine:
  - koostootmises toimub soojuskoormuse vähenemine;
  - uusi koostootmisjaamu rajatakse kaugküttevõrkudesse, kus on piisav suvine soojuskoormus, et tagada vajalikud tingimused koostootmisjaama suvisele efektiivsele tööle;
- Soojuse jaotamise efektiivsemaks muutmine:
  - soojustorustike renoveerimise maht kasvab;
  - soojusvõrkude arv ning kogupikkus väheneb;
- Energiaühikute osakaal soojuse tootmises kasvab.

## 4 KAUGKÜTE EESTIS

### 4.1 Üldine ülevaade

Eestis toodetakse ühes aastas ligikaudu 9000 GWh soojusenergiat. Sellest ligikaudu 61%, ehk 5500 GWh toodetakse katlamajades ning ülejäänud 39%, ehk 3500 GWh, koostootmisjaamades. [8]

Katlamajades kasutatakse soojuse tootmiseks peamiselt 4 kütuseliiki: [8]

- maagaas;
- kerge kütteõli;
- põlevkiviõli;
- puit ja turvas.

Statistikaameti andmetel toodeti 2013. aastal Eesti katlamajades 4973 GWh soojusenergiat. Osakaalud 2013 aasta kogutoodangus on vastavalt: [8]

- maagaas/vedelgaas 55,18%;
- puit ja turvas 33,81%;
- põlevkiviõli 6,43%;
- kerge kütteõli 3,68%;
- muud kütused 0,40%.

Statistikaametist saadud andmete põhjal on koostatud tabelid 1, 2 ja 3. Nende põhjal saab ettekujutuse Eesti sooja tootmiseks kasutusel olevate katelde arvudest, tüüpidest ning toodetud soojusest. Tabeli 3 põhjal on koostatud Sele 4.1 ning sellel on graafiliselt kujutatud viimase 4 aasta soojustoodang kasutusel olevate kütuste kaupa.

Tabelis 1 on välja toodud soojust tootvate katelde arv Statistikaameti andmetel aasta lõpu (31. detsember) seisuga. [9]

Tabel 1. Soojust tootvate katelde arv Eesti katlamajades vahemikus 2010 – 2013.

Aasta	Katlate arv aasta lõpu seisuga, tk			
	2010	2011	2012	2013
Katlad kokku	4248	4407	4212	3927
Kivisöel töötavad katlad	116	102	97	68
Põlevkivil töötavad katlad	1	1	3	0
Turbal töötavad katlad	36	33	33	29
Puidul töötavad katlad	851	853	828	798
Raskel kütteõlil töötavad katlad	20	20	10	8
Põlevkiviõlil töötavad katlad	449	456	404	397
Kergel kütteõlil töötavad katlad	1080	1116	1075	955
Maagaasil/vedelgaasil töötavad katlad	1542	1660	1570	1549
Elektrienergial töötavad katlad	148	160	186	115
Põlevkivi- ja biogaasil töötavad katlad	3	3	3	5
Rohtsel biomassil töötavad katlad	2	3	3	3

Tabelis 2 on välja toodud katlamajadesse paigaldatud katelde summaarne võimsus kütuseliikide kaupa Eesti Statistikaameti andmetel aasta lõpu seisuga (31. detsember). [9]

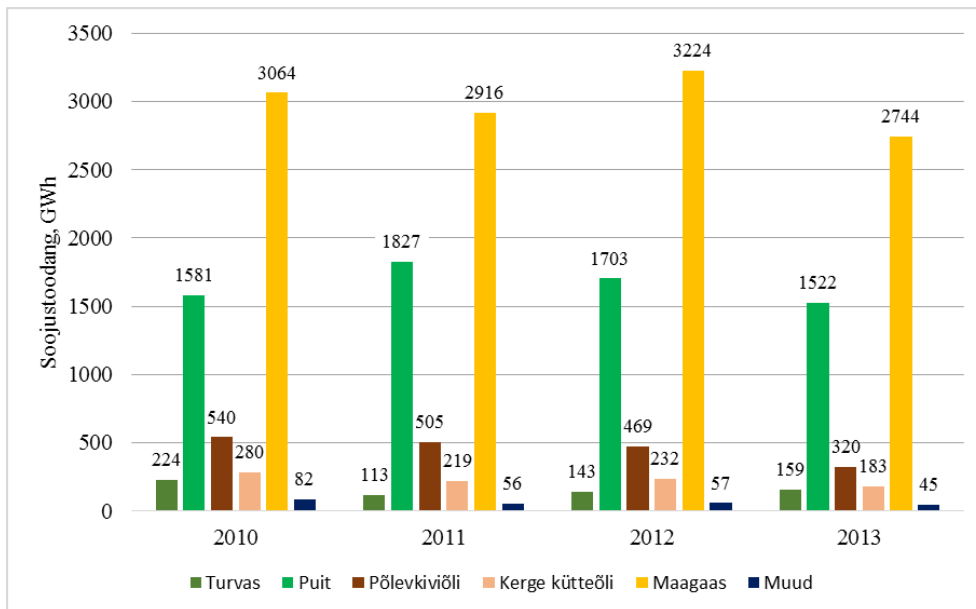
Tabel 2. Eesti katlamajade katelde summaarne võimsus vahemikus 2010 – 2013.

Aasta	Katlate summaarne võimsus, MW			
	2010	2011	2012	2013
Katlad kokku	5613	5424	5202	5389
Kivisöel töötavad katlad	54	36	41	27
Põlevkivil töötavad katlad	0	0	11	0
Turbal töötavad katlad	167	113	112	90
Puidul töötavad katlad	864	719	719	832
Raskel kütteõlil töötavad katlad	38	27	22	8
Põlevkiviõlil töötavad katlad	705	656	668	781
Kergel kütteõlil töötavad katlad	715	649	534	512
Maagaasil/vedelgaasil töötavad katlad	3043	3196	3066	3116
Elektrienergial töötavad katlad	22	22	23	18
Põlevkivi- ja biogaasil töötavad katlad	4	4	4	4
Rohtsel biomassil töötavad katlad	2	2	2	1

Tabelis 3 on välja toodud katlamajades toodetud soojus kütuseliikude kaupa Eesti Statistikaameti andmetel aasta lõpu seisuga (31. detsember). [9]

Tabel 3. Eesti katlamajades toodetud soojusenergia vahemikus 2010 – 2013.

Aasta	Toodetud soojus, GWh			
	2010	2011	2012	2013
Katlad kokku	5771	5636	5828	4973
Kivistüsi	21	16	16	10
Põlevkivi	1	0	0	1
Turvas	224	113	143	159
Puit	1581	1827	1703	1522
Raske kütteõli	36	13	6	1
Põlevkiviõli	540	505	469	320
Kerge kütteõli	280	219	232	183
Maagaas/vedelgaas	3064	2916	3224	2744
Elektrienergiat töötavad katlad	13	12	14	9
Põlevkivi- ja biogaas	8	7	17	20
Rohtne biomass	3	8	4	4



Sele 4.1. Katlamajade soojustoodang kasutusel olevate kütuste kaupa aastatel 2010 – 2013.



## 4.2 Kütused

### 4.2.1 Maagaas

Maagaas ehk looduslik gaas on suhteliselt kõrge kütteväärtusega maakooses orgaaniliste ainete biokeemilisel lagunemisel ja muundumisel tekkinud gaasiline aine. Maagaasi ammutatakse maagaasi maardlatest või toodetakse nafta kõrvalsaadusena.

Maagaasi maardlates koguneb gaas harilikult maakoore gaasi sisaldavate kihtide ülemistesse osadesse naftakihi kohale. Maagaas on erinevate gaaside segu. Sõltuvalt maakera piirkonnast maagaasi koostised on erinevad. [10]

Venemaalt Eestisse saabuv maagaas sisaldab 97% metaani, 1,7% etaani, 0,5% propaani, 0,8% lämmastikku, 0,08% süsihappegaasi ning vähemal määral teisi aineid. [9]

### 4.2.2 Puit- ja turbakütus

**Puitkütused.** Puitkütuseid võib tooraine saamise järgi liigitada metsast (traditsiooniline küttepuit, raiejätmed, kännud, töötlemise jätmed) ja energiametsast (kiiresti kasvavad puuliigid) saadavateks ning korduvkasutatavateks kütusteks (lammutusjätmed, ehituspuit, pakkepuit). Puitkütuste iseloomustamise puhul räägitakse puidu niiskusest, tihedusest, lendosade sisaldusest, tuha sisaldusest, tuha sulamiskarakteristikust ning lisandite sisaldusest.

Puitkütuste alternatiivne liigitus on väärindamise astme järgi. Väärindamata kütusteks loetakse selliseid, mida töötlemise käigus on vaid peenestatud või pakitud, kuid mille mehhaanilisi omadusi pole muudetud. Väärindama puitkütusteks on traditsiooniline küttepuit, hakkpuit (vt. sele 4.2), pressitud puidujätmed ja puidutöötlemise jätmed (saepuru ja laastud). Väärindatud puitkütuste tüüpilisteks esindajateks on puidubrikett ja -pelletid (vt. sele 4.3). [11]

Puitkütuseid vaadeldakse tänapäeval stabiilse energiaallikana. Euroopa Liidu riikides kaetakse keskmiselt 3,5% energiavajadusest biomassi arvelt, samas on ka näiteid, kus vastav näitaja on tunduvalt kõrgem – 23% Soomes, 18% Rootsis ja 12% Austrias.

Eesti pindalast moodustab mets ligikaudu 2,27 mln ha ehk 51,5%. Eesti metsamajanduse arengukava järgi võiks lubatav raie maht ulatuda 13,1 mln m<sup>3</sup>, millest kütusena võiks kasutada 4 – 5 mln m<sup>3</sup>. [12]

Tabel 4. Puitkütuste liigitamise viisid.

Puitkütuste liigitus		Tooraine
Tooraine päritolu	Metsast saadavad kütused	Traditsiooniline küttepuit
		Raiejäätmed
		Kännud
		Puidutöötlemise jäätmed
	Energiametsast saadavad kütused	Kiirestkasvavad puuliigid
	Korduvkasutatavad kütused	Lammutusjäätmed
Ehituspuit		
Pakkepuit		
Väärindamise aste	Väärindamata puitkütused	Traditsiooniline küttepuit
		Hakkpuit
		Saepuru
		Pressitud puidujäätmed
	Väärindatud puitkütused	Brikett
		Pelletid



Sele 4.2. Hakkepuit [13]

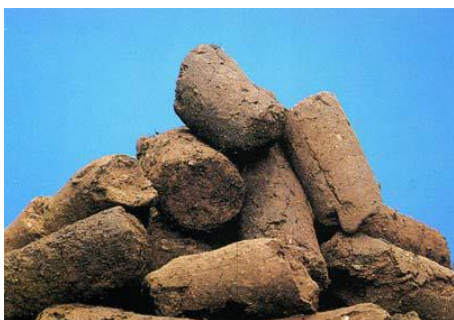


Sele 4.3 Puidupelletid [14]

**Turvas.** Turvas on maavara, mis on tekkinud taimejäänustest nende osalisel lagunemisel hapnikuvaeses veerohkes keskkonnas. Turvas koosneb peamiselt osaliselt lagunenuid taimejäänustest. Turba iseloomustamiseks kasutatakse tavaliselt turba lagunemisastet, turba niiskust, mineraalosa (tuha-)sisaldus, tihedus ja kütteväärtus. [11]

Kuigi turvas on bioloogilise päritoluga, ei loeta teda taastuvaks biokütuseks vaid aeglaselt taastuvaks bioloogilise päritoluga kütuseks, mille põletamisel tekkiv CO<sub>2</sub> võetakse kasvuhoonegaasina arvele nagu fossiilse päritoluga kütustelgi. [11]

Põhilised küttureurba liigid on freesturvas (vt. sele 4.5), tükkturvas (vt. sele 4.4), turbabriketid ja pelletid. Küttureurbana kaotatakse peamiselt suurema lagunemisastmega vanemat turvast, kus taimestruktuur on vähesel määral või täielikult eristamatu. [11]



Sele 4.4. Tükkturvas [10]



Sele 4.5. Freesturvas [10]

### 4.2.3 Põlevkiviõli

Põlevkiviõli on põlevkivi orgaanilise osa termilisel lagundamisel ja õliaurude kondenseerimisel saadav tumepruuni värvuse, spetsiifilise lõhna ning tavalistel temperatuuridel (0...20°C) hästi voolav vedelik. Põlevkivikütteõlide erinevad margid toodetakse põlevkiviõli fraktsioneerimise ja segamise teel. [15]

Põlevkiviõli eelisteks naftamasuutide ees on väiksem viskoossus, hangumistemperatuur, vähene väävli ja mehaaniliste lisandite sisaldus, koksistuvus, vähene raskmetallide osatähtsus ning vanaadiumi puudumine. [15]

Eestis toodetakse põlevkiviõli Narva Elektriijaamade Õlitechases, Kohtla-Järvel AS-i Viru Keemia Grupp tütarettevõttes AS Viru Õlitööstus ning Kiviõlis OÜ Kiviõli Keemiatööstuses.

Narva õlitechases toodetakse 3 erinevat põlevkiviõli: [5]

- põlevkivibensiin (põlevkiviõli mark C), mis sisaldab 50% põlevkiviõli ning 50% bensiini;
- kerge kütteõli (põlevkiviõli mark B), mis sisaldab 75% põlevkiviõli ning 25% bensiini;
- raske kütteõli (põlevkiviõli mark A), mis sisaldab 95% põlevkiviõli ning 5% bensiini.

### 4.2.4 Kergkütteõli

Kerge kütteõli on kasutusel enamasti tööstuses, põllumajanduses, laevanduses, aga ka eramute kütte ning kaugkütte puhul.

Kütteõli on laias laastus kahte sorti – suvine ja talvine kütteõli. Nad erinevad teineteisest viskoossuse poolest, talvise kütteõli hangumispunkt on umbes -35°C, mis on ligikaudu 15 kraadi madalam, kui suvisel kütteõlil. Kerge kütteõli kütteväärtus on vähemalt 41 MJ/kg, kuid täpne kütteväärtus võib sõltuvalt partiist erineda. [15]

Kui tavaliselt on kütteõlide väävli sisaldus mitte suurem kui 0,5% massist, siis lisaks nendele on kasutusel ka nn. *green* eriotstarbelised kütteõlid, mis on väävlivabad. Sellised õlid on

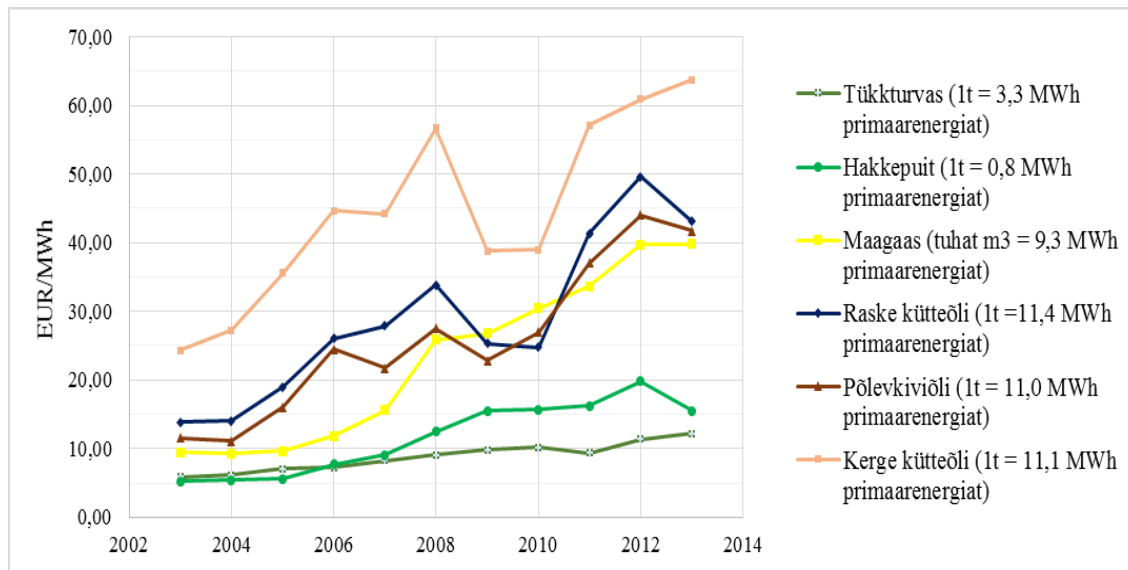
kasutusel protsessides, kus on suitsugaasidele kõrged nõudmised – kuivatusprotsessid, kasvuhooned, kondensatsioonikatlad jne. [15]

### 4.3 Katlakütuste hinnad

Erinevate kaugküttes kasutusel olevate kütuste hinnad ning nende muutused on välja toodud Statistikaameti koduleheküljel. 2014 aasta andmeid käesoleva töö koostamise ajal ei olnud avaldatud. Kui analüüsida viimase 5 aasta andmeid, siis on selgelt näha, et fossiilsetel allikatel põhinevate kütuste hinnad on tõusnud kuni 2012 aastani ning seejärel langenud.

Biokütuste hindu vaadetes on näha, et need on 3 – 4 korda odavamad kui traditsioonilised kütused.

Sele 4.6 esitab graafiliselt viimase kümne aasta katlakütustena kasutusel olevate kütuste hinnakarakteristika.



Sele 4.6. Eesti katlamajades kasutusel olevate kütuste sisseostuhinnad aastatel 2003 – 2013.

## 5 TÜÜPILISED KATLAD EESTI KAUGKÜTTEVÕRKUDES

Järgnevas peatükis on toodud erinevate kütuste põletamiseks Eestis tavapäraselt kasutusel olevad katelseadmed.

### 5.1 Leeksuitsutoru katlad

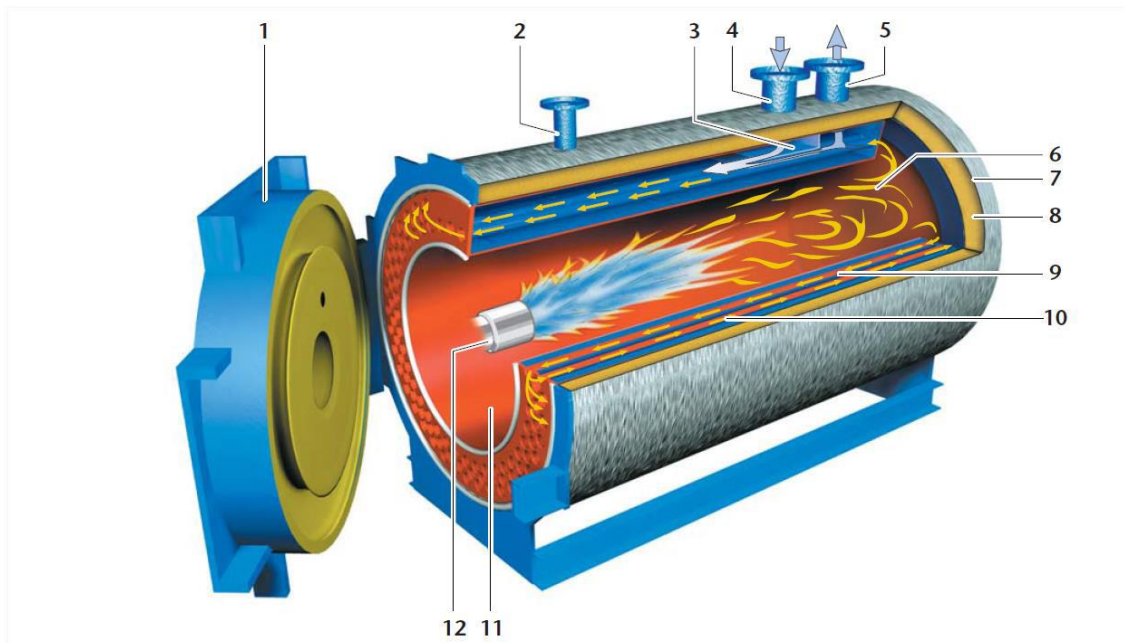
Leeksuitsutoru katel on silindrikujuline teraskonstruktsioon, milles põhiliseks osaks on leektoru, mis on paigutatud veesärki. Leeksuitsu katelde ristlõige võib olla ringi või ellipsi kujuline. Paralleelselt koldega asetsevad katla korpuses suitsukäigud. Kolle ning suitsukäigud on ümbritsetud veega ning soojusvahetus toimub nii kolde ja vee kui ka suitsutorude ja vee vahel. [15]

Leeksuitsutoru katelde eripäraks on nende suur vee mahutavus. Teiste tööstuslike kateldega võrreldes on leeksuitsutoru kateldes suurim vee hulk 1 m<sup>2</sup> küttepinna kohta. Selline vee kogus omakorda tähendab, et katla inertsi, seega ka ohtlikkus on suuremad. Ohtlikkuse tingib asjaolu, et kui katlas on suur kogus vett 100°C juures, siis katla korpuse purunemisel vee rõhk langeb ning vesi hakkab aurustuma.

Esimesed leeksuitsutoru katlad töötasid loomulikul tõmbel. Piisava tõmbe saavutamiseks tuli katla suitsukäikude aerodünaamiline takistus viia võimalikult väikeseks. Kuid väike aerodünaamiline takistus tähendab suitsugaaside aeglast liikumiskiirust, mis omakorda vähendab soojusülekanne kuumade põlemisgaaside ja soojuskandja (vesi) vahel. [15]

Ventilaatorite kasutuselevõtt ning üleminek mehaanilisele tõmbele võimaldas suurendada suitsugaaside aerodünaamilist takistust. Tänu sellele on katlas võimalik kasutada väiksema läbimõõduga suitsutorusid ning suuremat gaaside kiirust, mis tingib suurema soojusülekanne. Võrreldes ajalooliste kateldega on tänapäevaste leeksuitsutoru katelde konstruktsioonid ning mahud vähenenud ning samade mõõtmetega katel on oluliselt võimsam kui tema ajalooline eelkäija. [15]

Seel 5.1 on kujutatud tavapärasest leeksuitsutoru katelt koos põhiliste katla osadega.



Sele 5.1. Tüüpilise leeksuitsutoru katla läbilõige. [12]

1. Teenindusluuk;
2. Kaitseklapi ühendusäärrik;
3. Veetorud katla korpuses;
4. Küttevee tagasivool katlasse;
5. Küttevee pealevool tarbijatele;
6. Põlemisgaasid;
7. Katla korpus;
8. Katla soojusisolatsioon;
9. Gaasikäikude vahesein;
10. Gaasikäigud;
11. Põlemiskamber;
12. Põleti.

## 5.2 Põletid

Põleti on seade, mille abil luuakse põlevsegu kütusest ja oksüdeerijast. Põleti eesmärk on ühtlase põlevsegu loomine, seejuures peab ta tagama, et kütuse süttimine oleks kiire ning põlemisprotsess oleks püsiv ning efektiivne.

Põleti valiku puhul on kõige olulisem arvestada katla suurusega. Liiga võimsa põlemisrežiimi korral on katlast väljuvate suitsugaaside temperatuur liiga kõrge ning katla kasutegur madal. Samas liiga madala põlemisrežiimi puhul on suitsugaaside temperatuur suitsugaasi käikude lõpus liiga madal ning võib esineda suitsugaasides leiduva veeauru kondenseerumine, mis põhjustab suitsukäikude korrosiooni. [16]

Selel 5.2 on kujutatud põletit koos leeksuitsutoru katlaga.

Põletite liigitus põletatava kütuse järgi:

- vedelkütuse põletid – kerged ja rasked kütteõlid, põlevkiviõli;
- gaasipõletid;
- kombineeritud põletid, mida saab vastavalt kütusele (gaas- või vedelkütus) ümber seadistada.



Sele 5.2. Gaasipõleti (punast värvi), leeksuitsutoru katel (must) ning gaasitrass Tartumaa, Ülenurme katlamajas.



### 5.3 Vedelkütuste põletamine

Kõigi vedelkütuste ühiseks omaduseks on süttimistemperatuuril aurustunud olekus olemine. Põlemise täielikkuse ning intensiivsuse tagamiseks pihustatakse kütus pisikeste piiskadena koos põlemisõhuga. Selle tulemusena moodustub põlevsegu, kus põlevad piisad on võimalikult pisikesed ning põlemise efektiivsus võimalikult suur.

Vedelkütuse põlemine jaguneb kolme etappi, milleks on kütuse kuumenemine ja aurustumine pärast koldesse sisenemist, pürolüütiline lagunemine ning segunemine põlemisõhuga ning süttimine, põlemine ja põlemissoojuse vabanemine. Põlemise efektiivsuse tagamiseks peab pihustamise karakteristika ning põlemisõhu kontsentratsioon olema täpselt reguleeritud. Oluline on piiskade väike läbimõõt ning põlemisõhu piisav hulk välistamiseks olukorra, kus põlemisprotsessid ei ole täielikud ning hakkab toimuma kütuse termiline lagunemine ning tahmamine, mis omakorda viib katla kasuteguri alla. [16]

Selel 5.3 on kujutatud Soome ettevõtte Oilon OY tootekataloogis olevat kütteõli põletit.



Sele 5.3. Oilon OY poolt valmistatud kütteõli põletit. [17]

## 5.4 Gaaskütuste põletamine

Gaaskütuste põletamine võrreldes vedelkütustega on oluliselt lihtsam – puudub vajadus väikeste piiskade piserdamiseks, mis muudab põleti ehituse oluliselt lihtsamaks. Gaaskütuse põletamise puhul on tähtis gaaskütuse ja põlemisõhu kontsentratsiooniline vahekord. Iga gaaskütuse alumised ja ülemised põlevsegu süttimispiirid määratakse katsetuste käigus.

Gaasisegu katsetuste käigus määratakse gaasisegu alumine ja ülemine süttimispiir ning gaasisegu süttib vaid ülemise ja alumise piiri vahel. Süttimispiiride vahemiku suuruse järgi saab iseloomustada gaaskütuse süttimisohtikkust.

Tabelis 5 on välja toodud mõningate gaaskütuste ülemised ja alumised süttimispiirid. [15]

Tabel 5. Mõningate gaaskütuste ülemised ja alumised süttimispiirid.

Gaaskütus	Süttimispiiri mahuprotsent	
	alumine	ülemine
metaan	5,0	15,0
etaan	3,0	12,5
propaan	2,2	9,5
butaan	1,9	8,5
koksigaas	5,7	29,0
maagaas	5,1...5,8	12,1...13,9

## 5.5 Tahkete biokütuse põletamistehnoloogia

Tahkete biokütuste põletamisel on kõige tavapärasemaks lahenduseks restkoldega katlad. Restkolded ise on ajalooliselt tuntud ning nende kasutuselevõttust saadik on nende areng olnud muljetavaldav. Esialgelt jagati restkolded käsitsi teenindatavateks ja automaatse kütuse etteandesüsteemiga kolleteks. Tehnika arenguga on selline jaotus jäänud ajalukku kuna isegi tänapäevaste väikese võimsusega kodukatelde puhul on kütuse etteanne täielikult automatiseeritud. [10]

Tabelis 6 on toodud levinud restkollete võimsuste vahemikud ning tüüpilised võimsused.

Restkoldega katelde restitüüpe võib jagada järgnevalt:

- liikumatu rest;
- mehaaniline kaldrest;
- kettrest;
- erilahendusega rest spetsiifiliste kütuste põletamiseks.

Tabel 6. Tüüpilised põletusvõimsused restkollete puhul. [10]

Põletustehnoloogia	Minimaalne võimsus [MW]	Tüüpiline võimsus [MW]
Liikumatu restkolle	0,01	0,05 - 1
Mehaaniline restkolle	0,8	2 - 15

### 5.5.1 Liikumatu rest

Nagu nimigi ütleb, siis liikumatu restiga koldel puuduvad mehaaniliselt liigutatavad osad. Rest on paigutatud sellise kaldenurgaga, mis tagab kütuse varisemise. Kirjandusest leitud andmete põhjal saab öelda, et tavapäraselt on liikumatu kaldrestiga kolde kaldenurk 30 – 40°. Liikumatu kaldresti tavapäraseks kütusteks on kuiv tükkturvas, saepuru, puulaastud. Liikumatu resti eelisteks on lihtne konstruktsioon, soodsamad tootmis- ning hooldamiskulud ning pikem kasutusiga võrreldes teiste tahke biokütuse põletamiseks kasutusel olevate restidega. [10]

### 5.5.2 Mehaaniline rest

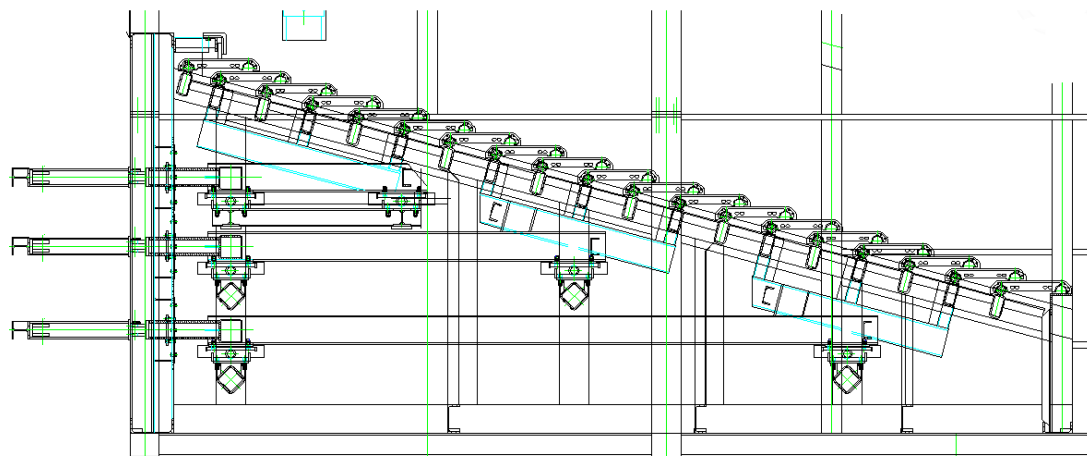
Mehaanilise resti eelisteks liikumatu resti ees on resti liigutamisest tulenev kütuse ühtlasem jaotus ning segamine restil, mis võimaldab kahjulike heitmete vähendamist katlast väljuvates suitsugaasides ning põlemise efektiivsuse suurendamist. Kõige tavapärasemal juhul paiknevad mehaanilise restiga kollete restielemendid maleruudustikus. Seesugune disain tagab kütuse efektiivse liikumise ning võimaldab kontrollida kütusekihi paksust ning selle ühtlust.

Tavapäraste mehaaniliste restiga katelde kollete seinad ei sisalda endas küttepindu. Sellised lahendused on omapärased suure niisukse sisaldusega (35...55%) kütuste põletamiseks

projekteeritud katelde puhul. Kolde seinad on keraamilistest materjalidest ning neid jahutatakse põlemisõhuga. On olemas ka lahendusi, kus kolde seinu üldse ei jahutata, nende puhul kolde seinte mittejahutamine annab positiivse efekti kütuse kuivatamise näol. Jahutuseta koldega katelde puhul tuleb tähele panna, et need ei sobi kuiva kütuse põletamiseks kuna kolde kõrgemad töötemperatuurid põhjustavad tuha sulamist, kolde liikuvate osade ning õhuavade ummistumist šlakiga ning müüritiste kahjustumist ja halvemal juhul isegi pragunemist. [10]

Tänapäeval Eestisse paigaldatud uued tahkel biokütusel põhinevad soojavee katlad tarnitakse tihti katla tootja poolt komplekselt. Seesuguste katelde puhul on lihtsam optimeerida katla erinevate osade ehitust ning talitlust. Kolde seintes paiknevad põlemisõhukanalid on tavapärasel selliste lahenduste puhul. Õhu liikumine tagab kolde mõningase jahutuse ning soojendab koldesse suunatavat põlemisõhku, mis omakorda tõstab niiske kütuse põletamise efektiivsust.

Selel 5.4 on kujutatud mehaanilise restkolde külgvaade.

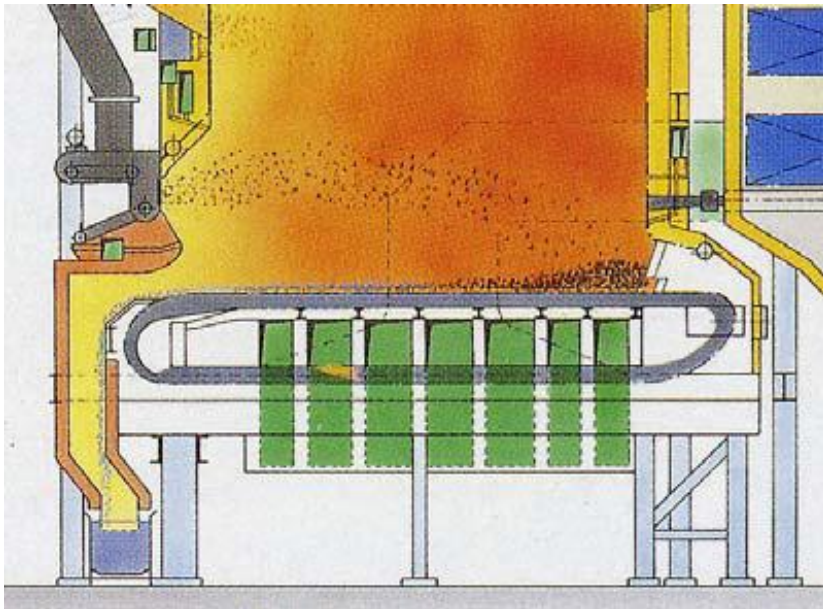


Sele 5.4. Mehaanilise resti vaade küljelt. [18]

### 5.5.3 Kettrest

Kettreste kasutatakse tavaliselt katlamajades, kus on vajadus eri liiki kütuste põletamise järele. Kirjandusest leiab näiteid, kus kettrest on kasutusel sellistel puhkudel, kus põhiliseks kütuseks on näiteks hakkepuit ja turvas, kuid aeg-ajalt põletatakse katlas kivisütt. Kettrest ning tema liikumise kiirus võimaldab paindlikult optimeerida kütuse edasiliikumist koldes. Kütuse vahetusel, näiteks hakkepuit kivisöe vastu, muudetakse resti liikumise kiirust, koldesse antava põlemisõhu hulka ning erinevates tsoonides peale antava õhu kogust. Kettresti puudusteks on tema keerukus, maksumus ning suurem vajadus hoolduse järgi. [10]

Kettresti külgvaade on kujutatud seel 5.5.



Sele 5.5. Kettrest. [10]

## 6 KATLAMAJA PROJEKTEERIMISEL VAJAMINEVAD STANDARDID

Katlamaja projekteerimisel kasutatakse erinevaid standardeid, aga järgitakse ka erinevaid ajapikku välja kujunenud projekteerimise tavasid, mis põhinevad eelnevate projekteerimistööde käigus saadud kogemustele.

Standardimine on tegevus, millega määratakse üldiseks või korduvaks kasutamiseks sätted olemasolevate või esile kerkinud probleemide lahendamiseks, eesmärgiga saavutada korrapärasuse optimaalne tase. [19]

Standard on konsensuse alusel koostatud ja tunnustatud asutuse poolt vastuvõetud normdokument, milles tuuakse reeglid, juhtnöörid ja omadused tegevuste või nende tulemuste kohta üldiseks ja korduvaks kasutamiseks ja mis on suunatud korrastatuse optimaalse taseme saavutamisele antud kontekstis. [19]

Projekteerimistööde käigus kasutatud standardid ning arvesse võetud määrused:

- EVS-860:2010 Tehniliste paigaldiste termiline isoleerimine. Osa 1: Torustikud, mahutid ja seadmed. Isolatsioonimaterjalid ja –elemendid;
- EVS 860-2:2006 Tehniliste paigaldiste termiline isoleerimine. Osa 2: Torustikud, mahutid ja seadmed. Järelevalve ja mõõtmine;
- EVS 860-3:2006 Tehniliste paigaldiste termiline isoleerimine. Osa 3: Katelde, kanalite ja elektrifiltrite isolatsioon. Soojusisolatsiooni teostus;
- EVS 860-4:2006 Tehniliste paigaldiste termiline isoleerimine. Osa 4: Torustikud, mahutid ja seadmed. Mõõteseadmete soojusisolatsioon;
- EVS 860-5:2011 Tehniliste paigaldiste termiline isoleerimine. Osa 5: Torustikud, mahutid ja seadmed. Dimensioneerimine;
- EVS 860-6:2010 Tehniliste paigaldiste termiline isoleerimine. Osa 6: Torustikud, mahutid ja seadmed. Külmaisolatsioon;
- EVS 860-7:2008 Tehniliste paigaldiste termiline isoleerimine: Osa 7: Torustikud, mahutid ja seadmed. Katete ja tugikonstruktsioonide materjalid;
- EVS-EN 13480-3:2012 Metallist tööstustorustik. Osa 3: Kavandamine ja arvutamine,;

- EVS-EN 12953-10:2003 Shell boilers – Part 10: Requirements for feedwater and boiler water quality;
- EVS 811:2012 Hoone ehitusprojekt;
- EVS 812-1:2013 Ehitiste tuleohutus. Osa 1: Sõnavara;
- RT I 2002, 49, 309 Surveseadme ohutuse seadus;
- EVS-EN 12952-1:2002 Veetorudega katlad ja abipaigaldised. Osa 1: Üldist;
- EVS-EN 12952-3:2011 Veetorudega katlad ja abipaigaldised. Osa 3: Katla survedetailide kavandamine ja arvutamine;
- RT 84-10818-ET Torustike ja õhukanalite toestamine.

## 7 PROJEKTEERIMISE ALUSED

### 7.1 Katlamaja projekteerimise lähtekohad

Uue katelseadme vajalikkus Haljala alevikus tulenes uurimustööst „Haljala aleviku soojamajanduse arengukava 2013-2020“. Arengukava analüüsis Haljala aleviku kaugkütte hetkeolukorda ning pakkus välja erinevaid arenguvõimalusi.

Arengukavas analüüsiti aleviku olemasolevat soojusvarustuse süsteemi, tarbijaid ning nende soojustarbimist ning kõiki asjakohaseid aspekte arvesse võttes pakuti välja erinevaid perspektiivseid soojusvarustuse lahendusi majanduslikust, sotsiaalsest ning jätkusuutlikkuse seisukohtadest lähtuvalt.

Arengukavas leiti, et aleviku soojuse tootmine ei ole kasutusel oleva kütuse (maagaas) hinda ning soojusmajanduse üldiseid arengusuundi silmas pidades jätkusuutlik. Lisaks tarbijatele ning soojusvõrkudele antud soovitudele pakuti välja uus soojustootmise viis. Arengukavas soovitati Haljala katlamajja paigaldada uus tahkel biomassil põhinev katel, mis hakkaks kandma baaskoormust ning hetkel katlamajas paiknev maagaasi katel seadistada tipukoormuse katlaks. Uus kütelahendus, uus katelseade ning uus kütus aitavad vähendada kaugkütte hinda alevikus.

[1]

Üldjuhul sisaldab torustikega seotud projektide koostamine järgmisi etappe: [18]

- tellija lähteülesande ja projekteerimistingimuste saamine;
- torustiku paigaldamise projekteerimine;
- toru läbimõõtude arvutus koos armatuuri valikuga;
- torustiku soojusarvutus koos isolatsiooni valikuga;
- torude tugevusarvutus koos toetus-riputusseadmete arvutusega;
- projekti kontoroll, vajadusel muudatuste sisseviimine, seadmete täpsustamine;
- projekti ja seletuskirja koostamine;
- projekti kooskõlastamine tehnilise järeelvalvajaga.



Projekteerimist ning projektide koostamist käsitleb Eesti Vabariigi Ehitusseadus ning projekteerimise etappe lähemalt käsitleb määrus Nõuded ehitusprojektile. Tavapäraselt koosneb projekteerimine kolmest erinevast faasist: eelprojekt, põhiprojekt ning tööprojekt. Sellise jaotuse mõte on, et igas järgnevas etapis minnakse projektis sisalduva infoga järjest täpsemaks. Katlamajade projekteerimise puhul pannakse eelprojektis paika kõige üldisemad asjad nagu näiteks katla võimsus, suuremate abiseadmete võimsused, vajalikud abiseadmed ning seadmete ligikaudne paigutus. Järgnevas põhiprojektis kontrollitakse ning täpsustatakse andmeid. Alati on olemas ka võimalus, et pärast eelprojekti koostamist on katlamaja tellija soovid ning vajadused muutunud, mis tähendab, et põhiprojektis võib tulla väga palju muudatusi võrreldes eelprojektiga. Põhiprojektis sisalduv informatsioon on juba küllaltki täpne ning tavaliselt suuri põhimõttelisi muudatusi pärast põhiprojekti koostamist enam ei tule. Katlamajade puhul koosneb põhiprojekt ligikaudu viiest erinevast osast: arhitektuurne, automaatika, konstruktiivne, soojustehniline ning vesi-kanalisatsioon. Kõik osad sisaldavad asjakohaseid jooniseid, seadmete ja materjalide loetelu ning seletuskirju. Viimane projekteerimise staadium on tööprojekti koostamine. Tööprojekt erineb põhiprojektist oma mahukuse ning täpsuse poolest. Tööprojektis sisalduvad joonised, seadmete ja materjalide loetelud ning seletuskirjad on koostatud sellise täpsusega, et ehitajal ei tohiks tekkida lisanduvaid küsimusi ning ta saab tööprojektis sisalduva info järgi katlamaja valmis ehitada. Seadmete valik, nende dimensioneerimine, paigutus ning muud asjakohased andmed on lõplikud. [18]

Arengukavast lähtuvalt alustati uue katla valimist ning projekteerimist. Esialgu oli arengukavas välja pakutud ning analüüsitud kolme erineva võimsusega katelt – 1,0 MW; 1,2 MW ning 1,5 MW. Katlamaja rekonstrueerimise põhiprojekti staadiumis võimsus täpsustati ning lõplikuks katla võimsuseks valiti 1,5 MW. [1]

## 7.2 Olemasoleva olukorraga tutvumine

Projekteerimistööd algasid lähteülesande saamisega. Lähteülesandeks oli Haljala katlamaja rekonstrueerimise tööprojekti seadmestusosa koostamine. Seadmestusosas peavad olema vastavalt projekteerimistingimustele kajastatud järgnevad osad: [19]

- seletuskiri;
- seadmete paigaldusjoonised koos seadmete loeteluga;
- torustike paigaldusjoonised koos materjalide loeteluga;
- torutugede paigaldusjoonised koos tugede loeteluga.

Pärast lähteülesandega tutvumist ning algmaterjalidega tutvumist oli tarvilik olemasoleva olukorra kaardistamine ning selle digitaliseerimine.

Katlahoones paiknes kaks katelt – Thermax RF W 3000, võimsusega 3,0 MW, ning tehniliselt ning moraalselt vananenud aurukatel, mille demonteerimistööd olid pooleli (vt. sele 7.1). Põhiprojektis oli ette nähtud, et amortiseerunud aurukatel demonteeritakse ning selle asemele paigutatakse uus puiduhakke katel. 3,0 MW veesoojenduskatel jääb reservi ning tipukoormuse tarbeks. Olemasolev gaasikatel tuli ühendada uue rajatava katlasüsteemiga. Katlamaja kõrvalhoones asusid võrguvee tsirkulatsioonipumbad ning ajalooliselt kasutusel olnud torutorus soojusvaheti, millega toodeti kaugküttevõrgu trassivett. Trassivett köeti aurukatla auruga. Kuna põhimõtteliselt kõik toruarmatuur ning seadmed, välja arvatud võrguvee pumbad, olid amortiseerunud ning tööst välja lülitatud, siis tellijal oli soov ka pumbad viia katlahoonesse, et kõik seadmed paikneksid ühes kohas.

Kuna tellijal ei olnud gaasikatla paigalduse tööprojekti, siis oli tarvilik olemasoleva olukorra üles pildistamine ning tähtsamate mõõtude võtmine. Lisaks sellele tuli kaardistada olemasoleva gaasikatla tehnoloogiline ühendus, et selle abil saaks koostada olemasoleva süsteemi põhimõtteskeemi. Hiljem tuli olemasolev põhimõtteskeem sobitada kokku uue projekteeritava katla skeemiga.

Kohapealse vaatluse võib jagada kolmeks: mõõdistamine, esialgse olemasoleva gaasikatla põhimõtteskeemi visandamine ning fotode tegemine, et pärast oleks lihtsam olemasolevaid süsteeme digitaliseerida. Lisaks olemasoleva süsteemi fikseerimisele tuli tellijaga kohapeal

tulevaste seadmete üldine paigutus läbi arutada. Kõige tähtsam oli teada saada tellija nägemust suuremate seadmete asukohtadest. Suuremad seadmed, mille tellijapoolset nägemust paiknemisest oli vaja teada, olid võrguvee soojusvaheti, veetöötlusseadmed, tsirkulatsioonipumbad ning toiteveepumbad.

Pärast kohapealset olukorra kaardistamist, mõõdistamist ning fotode tegemist läks töö edasi arvutis, AutoCAD MEP programmis.



Sele 7.1. Haljala katlamajas olemasolevad katlad – 3,0 MW leeksuitsutoru katel Thermax RF W 3000 ning tagaplaanil demonteeritava aurukatla korpus.

### 7.3 Projekteerimistarkvara AutoCAD MEP

AutoCAD MEP (vt. sele 7.2) on USA ettevõtte Autodesk (vt. sele 7.3) poolt toodetud joonestamistarkvara, mis on spetsiaalselt loodud torusüsteemide kahe- ja kolmemõõtmeliste jooniste tegemiseks. Lisaks kahe- ja kolmemõõtmeliste jooniste tegemisele saab selles programmis joonestada ka põhimõtteskeeme. Selleks on programmi sees loodud eraldi töörežiim (ingl. k. *workspace*), milles on olemas kõik põhimõtteskeemidel kasutusel olevad liinid ning liiniseadmete tähistused. Kolmemõõtmelise jooniste loomiseks on töörežiim *MEP Desing*. Lisaks programmi sisseehitatud seadmetele saab selles ise luua mistahes kolmemõõtmelisi elemente ning seadmeid. See annab projekteerijale põhimõtteliselt lõputud võimalused erinevate seadmete ning muude elementide loomiseks, joonistele lisamiseks ning nende abil seadmete parima paigutuse leidmiseks. Ruumiliste jooniste loomine annab projekteerijale võimaluse katlamaja enne ehitamist digitaalsel kujul täielikult valmis luua ning see omakorda annab kõiksugu võimalusi seadmete mõõtmete optimeerimisel, parima asukoha leidmisel, sobivaima torude trasseeringu leidmisel jne. Võimalikult täpse kolmemõõtmelise joonise loomise eesmärk on enne projekti ehitusfaasi jõuda selgusele kas kõik seadmed, kandekonstruktsioonid, torustikud ning toruisolatsioonid mahuvad neile ettenähtud asukohtadesse. Täpsed joonised aitavad ehitusfaasis vähendada aega ning sellest lähtuvalt ka kulusid.



Sele 7.2. AutoCad MEP logo.



Sele 7.3. Ettevõtte Autodesk logo.

## 8 PROJEKTEERIMISTÖÖDE ÜLEVAADE

### 8.1.1 Alusplaan ja esialgse asendiplaani projekteerimine

Esmalt pidi olemasoleva katla skeemi integreerima uue hakkepuidu katla põhimõtteskeemiga. Selleks tuli kohapeal tehtud märkmete ning fotode põhjal AutoCAD programmis skeem luua ning lisada see uue katla skeemile. Paralleelselt skeemi koostamisega algas ruumilise joonise loomine. Ruumilise joonise loomine saab alguse katlamaja plaani koostamisest ning sõlmpunktide määramisest. Selle töö puhul oli tellijal hoone alusplaan koos biohakke katla asukohavalikuga juba olemas. See tähendas, et alusplaani, millel on kujutatud hoone plaan koos seinade, postide, akende, ukse ja muude ehituslike elementidega, koostamine polnud vajalik.

Pärast alusplaaniga tutvumist oli järgmiseks sammuks olemasolevate tähtsamate torude ning seadmete lisamine joonisele. Kuna tellija ei soovinud kõrvalhoonesse jätta ühtegi seadet, siis kõrvalhoone oli projekteerimise seisukohalt ebatähtis. Oluline oli katlahoones olevate seadmete ning torustiku joonestamine. Joonisele tuli kanda oma kohale jääv gaasikatel, selle gaasitrass ning katla ühendus kaugküttetrassiga. Kuna tellija soovis, et katlahoonest väljuvate kaugkütte torude asukohad ning hoonesisese gaasitrassi asukohad jääksid endisteks, siis oli väga tähtis nende täpne kujutamine. Kõikide joonisele kantud asjade mõõdud olid eelnevalt kohapeal mõõdetud ning nende asukohad olid hoone seinadest mõõdetud. Mingis osas oli abiks ka Haljala Soojuse käest saadud gaasikatla projekt. Kuigi kohapealsed ehitustööd ei olnud täpselt selle järgi tehtud, siis suures plaanis olid seal seadmete ja torustike asukohad tegelikkusele vastavad. Lisaks sai selle abil kõikide kohapeal mõõdetud torustike läbimõõdud üle täpsustada. Olemasolevate liiniseadmete täpsete asukohtade kandmine joonisele polnud määrava tähtsusega kuna nende asukohad jäid suuremas osas samaks või kui nende asukohta pidi muutma, siis see oli vabalt teostatav, sest vaba ruumi nende paigutamiseks oli piisavalt.

### 8.1.2 Uued seadmed ja torustiku projekteerimine

Uute seadmete ja torustike paigutamiseks võeti aluseks olemasoleva olukorra kohta eelnevalt koostatud ruumiline joonis. Uute torustike lisamine AutoCAD MEP'ga on lihtne. Selleks on programmi sisse ehitatud tööriist, mis automaatselt joonistab kasutaja poolt valitud teekonna järgi toru. Iga torulõigu puhul on palju erinevaid võimalusi toru omaduste määramiseks. Määrata saab toru langu või tõusu, toru läbimõõtu, isolatsiooni paksus jne. Survetorustiku puhul, milles voolab vedelik, ei ole torude kalded üldiselt tähtsad, küll aga on tähtsad läbimõõdud ja isolatsioonide paksused. Nende arvutamisest ja valikust tuleb juttu järgnevatel peatükkides.

Kui torustiku joonistamise tööriistad on AutoCAD'i sisse ehitatud, siis seadmete ja toruarmatuuri 3D mudelid tuleb üldjuhul hankida tootjate kodulehekülgedelt. Kui 3D mudeleid tootjate kodulehtedelt hankida ei õnnestu, siis on alati võimalik seadme tootekataloogist leitud andmeid kasutades see ise joonistada. Kuna seadmete detailne joonistamine on aeganõudev ning väikese lisaväärtusega töö, siis üldjuhul pole suur täpsus oluline. Oluline on gabariitide ning ühenduskohtade täpsus. Seetõttu võib tihti joonistelt leida seadmeid, mille visuaalne välimus pole viimistletud, kuid oluline on seejuures märkida, et seadme mõõtmetes ning ühenduskohtades ning nende täpsuses ei saa kahelda.

Erinevate projektide koostamisel jälgitakse erinevaid printsiipe sõltuvalt projekti isepärast ja tellija soovidest. Mõnikord on tähtis seadmed paigutamine selliselt, et jääks võimalus ning vajalik ruum katlamaja laiendamiseks ning uute katelde paigutamiseks. Kuna antud projekti puhul tulevikus katlahoonesse uue katla paigutamise perspektiivi pole, siis laiendamiseks vajaliku ruumi polnud vaja jätta. See tähendas seda, et projekti koostamisel tuli arvestada heade projekteerimistavadega, mille järgi tuleks seadmed paigutada nii, et materjalide kulu oleks võimalikult väike. Sealjuures tuleb jälgida, et teenindaval personalil oleks piisav liikumisruum ning juurdepääs iga seadme ning toruarmatuuri juurde. Ruumiliste jooniste koostamine ning joonistesse inimese kujutiste lisamine on juurdepääsetavuse kontrollimise puhul äärmiselt tarvilik. Tavaliselt on juurdepääsetavuse hindamiseks ning üldise seadmete paigutuse paremaks hindamiseks loodud inimese 3D mudelid, mida saab joonisele lisada ning vastavalt vajadusele ümber paigutada. See annab projekteerijale võimaluse seadmete ning torustiku ja seadmete paigutust paremini hinnata ning seeläbi väheneb raskesti ligipääsetavate kohtade projekteerimise tõenäosus.

Uute seadmete asukoha valik oli suhteliselt lihtne. Tellija poolt saadud lähtematerjalides oli olemas uue katla asukoht, mis tähendas, see oli juba eelnevalt välja valitud ning selle sai seadmete paigutamisel aluseks võtta. Katla paigutuse puhul oli seadmete jaoks reserveeritud ruum uue hakkepuidu katla ja vana gaasikatla vahel. Sellesse piirkonda tuli mahutada järgnevad suuremad ning piisavat ruumi teenindamiseks ja hoolduseks vajavad seadmed:

- veetöötlusseade;
- toiteveepaak;
- toiteveepumbad;
- primaarkontuuri tsirkulatsioonipumbad;
- sekundaarkontuuri tsirkulatsioonipumbad;
- võrguvee soojusvaheti;
- paisupaagid.

## 8.2 Põhimõtteskeem

Põhimõtteskeem (ingl. k. *Piping and identification diagramm*, lühendatult *P&ID*) on joonis, kus on skemaatilisel kujutatud katel koos abiseadmete ning toruarmatuuriga. Põhimõtteskeemil on iga seadme juures unikaalne tähis, mille järgi on teda lihtne ära tunda. Suurte ja keerukate katlamade põhimõtteskeemid on tavaliselt jagatud erinevateks osadeks, vältimaks info kuhjumist ühele joonisele. Taoline grupeerimine ning mitmete jooniste vormistamine lihtsustab katlamaja põhimõtteskeemi ning aitab seda paremini mõista. [21]

Põhimõtteskeemi lahutamatuks kaaslaseks on seadmete ja materjalide loetelu. Seadmete ja materjalide loetelu on tavaliselt tabeli vormis dokument, kus on kajastatud kõik põhimõtteskeemil olevad seadmed, toruarmatuur ning torustik. Seadmete ja liinide unikaalsed tähised on kujutatud nii põhimõtteskeemil kui seadmete loetelus. See annab võimaluse põhimõtteskeemi ning seadmete ja materjalide loetelu paralleelselt jälgida, et oleks võimalikult lihtne katlamajas paiknevate seadmete ja torustike tööpõhimõttest aru saada. [21]

Tavaliselt algab põhimõtteskeemi koostamine katla valimisest. Kuna katla valik oli juba tehtud lähtuvalt Haljala aleviku soojusvarustuse arengukavast, siis käesoleva töö mahus seda ei valitud. Lähteülesanne andis ette, et paigaldatav katel oli Läti ettevõtte Komforts hakkepuidu katel KAPAK-1500, võimsusega 1,5 MW. Katel ning kaugküttevõrk ühendati soojusvaheti abil. Kuna katel oli dimensioneeritud vastavalt aleviku kaugküttevõimsusele, siis soojusvaheti valik oli selles lähtuv – 25% suurem katla võimsust. See tähendab, et soojusvaheti pidi olema 1,875 MW ehk ümardatult 1,9 MW. [20]

Soojusskeemi võib tinglikult jagada kaheks, kahe poole ühiseks osaks on soojusvaheti. Niinimetatud primaarkontuuri moodustavad katel ja soojusvaheti katlavee poole osa. Sekundaarkontuur moodustub kaugküttevõrgu ja soojusvaheti kaugküttevõrgu poolsest osast. Vee ringluse mõlemas osas tagavad tsirkulatsioonipumbad. [18]

Tsirkulatsioonipumpasid on 2 paari – võrguveepumbad ning katla tsirkulatsioonipumbad. Pumpad on süsteemiga ühendatud paralleelselt. Seda tehakse ohutuse ja töökindluse pärast. Kui üks pump vajab hooldust või selle töös esinevad tõrked, siis on olemas varupump, mille saab vajadusel kohe töösse lülitada. Katla maksimaalse koormuse juures on katlast väljuva vee temperatuur 100°C ning katlasse siseneva vee temperatuur 80°C. Vee maksimaalsel võimsusel töötamisel on 78 m<sup>3</sup>/h. Pumpade suuruse valiku võeti pumpade võimsus 15% varuga, ehk lähtuvalt maksimaalsest kulust ning varutegurist valiti katla tsirkulatsioonipumpade tootlikkuseks 90 m<sup>3</sup>/h. Kaugküttrassi vee maksimaalsed töötemperatuurid kõige suurema koormuse korral (kõige külmemate ilmade ajal) on 90°C pealevoolul ning 70°C tagasivoolul. See tähendab, et temperatuuride vahe on sama, mis primaarkontuuris, mis omakorda tähendab, et võrguveepumpade maksimaalne kulu on 78 m<sup>3</sup>/h. Süsteemile paindlikkuse lisamiseks projekteeriti soojusvahetile möödaviik (ingl. k. *bypass*), mis võimaldaks kaugküttevõrku suunata vett otse katlast (näiteks puhkudel, kui kütteperioodil soojusvaheti töös tekib tõrkeid), ehk seetõttu valiti võrguveepumpade tootlikkus 140 m<sup>3</sup>/h.

Toiteveepumpasid on katlamajas 2 tükki – üks neist on pidevalt töös, teine on reservis, ootamatuste vältimiseks. Toiteveepumpade eesmärk on süsteemi täitmine veetöötluses töödeldud veega ning trassikadude esinemisel kaduma läinud vee lisamine süsteemi. Toiteveepumpade valiku aluseks võeti soojatootja poolt saadud andmed olemasoleva süsteemi



lisavee vajaduse kohta ning sellest lähtuvalt valiti tootlikkuseks 2,3 m<sup>3</sup>/h. Maksimaalseks lisavee vajaduseks võeti 2 m<sup>3</sup>/h. Toiteveepumpade juues asub toiteveemahuti suurusega 2 m<sup>3</sup>.

Veetöötlusseade kujutab endast tööstuslikku veepehmendit. Veepehmeni võimsus valiti maksimaalse toitevee kulu järgi, milleks oli 2 m<sup>3</sup>/h.

### **8.3 Jooniste koostamine**

Projekteerimise seisukohalt on kõige tähtsamad joonised katlamaja põhimõtteskeem ning katlamaja kolmemõõtmeline (edaspidi 3D) mudel.

Jooniste koostamise järjekord käesoleva projekti raames oli alljärgnev:

- põhimõtteskeem;
- katlamaja 3D mudel;
- katlamaja plaan (pealtvaade);
- katlamaja lõiked;
- katlamaja 3D vaated.

#### **8.3.1 Põhimõtteskeemi koostamine**

Põhimõtteskeemi koostamise aluseks on põhiseadmed. Ehk esimese asjana tuleb läbi mõelda ning paika panna kõik vajalikud põhiseadmed, mis on jaama tööks tähtsad. Kõik sellele järgnev töö on üldises plaanis nende põhiseadmete omavaheline ühendamine ning seadmete koostöök vajalike liiniseadmete, abiseadmete ning andurite lisamine.

Põhimõtteskeemil kujutatud jooned tähistavad toruliine. Nende puhul tasub tähele panna, joonisel on liinid erineva värviga. Iga värv tähistab mingit kindlat liini, millel on kindel eesmärk. Selline tähistus võimaldab kiirest mõista liini vajalikkust ning selles abil toimuvat protsessi.

Toruliinidele on lisatud erinevad sümbolid, mis tähistavad liiniseadmeid.

Liiniseadmete ülesanded on erinevad ning torude liiniseadmeid saab klassifitseerida järgnevalt:  
[18]

- sulgarmatuur – torus liikuva aine vooluse täielikuks sulgemiseks, näiteks kuulventiil;
- reguleeriv armatuur – voolava aine parameetrite muutmine kulu muutmise kaudu, näiteks rõhuregulaator;
- jaotusarmatuur – voolava aine jaotamine erinevate suundade vahel, näiteks 3-tee ventiil;
- kaitsearmatuur – seadmete ja torude automatiseeritud kaitsmine lubamatute rõhkude eest üleliigse osa väljajuhtimise teel, näiteks kaitseklapp;
- ohutusarmatuur – seadmete kaitsmine tehnoloogilise protsessi kõrvalekallete eest, näiteks tagasilöögiklapp;
- kontrollarmatuur – voolava aine olemasolu ja parameetrite kontrollimine, näiteks proovivõtu klapid, manomeetrid, termomeetrid;
- eraladusarmatuur – voolava keskkonna automaatne jaotamine, näiteks kondensaadieraldajad.

Põhimõtteskeemil on alati kujutatud ka tingmärkide seletused ning toruliinide tähistuste kirjeldused. Kui põhimõtteskeem on valmis saanud, siis algab selle järgi kolmedimensioonilise mudeli joonistamine. Uue hakkepidul töötava katla põhimõtteskeem on toodud Lisas 1.

### **8.3.2 Kolmemõõtmeline mudel**

Kolmedimensiooniline mudel on projekteerija seisukohast oma olulisuselt järjekorras teine joonis pärast põhimõtteskeemi. 3D joonise tegemine algab lähteinfo kandmisest joonisele ning olemasolevate seadmete lisamisest. Lähteinformatsiooniks on tavaliselt näiteks hoone plaan. Sõltuvalt saadaolevatest algmaterjalidest olemasolevad seadmed kas saadakse tellijalt või internetist või siis modelleeritakse ise vastavalt kohapeal võetud mõõtudele. Nagu eespool kirjeldatud, siis olemasolevate seadmete detailne välimus ei ole määrav, oluline on tähtsamate üldmõõtmete ning ühendusäärrikute asukoha täpsus.

Mudeli aluseks on põhimõtteskeem. Piltlikult võib öelda, et mudelit ongi tarvis põhimõtteskeemi rakendamiseks reaalsesse olukorda. Selle all mõeldakse seda, et

põhimõtteskeemil kujutatud seadmed, torustik ning liiniseadmed ja –armatuur tuleb optimaalselt mahutada ette antud ruumide piiresse.

3D mudeli joonistamise esimeseks, võib öelda, et ka kõige tähtsamaks osaks on suurte seadmete paigutamine – katel, soojusvaheti, pumbad, veetöötlusseadmed, toiteveepaak. Nende paigutamisel tuleb arvestada tellija soovidega, aga peab ka jälgima, et etteantud ruum oleks efektiivselt kasutatud. See tähendab, et seadmeid ei tohiks paigutada nii, et nende ühendamiseks oleks vaja tarbetult pikka torustikku või nende asukoht ja paiknemine ei võimalda mugavat seadme hooldamist ja teenindamist.

Pärast seadmete optimaalse asukoha leidmist saab alustada torustiku projekteerimisega. Torustiku projekteerimisel tuleks leida selline trasseering, mille puhul materjali kulu võimalikult väike. Seejuures tuleb siiski arvestada mõningase trasseeringu optimeerimisega tingituna olemasolevate seadmete ja torustike, ehituslike elementide jms asukohast.

Torustike liiniseadmete ja –armatuuri paigutamisel tuleb jälgida armatuuri tootjapoolseid nõudeid. Lisaks tuleb jälgida, et armatuuri hooldus- ning teenindusmugavus oleks tagatud ning poleks raskendatud ebaefektiivse asukoha tõttu.

Torustiku projekteerimise puhul tuleb arvestada ka isolatsioonikihi paksusega. Isolatsiooni paksus tuleneb isolatsioonistandarditest. Paksuse valik tehakse toru väliskeskkonna, torus voolava aine, aine temperatuuri ning arvestuslike soojuskadude järgi. Haljala katlamaja puhul oli projekteerimistingimustes välja toodud, et isoleeritud torud ei tohi paikneda teineteisele lähemal kui 40 mm. [20]

Katlamaja kolmemõõtmelise mudeli vaated on toodud erinevate külgede alt Lisades 5, 6, 7 ja 8.

### **8.3.3 Katlamaja plaan ja lõiked**

Kolmemõõtmelise katlamaja mudeli põhjal asendiplaani ja lõigete vormistamine on kiire ja lihtne. Selle tarbeks on AutoCAD MEP programmi lisatud lõigete genereerimise funktsioon. Projekteerijal tuleb mudelis vaid märkida lõike asukoht ning suund ning programm automaatselt loob selle. Edaspidiste muudatuste sisseviimisel ei ole vaja teha muud kui ainult lõiget uuendada. Kui uuenduste käigus on lisatud ka uusi seadmeid või torusid, siis tuleb need enne lõike uuendamist aktiivseks muuta. Katlamaja plaan ja lõiked on toodud Lisades 2, 3 ja 4.

## 8.4 Võrguvee soojusvaheti

Soojusvahetitega kantakse soojust ühelt kehalt teisele. Soojusvahetite sees esineb erinevaid soojuslikke protsesse, milledest iseloomulikumad on: aurustumine, keemine, kondenseerumine, sulamine, tahkumine ning teised eelpool mainitud protsesside kombineerimised.

Soojuskanaljateks on soojustehnilised kehad, mis annavad soojust ära või võtavad seda vastu.

Nõuded soojusvahetitele: [21]

- ökonoomsus ja efektiivne soojustootlikkus;
- tehnoloogilise protsessi ja toodangu kvaliteedi tagamine;
- lihtne ja odav konstruktsioon;
- kompaktsus ja väike mass;
- mugav montaaž ning hea töökindlus;
- esteetiline välimus.

Võrguvee soojusvaheti on ettenähtud kaugkütte võrguvee soojendamiseks. Primaarkontuuris ringleb katla tsirkulatsioonivesi ning sekundaarkontuuri läbib võrguvesi. Soojusvaheti on muust süsteemist eraldatav sulgarmatuuri DN150 abil. Süsteemist välja lülitamise tarbeks on soojusvaheti ühendusäärikute ning sulgarmatuuri vahele projekteeritud drenaaži torustik ning kuulkraanid.

Kütteperioodi ajal esinevate soojusvaheti tõrgete puhuks on projekteeritud möödaviigud. Möödaviigud on soojusvaheti normaalse töö korral suletud. Möödaviikute abil saab katla tsirkulatsioonivett suunata otse kaugküttevõrku. Sellisel juhul on kaugküttevõrgu varustamine soojusega isegi soojusvaheti töö tõrgete korral tagatud. Tavaolukorras on möödaviikute kuulkraanid DN150 suletud asendis. [22]

Soojusvaheti tehnilised näitajad:

- Võimsus 1875 kW;
- Katlavee sisselaske temperatuur 100°C;
- Katlavee väljalaske temperatuur 80°C;
- Võrguvee sisselaske temperatuur 90°C;
- Võrguvee väljalaske temperatuur 70°C.

Käesoleva töö raames soojusvahetit täpset mudelit ei valitud. Tellija soov oli teada saada soojusvaheti valikuks vajalikke andmeid ning hiljem ise vastavalt saadud andmetele ning majanduslikele kaalutlustele valik teha.

Sobilik soojusvaheti on näiteks Danfoss XB70 (vt. sele 8.1).



Sele 8.1. Danfoss XB70 soojusvaheti. [24]

## 8.5 Pumbad

Pumbad peavad tagama soojuskandja pideva tsirkulatsiooni. Kõik katlamajja projekteeritud pumbad on kahekaupa, üks pump on töös ning teine pump on reservis. Pumpade töös tõrgete esinemisel jätab katla automaatika katla seisma, et vältida seadmeid ülekuumenemise eest. Selliste olukordade tõenäosuse vähendamiseks on alati olemas reservpump, mis lülitatakse vajadusel töösse. [23]

### 8.5.1 Toiteveepumbad

Toiteveepumbad on paigutatud toiteveemahuti juurde. Toiteveepumpade eesmärk on süsteemi primaar- ja sekundaarkontuuri töödeldud veega täitmine ning vee koguse hoidmine. Katla töö ajal toimub vee koguse pidev hoidmine, ehk lisavee pumpamine. Lisavee vajadus tellijalt saadud andmete järgi oli ligikaudu 0,1 m<sup>3</sup>/h. Toiteveepumbad töötavad põhimõtteskeemi kohaselt sissevälja lüliti abil. Toiteveetorusikule on paigaldatud rõhulüliti, mis etteantud rõhul toiteveepumba töösse lülitab. [20]

Toitvee pumbaks sobib näiteks KSB Movitec 004-05 (vt. sele 8.2).

Toiteveepumpade karakteristikud:

- Vooluhulk  $Q = 2,5 \text{ m}^3/\text{h}$
- Tõstekõrgus  $H = 40 \text{ m}$



Sele 8.2. Toiteveepump KSB Movitec. [26]

## 8.5.2 Kaugkütte trassipumbad

Kaugkütte trassipumpade ülesanne on kaugküttetrassi mineva vee ringluse tagamine ehk soojuskandja pumpamine aleviku tarbijateni. Pumpade pöörlemiskiirust reguleeritakse automaatselt rõhuandurite järgi. Rõhuandurid paiknevad pumba ees ning taga ning nende näitude vahe abil reguleeritakse pumpade sagedusmuundureid. Juhul, kui tarbijate soojuskoormus väheneb, läheb ka soojuskandja kulu väiksemaks. Selle tõttu väheneb rõhkude vahe pumba ees ja taga. Muutustest tingituna rakendub töösse sagedusmuundur, mis vähendab pumpade pöörlemiskiirust ning seeläbi rõhkude vahe liigub tagasi etteantud väärtusele.

Pumpade valikul arvestati tellijalt saadud olemasoleva olukorra kirjeldusega, mille põhjal maksimaalne soojuskandja vooluhulk on  $120 \text{ m}^3/\text{h}$  ning tekkiv rõhkude vahe on 1,2 bar. Uute pumpade valikul arvestati pumpade kulu varuteguriks 15%. [22]

Kaugkütte trassipumpadeks sobiks näiteks Wilo Veroline IPL 27/70

Võrguvee pumpade karakteristikud:

- Vooluhulk  $Q = 140 \text{ m}^3/\text{h}$ ;
- Tõstekõrgus  $H = 15 \text{ m}$ .



Sele 8.3. Wilo Veroline tsirkulatsioonipump

### 8.5.3 Katlavee tsirkulatsioonipumbad

Tsirkulatsioonipumpade võimsuse arvutamisel on arvesse võetud kaugküttevõrgu maksimaalset võimsust 1,8 MW ja katla peale ja tagasivoolu temperatuuride vahet, mis on 20°C. [22]

Pumpade vajalik võimsus on arvutatud valemiga:

$$Q = c \cdot m \cdot (t_2 - t_1), \quad (8.1)$$

kus  $Q$  – soojushulk,

$c$  – aine erisoojus,

$m$  – aine mass,

$t_2$  – lõpptemperatuur,

$t_1$  – algtemperatuur.

Valemist on avaldatud vee mass, ehk see tuleb:

$$m = \frac{1800}{4,19 \cdot 20} = 21,5 \frac{kg}{s} = 77,3 m^3/h$$

Katla tsirkulatsioonipumba karakteristikud:

- Vooluhulk  $Q = 90 m^3/h$ ;
- Tõstekõrgus  $H = 15 m$ .



## 8.6 Veetöötlus

Veetöötuse eesmärk on vähendada vee karedust. Kuna külmavee trassist tulev toorvesi sisaldab enda kaltsiumi ja magneesiumi ühendeid, siis veetöötus on ette nähtud nende ühendite eemaldamiseks. Kaltsiumi ja magneesiumi sisaldust nimetatakse kareduseks. Veetöötuse abil vähendatakse seadmetes katlakivi teket, mis tagab katlamaja sujuvama ning efektiivsema töö.

SFH tüüpi veepehmendusseadmeid on ühe või kahe (vt. sele 8.4) korpusega. Ühe korpusega seadmeid kasutatakse juhul, kui pole tarvis pidevalt veevarustust. Kahe korpusega seade võimaldab pidevat veevarustust.

Kare vesi sisaldab endas kaltsiumi- ja magneesiumiioone, mis pehmendusseadmes asendatakse naatriumioonidega. Kationiidina kasutatakse vaiku ning pehmemdamiseks vajalik soolalahus asub eraldi anumaskorpuste lähedal.

Pärast kindlat vee koguse töötlemist on kationiit küllastunud kaltsiumi- ja magneesiumiioonidega. Kationiitpaak regenereeritakse naatriumkloriidi lahusega. Regenereerimine tähendab, et kationiit vabastatakse kaltsium- ja magneesiumioonidest ning rikastatakse naatriumioonidega. Pärast regenereerimise lõppu on paak valimis töösse lülituma.

Kationiitpaagid regenereeritakse vastavalt vee kogusele. Kahepaagilise seadme puhul on üks paak alati töös ning teine paak regenereerimisel. [24]



Sele 8.4. Veepehmendi Eurowater SM-62. [24]

## 8.7 Torustiku projekteerimine

## 8.8 Torustiku isolatsioon ja isoleerimine

Torude isoleerimise eesmärk on vähendada soojuskadusid, tagada soojuskandjale lubatud temperatuurilang ning kaitsta teenindavat personali. Torude isoleerimine võimaldab vähendada väliskeskkonna mõju torus liikuvale ainele. Kõrgeparameetriliste ainete (tööstuslik veeaur) puhul vähendab isolatsioon soojuskadu aurutorustikus, külmaveetorude puhul elimineeritakse jäätumisoht ning kondensaadi tekkimine toru pinnale. [18]

Normide järgi kuuluvad soojuslikult isoleerimisele:

- torustikud soojuskandja temperatuuriga üle 45°C, mis asuvad hoonetes, aga ka väljaspool hooneid, kui teenindavale personalile ligipääsetavates kohtades;
- väljaspool hooneid asuvad torustikud soojuskandja temperatuuriga üle 60°C;
- külmaveetorustikud hoonetes õhust niiskuse kondenseerimise vältimiseks nende pinnale külmal aastaajal;
- väljaspool hooneid asuvad veetorustikud vee külmumuse vältimiseks voolamise lakkamisel.

Soojusisolatsiooni materjalide valikul lähtuti materjalide tehnilistest omadustest. Lisaks isoleerimisvõimele on materjalide valiku puhul oluline jälgida ka nende tulekindlust ning ohtlikkust inimestervisele. Isolatsioonimaterjal peab olema ühtne, see ei tohi mureneda ega laguneda ning selle monteerimine peab olema mugav.

Ehituslikust seisukohas on isolatsioonimaterjalide puhul oluline, et materjal suudaks taluda vibratsioonile ning suudaks vastu pidada torude soojuspaisumisel tekkida võivale deformatsioonile.

Isolatsioonikihi kaitsmiseks kasutatakse kattekihti. Kattekihi eesmärgiks on isolatsioonikihi kaitsmine mehaaniliste vigastuste, agressiivsete keskkondade ja muude isolatsioonikihti vigastavate tegurite eest.

Haljala katlamaja soojavee torudele projekteeriti kahekihiline isolatsioon:

- isoleeriva materjalina mineraalvilla;
- villa kaitseks tsinkplekist kaitsekiht.

Normide järgi hoones siseõhu temperatuuriga +25°C ei tohi torustiku toru pinna temperatuur ületada

- +45°C, kui torustikus voolava keskkonna temperatuur on kuni 500°C;
- +48°C, kui torustikus voolava temperatuur on vahemikus 500...650°C.

Külmaveetorudele projekteeriti isolatsioonikiht 15 mm paksusest vahtkummist, et:

- vältida veeauru kondenseerumist veetoru pinnale, et vältida torude roostetamist;
- pakkuda kaitset torude külmumise vastu.

Haljala katlamajas projekteeriti torude isolatsiooniks mineraalvilla matid ning nende katteks tsinkpleki kiht. Külmavee torude isolatsiooniks projekteeriti 15 mm paksune vahtkummist kate.

Torude isolatsioonikihi täpse paksuse arvutamiseks on standarditest välja toodud mitmest valemist koosnev arvutuskäik. Arvutuskäik sisaldab erinevaid majanduslikke ning tehnilisi muutujaid, millega leitakse optimaalne paksus isolatsiooni paigaldamise investeeringu ning isolatsiooni efektiivsuse suhtes. Sellist ülitäpset arvutuskäiku kasutatakse suurte koostootmisjaamade puhul, kus torustiku isoleerimiseks tehtavad investeeringud on suhteliselt suured. Väiksemate soojaveekatlamajade puhul võetakse isolatsioonikihi paksus EVS 860-5:2011 Tehniliste paigaldiste termiline isoleerimine. Osa 5: Torustikud, mahutid ja seadmed. Dimensioneerimine. [22]

## 8.9 Torude toestamine

Torude toestamiseks kasutatakse torutugesid ja- riputeid, mis on spetsiaalselt konstrueeritud tööstustorustike tarbeks. Torutugede õige paigutus, tüübivalik ning kinnitusviis tagavad jaama torustikele optimaalsed töötingimused ning sellest tulenevalt torustiku töökindluse.

Tugede ja riputite paigaldamise eesmärk on torustiku raskuskoormuse vastuvõtmine. Kõrgete parameetritega soojuskandja puhul peavad toed ja riputid tagama toru soojuspaisumisest tingitud siirded ning vastu võtma soojuspaisumisest tingitud lisakoormuse.

Torutugede arv toruliinil sõltub toru pikkusest ning läbimõõdust.

Kuni 120°C temperatuuriga vedelikku transportivate süsinikterasest valmistatud torude torutugede optimaalne samm on toodud tabelis 7.

Käesoleva projekti raames anti ehitajale juhised torutugede paigaldamise vahemaade osas. Torude toestamiseks vajalike torutugede tüüpe ning kinnitusviide käesoleva projekti raames ei lahendatud – selle soovis ehitaja ise lahendada.

Tabel 7. Torutugede optimaalne vahemaa.

DN	Vesi $t = 120^{\circ}\text{C}$	
	Optimaalne tugede vahemaa, m	
	Liugtugi	Kinnistugi
15	1,6	2,5
20	1,9	2,9
25	2,1	3,2
32	2,5	3,7
40	2,7	4,0
50	3,6	5,4
65	4,0	6,0
80	4,4	6,6
100	5,0	7,5
125	5,6	8,4
150	6,1	9,1

## 9 PÕHISEADMED JA NENDE TÖÖPÕHIMÕTTED

### 9.1 Katel

Katlamajja on projekteeritud 1,5 MW võimsusega tahkel biomassil põhinev soojaveekatel KAPAK1500, mille tootjaks on JCS Komforts.

JCS Komforts on 1991. aastal asutatud Läti ettevõtte, mille peategevuseks on soojustehniliste seadmete projekteerimine, tootmine ning ehitamine. Ettevõtte tootekataloogist leiab soojavee katlaid võimsusega 25 – 10000 kW. Lisaks kateldele pakub ettevõtte täislahendusi uute katlamajade rajamisele. Ettevõtte on keskendunud biomassil põhinevate katelde projekteerimisele ning ehitamisele – kõik nende tootekataloogis olevad katlad on mõeldud töötama biohakkel, turbal või pelletikütustel. Lisaks tavapärastele kaugküttevõrkudes kasutusel olevatele soojavee kateldele pakub ettevõtte ka auru tootmiseks mõeldud katlaid. [28]

Katel KAPAK-1500 (vt. sele 9.1) on tavapärane suure niiskusesisaldusega (niiskuse sisaldus kuni 55%) hakkepuidu ja turba põletamiseks mõeldud liikuva restkoldega soojavee katel. Maksimaalsed vee tööparameetrid on temperatuur 110°C ning töö rõhk kuni 6 bar. Soojuslik kasutegur 50% niiskusesisaldusega kütuse põletamisel on ligikaudu 88% ning 10% niiskusesisaldusega kütuse puhul 90%. Nagu eelnevates peatükkides mainitud, siis tavapäraste liikuva restkoldega katelde puhul on katla korpuse sisse juba tehases ehitatud mitmed erinevad süsteemid, mis tagavad katla optimeeritud ühtlase efektiivse töö. [28]

Katla korpuses paiknevad järgnevad süsteemid: [28]

- Kolle, milles paiknevad hüdraulika abil liigutatavad restid, mis on katla töö ajal pidevas liikumises. Reste jahutatakse veega;
- Põlemiskolde kohale on paigutatud horisontaalne küttepindadega ekraneeritud katel, mille sees paiknevad suitsugaaside torud ning veetorud, suitsugaasid annavad siin oma soojust neid ümbritsevale veele. Suitsugaaside torud on varustatud suruõhul põhineva küttepindade puhastussüsteemiga;
- Kolde all paikneb hüdrauliliselt juhitud tuhaärastussüsteem. Kolde alla kogunev tuhk kogutakse kokku ning transporditakse katlast välja. Tuhaärastus on täisautomaatne;

- Kolde all paiknevad primaarõhu düüsid, kust tulev põlemisõhk puhutakse koldesse läbi liikuva resti;
- Kütuse etteande süsteem paikneb kolde ees. Kütuse etteande süsteem töötab hüdrauliliselt ning see on varustatud tulekustutussüsteemiga.

Katla KAPAK-1500 iseloomulikud parameetrid: [29]

- koosneb põlemiskoldest ning horisontaalselt kolde peale paigutatud katlast;
- võimsus 50% niiskusesisaldusega kütuse juures 1500 kW;
- võimsus 10% niiskusesisaldusega kütuse juures 1850 kW;
- maksimaalne vee kulu 65 m<sup>3</sup>/h;
- maksimaalne tööõhk 6 bar;
- maksimaalne töötemperatuur 110 °C;
- vee maht 5,6 m<sup>3</sup>;
- kütus hakkepuit/turvas.



Sele 9.1. Katel Komforts Kapak 1500 [29]

## 9.2 Katla varustamine kütusega

## 9.3 Kütuse ladu ning kütusevajadus

Koos uue hakkepuidu katlaga tuli projekteerida ka kütuseladu. Kütuselaos aktiivne pindala on  $60 \text{ m}^2$  ning kütus ladestatakse umbes 4 meetri paksusesse kihti. See tähendab, et kütust mahub lattu ligikaudu  $240 \text{ pm}^3$  (puistekuupmeeter). See tähendab, et külmal ajal, kui katel töötab ööpäevas keskmiselt 85...100% võimsusel, siis laos on ligikaudu 4 – 5 päeva kütusevaru.

Hakkepuidu kütteväärtus on ligikaudu  $2200 \text{ MJ/pm}^3$  ( $8 \text{ MJ/kg}$ ). See tähendab, et 1 MW soojuse tootmiseks kulub ligikaudu  $1,65 \text{ m}^3$  hakkepuitu. Kõige madalama välistemperatuuriga perioodil töötab hakkepuidu katel keskmisel võimsusega 1,25 – 1,5 MW. See tähendab, et ühes tunnis põletatakse 2 – 2,5  $\text{pm}^3$  hakkepuitu.

Eelneva kirjelduse põhjal:

$$\text{Päevas kulub keskmiselt} \quad 24 \times 2,25 = 54 \text{ pm}^3/\text{päev} \quad (9.1)$$

$$\text{Laopinna aktiivruumala on } 240 \text{ pm}^3 \quad 240 / 54 = 4,44 \text{ päeva} \quad (9.2)$$

Kütus tuuakse lattu veoautodega. Veoautode pealt laaditakse kütus lattu. Kütuse transportimiseks laost konveierile kasutatakse mehhaniseeritud põrandat. Betoonist põrandale on valatud 4 metallist tala, mille peal liiguvad mehhaniseeritud redelid. Iga redeli otsas on hüdrauliline silinder, mis redelit liigutab. Redelite konstruktsioon on selline, et tõmbamisel tõmbab kütust konveierile, kuid lukates liigub kiiluna läbi hakkepuidu (vt. sele 9.2). Hüdrosilindrite tööd juhib automaatika. [18]

## 9.4 Kütuse konveier

Kütuse konveier transpordib hakkepuidu kütuselaost kütuse vastuvõtupunkrisse. Kütusekonveieri paneb ringi käima konveieri otsas paiknev elektrimootor. Konveier on varustatud automaatse tulekustutus süsteemiga ning tuletõkkeklapiga, mis sulgeb kütuse pääsu vastuvõtupunkrisse, takistades sellega tule leviku. [18]

Kütusekonveieri parameetrid:

- pikkus 12,8 m;
- laius 0,6 m;
- tootlikkus 6 m<sup>3</sup>/h;
- mootor 4 kW.



Sele 9.2. Esiplaanil hakkepuidu lao hüdrutõukurid Reola katlamajas, Tartumaal. [20]

## 9.5 Tuhakonveier

Tuhaärastus katla alt toimub tuhakonveieri abil. Katlasisene pneumaatiline tuhaärastussüsteem on täisautomaatne kogudes kokku tekkiva tuha ning transportides selle tuhakonveierile. Tuhakonveieri hoonesisene osa on kinnitatud katla külge selliselt, et katlast tekkiv tuhk kukub konveieri peale. Konveieri teine ots asub väljaspool hoonet, tuhakonteineri kohal. Konveieri töö on täisautomaatne ning seda juhib automaatika.

Tuhakonveieri parameetrid:

- pikkus 10 m;
- tootlikkus 0,9 m<sup>3</sup>/h.



Tuhakonteinerisse mahub 5,5 m<sup>3</sup> tuhka. Konteineri tühjendamine toimub veoautoga ning tuhk viiakse prügimäele.

Katla tippkoormuse ajal, kui katel töötab ööpäevas keskmiselt 85 – 100% võimsusega on arvutuslik tuhakonteineri tühjendamine vajalik ligikaudu iga 5 päeva järel.

$$V_{tuhk} = V_{kütus} \cdot A^{tuhk\%}, \quad (9.3)$$

kus  $V_{kütus}$  on katlas põletatud kütus, m<sup>3</sup>/h,

$A^{tuhk\%}$  on tuha protsentuaalne sisaldus kütuses.

Kui jaam töötab maksimaalsel võimsusel, siis kütuse tarbimine ühes tunnis on 2,5 m<sup>3</sup>. Sellest lähtuvalt tunnis tekkiva tuha kogus on:

$$2,5 \frac{m^3}{h} \cdot 0,02 \% = 0,05 \frac{m^3}{h} \quad (9.4)$$

Jaama maksimaalsel võimsusel töötamisel kulub tuhakonteineri täitmiseks:

$$t_{täitumine} = \frac{V_{konteiner}}{V_{tuhk}} = \frac{5,5 \frac{m^3}{h}}{0,05 \frac{m^3}{h}} = 110 \text{ h} \approx 4,6 \text{ päeva} \quad (9.5)$$

## 9.6 Õhuventilaatorid

### 9.6.1 Primaarõhu ventilaator

Primaarõhu ventilaatori ülesandeks on põlemisõhu suunamine koldesse resti alt. Kolde restil toimub kütuse kuivamine ning lendosade eraldumine. Primaarõhu ventilaator annab tavapäraselt ligikaudu 50% põlemiseks vajalikust õhukogusest. Antud projekti käigus õhuventilaatoreid ei valitud, need olid tellija poolt juba valitud. [20]

Ventilaatorite illustreeriv pilt on toodud seel 9.3.

Primaarõhu ventilaatori tööparameetrid: [25]

- tüüp CMT/2-250/100 – 2,2;
- tootlikkus 2080 m<sup>3</sup>/h;
- maksimaalne töötemperatuur 50°C;
- võimsus 2,2 kW;
- pöörete arv 2820 p/min.

### 9.6.2 Sekundaar- ja tertsiaarõhu ventilaatorid

Sekundaar- ja tertsiaarõhu ventilaatorite ülesandeks on põlemisõhu suunamine kolde külgedelt, et intensiivistada põlemist kolde ülaosas – kindlustatakse, et restilt tõusnud lendosad ning põlevad gaasid põleksid lõpuni. [20]

Sekundaar- ja tertsiaarõhu ventilaatori tööparameetrid: [25]

- tüüp CMT/2-180/75 – 0,75;
- tootlikkus 1800 m<sup>3</sup>/h;
- maksimaalne töötemperatuur 50 °C;
- võimsus 0,75 kW;
- pöörete arv 2800 p/min.



Sele 9.3. Primaar-, sekundaar- ja tertsiaarõhu ventilaatorid hakkepuidu katla kõrval Põlva katlamajas.[20]

## 9.7

## 9.8 Suitsugaaside puhastamine

Suitsugaaside puhastamiseks lendtuhaast on katla suitsukäigule projekteeritud multitsüklon. Multitsükloni töö põhineb gaasivooluse keerisliikumisel – sellest ka seadme nimi (vt. sele 9.4). Suitsugaas siseneb multitsüklonisse tangentsiaalselt ning saab pöörleva liikumise mööda multitsükloni sisemist suitsukanalit liikudes. Tsentrifugaaljõud surub tuhaosakesed tsükloni seina äärde, kus nende liikumiskiirus aeglustub ning nad kukuvad raskusjõu toimele alla, koonilisse lehtrisse ning sealt tuhapunkrisse. Puhastatud suitsugaas eemaldatakse tsükloni sisemise silindri kaudu tema telje suunas.

Suitsugaaside puhastamise multitsükloni projekteerib, ehitab ning tarnib kohapeale katla valmistaja.

Multitsükloni parameetrid:

- tüüp MC-1500;
- tootlikkus 6120 m<sup>3</sup>/h;
- suitsugaaside kiirus 4,5 m/s;
- suitsugaaside suurim temperatuur 250°C.

## 9.9 Suitsugaaside ventilaator

Suitsugaaside ventilaatori eesmärk on hoida koldes hõrendust, et põlemisel tekkinud gaasid liiguksid läbi korstna atmosfääri. Suitsugaasiventilaatori eesmärk on tekitada hõrendus, mis ületaks gaasikäikude ja multitsükloni aerodünaamilise takistuse. Suitsuventilaatori täpne võimsus valitakse vastavalt kütuse põlemisel tekkinud suitsugaaside kogusele (vt. sele 9.4).

Suitsugaaside ventilaatorit käesoleva töö raames ei dimensioneeritud, see oli tellija poolt juba valitud.

Suitsugaaside ventilaatori tööparameetrid:

- suitsugaaside maksimaalne kulu 6300 m<sup>3</sup>/h;
- suitsugaaside maksimaalne temperatuur 250°C.



Sele 9.4. Komforts Kapak katlale paigaldatud multitsükolon (vasakul) ja suitsugaaside ventilaator (paremal) Reola katlamajas Tartumaal. [20]

## 10 KOKKUVÕTE

Käesoleva magistritöö üheks eesmärgiks oli ülevaatlikult tutvustada Eesti kaugkütte hetkeolukorda ning tuleviku perspektiive. Töö andis ülevaate tänasest olukorrast Eesti soojussektoris ning tutvustas kõige keerulisemaid olukordi. Võib öelda, et kõige raskem on väikestel kaugküttepiirkondadel, mille aastane müügiimaht jääb alla 50 000 MWh. Sellistes kohtades on tihtilugu kasutusel vanemat sorti katlad ning kütuseks maagaas või kütteõli. Kui vaadata kaugküttehinda nendes piirkondades ning võrrelda seda Eesti suuremate soojusvõrkudega, siis on selgelt näha, et väikestes piirkondades on kütte hind kallim. Kallima hinna põhjuseks on väike müügiimaht, kulukas kütus ning suhteliselt kõrged trassikaod. Selliseid piirkondi on Eestis mitmeid ning nende piirkondade korraldamata soojusmajandus mõjutab majanduslikult negatiivselt igat küttepiirkonnas asuvat tarbijat.

Praeguse keerulise olukorra parandamiseks on Eesti Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium välja tulnud omapoolsete muudatusettepanekutega kütusemajanduses. Vastavalt ENMAK 2030+ arengukavale muudetakse Kaugkütteseaduse sisu selliselt, et see motiveeriks just väikeste, alla 50 000 MWh müügiimahuga, võrgupiirkondade soojustootjaid ning soojusvõrgu valdajaid arendama soojusvarustussüsteeme ning innustaks neid investeerima uutesse süsteemidesse ja seadmetesse.

Soojusvarustussüsteemidesse investeerimise tulemusena rekonstrueeritakse Haljala katlamaja ning sinna paigutatakse uus hakkepuidul põhinev katel. Töö teises osas on käsitletud Haljala katlamaja hakkepuidu küttele üleviimiseks tehtud projekteerimistöid. Projekteerimistööde kirjeldamisel on käsitletud nii projekteerimisprotsessi ennast kui ka projekteerimistööde tulemusi, milleks on rekonstrueeritud katlamaja erinevad uued seadmed, uued torustikud, põhimõtteskeem, plaan, lõiked ning vaated.

Töö põhjal tekib ettekujutus tänasel päeval aktuaalsete hakkepuidu soojavee katelde planeerimise ning projekteerimise protsessidest.

Magistritöö on kirjutatud eesti keeles ning sisaldab teksti 77 leheküljel. Töö on jaotatud kaheksaks peatükiks ning muuhulgas sisaldab ühte põhimõtteskeemi ning seitset joonist.

## 11 SUMMARY

The objective of this thesis was to present an overview of current district heating situation and future prospects in Estonia. Work gave overall description about today's situation and introduced the most difficult problems to be solved in the future. It can be said that the most difficult district heating areas are district networks which annually sell less than 50 000 MWh of heat. Furthermore, in general most of these areas produce its' heat from natural gas or fuel oil. And if we take a look at the price of heat energy in those areas and compare them with bigger networks it is clear that heat energy price in those small areas is higher. The higher prices are due to small sales, expensive fuel and relatively high heat transfer losses. In Estonia, there are many such negative examples and unorganized district heating has a negative effect on every customer in district heating area.

Estonian MKM has come up with suggestions for changing fuel technology and economics to improve present complicated state of affairs. In accordance with ENMAK 2030+ development plan regarding district heating law will be reformed to motivate small (under 50 000 MWh sales capacity) heat producers and heat district heating system operators to develop heat supply systems and entuse them to invest into new systems and appliances.

As the result of investments in district heating supply systems Haljala boiler house is retrofitted a new furnace and boiler which is based on woodchips. The second part of thesis describes the designing of new woodchips based boiler and furnace to retrofit new boiler system. When describing designing process, the process itself is described but also results, new equipment, new pipelines, single line diagram, plan, sections and views are presented.

As reading the thesis the perception of process considering the planning and the designing of woodchips burning in hot water boilers should come clear.

The thesis is in Estonian and it contains 77 pages of text. Thesis has been divided into 8 chapters and includes 1 single line diagram, and 7 technical drawings.

## 12 KASUTATUD KIRJANDUS

1. Soojustehnika Instituut, Haljala aleviku soojusmajanduse arengukava aastateks 2013 – 2020: uurimustöö. Tallinn, Haljala, Tallinna Tehnikaülikool, 2012 – 2013.
2. Maaameti kaardirakendus [WWW] <http://xgis.maaamet.ee/xGIS/XGis> (20.04.2015)
3. Soojuse piirhinna kooskõlastamise põhimõtted [WWW] <http://www.konkurentsiamet.ee/index.php?id=18306> (03.05.2015)
4. Kaugkütteseaduse seaduseelnõu sisukokkuvõte [WWW] <http://eelvoud.valitsus.ee/main#UGkxiti9> (25.04.2015)
5. Soojustehnika Instituut. Tehniline ja majanduslik hinnang vedelkütustel töötavate katlajamade üleviimiseks veeldatud maagaasi kasutamisele. Tallinn, Tallinna Tehnikaülikool, 2012
6. Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium. ENMAK 2030+ Eesti energiamajanduse arengukava aastani 2030. Tallinn, Majandus- ja Kommunikatsiooniministeerium
7. Soojusmajanduse arengusuunad, Energiatalgute koduleht [WWW] [http://www.energiatalgud.ee/index.php?title=ENMAK\\_2030.\\_Soojusmajanduse\\_stsenariumid](http://www.energiatalgud.ee/index.php?title=ENMAK_2030._Soojusmajanduse_stsenariumid) (25.05.2015)
8. Statistikaameti andmebaas [WWW] [http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Majandus/02Energeetika/02Energia\\_tarbimine\\_ja\\_tootmine/01Aastastatistika/01Aastastatistika.asp](http://pub.stat.ee/px-web.2001/Database/Majandus/02Energeetika/02Energia_tarbimine_ja_tootmine/01Aastastatistika/01Aastastatistika.asp) (25.05.2015)
9. Statistikaameti andmebaas [WWW] [http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=KE043&ti=KATLAD+JA+NENDE+TOODETUD+SOOJUS+KATLA+LIIGI+J%C4RGI&path=../Database/Majandus/02Energeetika/02Energia\\_tarbimine\\_ja\\_tootmine/01Aastastatistika/&lang=2](http://pub.stat.ee/px-web.2001/Dialog/varval.asp?ma=KE043&ti=KATLAD+JA+NENDE+TOODETUD+SOOJUS+KATLA+LIIGI+J%C4RGI&path=../Database/Majandus/02Energeetika/02Energia_tarbimine_ja_tootmine/01Aastastatistika/&lang=2) (13.05.2015)
10. Vares, V., Kask, Ü., Muiste, P., Pihu, T., Soosaar, S. Biokütuse kasutaja käsiraamat. Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2005
11. Elering AS kodulehekülg [WWW] <http://gaas.elering.ee/wp-content/uploads/2015/06/Maagaasi-kvaliteeditunnistus-mai-2015.pdf#redirected> (20.05.2015)

12. HeatConsult OÜ töö nr. 14-143, Tapa linna kaugküttepiirkonna soojusmajanduse arengukava aastateks 2014 – 2026, Tallinn, 2014
13. AS Tootsi Turvas kodulehekülj [WWW] <http://www.vapo.ee/wp-content/uploads/2013/07/hakkepuit.jpg> (12.05.2015)
14. Diislikeskus kodulehekülj [WWW] <http://www.diislikeskus.ee/images/graanul8mm16kgl.jpg> (12.05.2015)
15. Paist, A., Plamus, K. Lokaalkatlamajad. Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2013
16. Paist, A. Kütused ja põlemine, II osa, Loengukonspekt. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2007
17. Oilion OY kodulehekülj [WWW] [http://oilon.com/uploadedFiles/Oilon/Materials/Oilon\\_3\\_EN.pdf](http://oilon.com/uploadedFiles/Oilon/Materials/Oilon_3_EN.pdf) (10.05.2015)
18. HeatConsult OÜ asutusesisesed materjalid
19. Eesti Standardikeskus [WWW] <http://www.evs.ee/Standardimine/Standardimine/tabid/79/Default.aspx> (04.06.2015)
20. Klevtsov, I. Tööstustorustikud ja kaugküttevõrgud. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2014
21. Riigiteataja kodulehekülj [WWW] <https://www.riigiteataja.ee/akt/104072013008> (03.05.2015)
22. Klevtsov, I. Soojuselektrijaamad. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikool, 2014
23. Paist, A., Poobus, A. Soojusgeneraatorid. Tallinn: TTÜ Kirjastus, 2008
24. HeatConsult OÜ töö nr. 15-028, Haljala katlamaja rekonstrueerimine ja osaline hakkepuidu küttele üleviimine TÖÖPROJEKT, Tallinn, 2015
25. Danfoss kodulehekülj [WWW] <http://products.danfoss.com/productrange/list/heatingsolutions/plate-heat-exchangers/brazed-heat-exchangers-with-1-pass/xb-70-h-l-m-1-pass-/> (04.05.2015)
26. Soojustehnika Instituut, konspekt õppeaines Kompresormasinad, Tallinn, 2015
27. KSB kodulehekülj [WWW] [http://www.ksb.com/ksb-en/Products\\_and\\_Services/Water/water\\_transport/Movitec/](http://www.ksb.com/ksb-en/Products_and_Services/Water/water_transport/Movitec/) (04.06.2015)
28. Eurowater kodulehekülj [WWW] [www.eurowater.com](http://www.eurowater.com) (29.04.2015)
29. Komforts kodulehekülj [WWW] <http://www.komforts.lv/about-company/shortly/> (03.06.2015)



30. Komforts, Moving carte furnace with hot-water boiler and multi+cyclone tehcnical spefication, Tukums, 2015
31. Klimats24 kodulehekūlg [WWW]  
[http://www.klimats24.lv/uploads/file/product\\_series/CMTCMB.pdf](http://www.klimats24.lv/uploads/file/product_series/CMTCMB.pdf) (24.04.2015)

## LISA 1 - HALJALA KATLAMAJA PÕHIMÖTTESKEEM

## LISA 2 – HALJALA KATLAMAJA ASENDIPLAAN

## LISA 3 – KATLAMAJA LÕIGE 1 – 1

## LISA 4 – KATLAMAJA LÕIGE 2 – 2

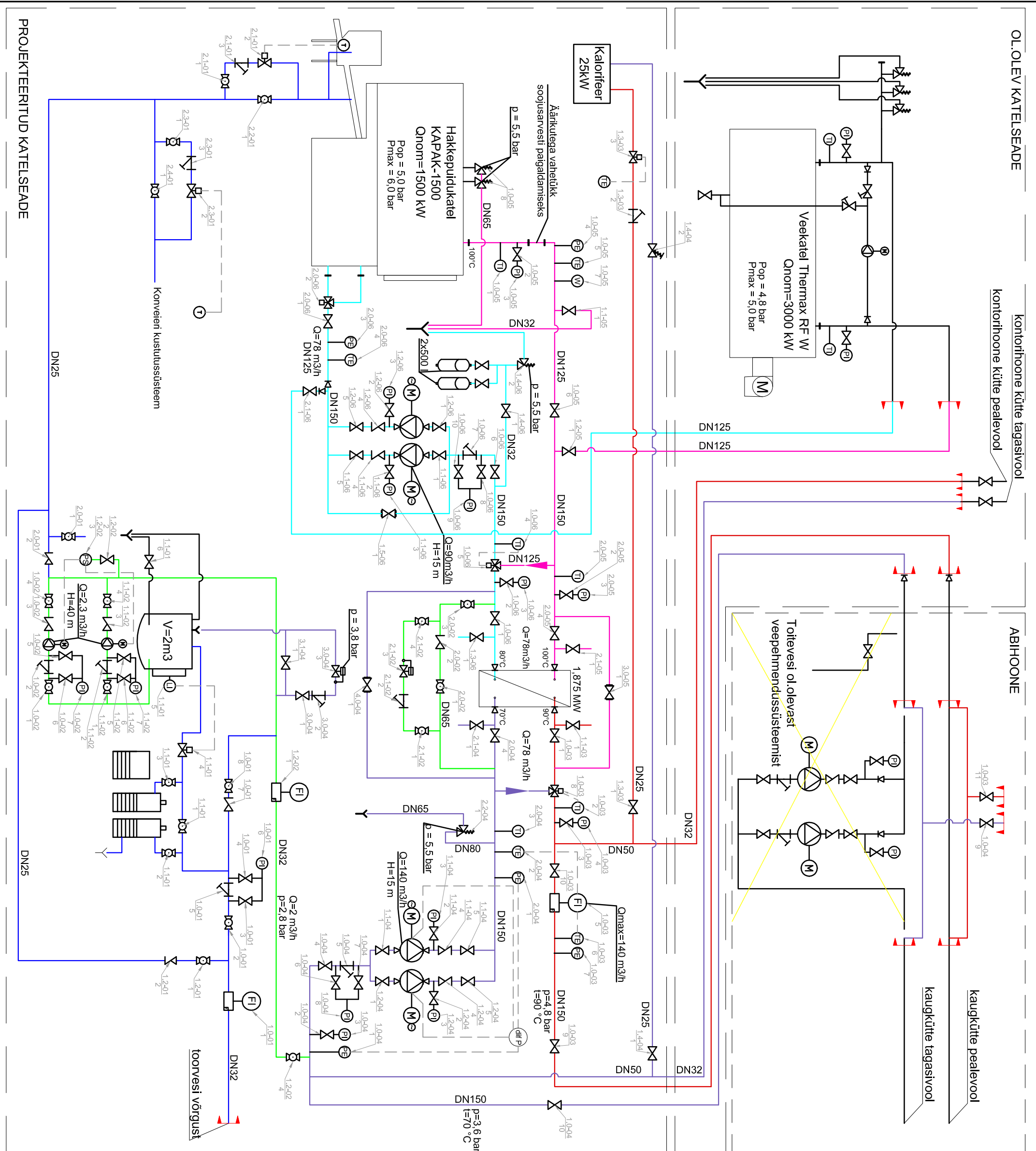
## LISA 5 – KATLAMAJA VAADE 1

## LISA 6 – KATLAMAJA VAADE 2

## LISA 7 – KATLAMAJA VAADE 3



## LISA 8 – KATLAMAJA VAADE 4

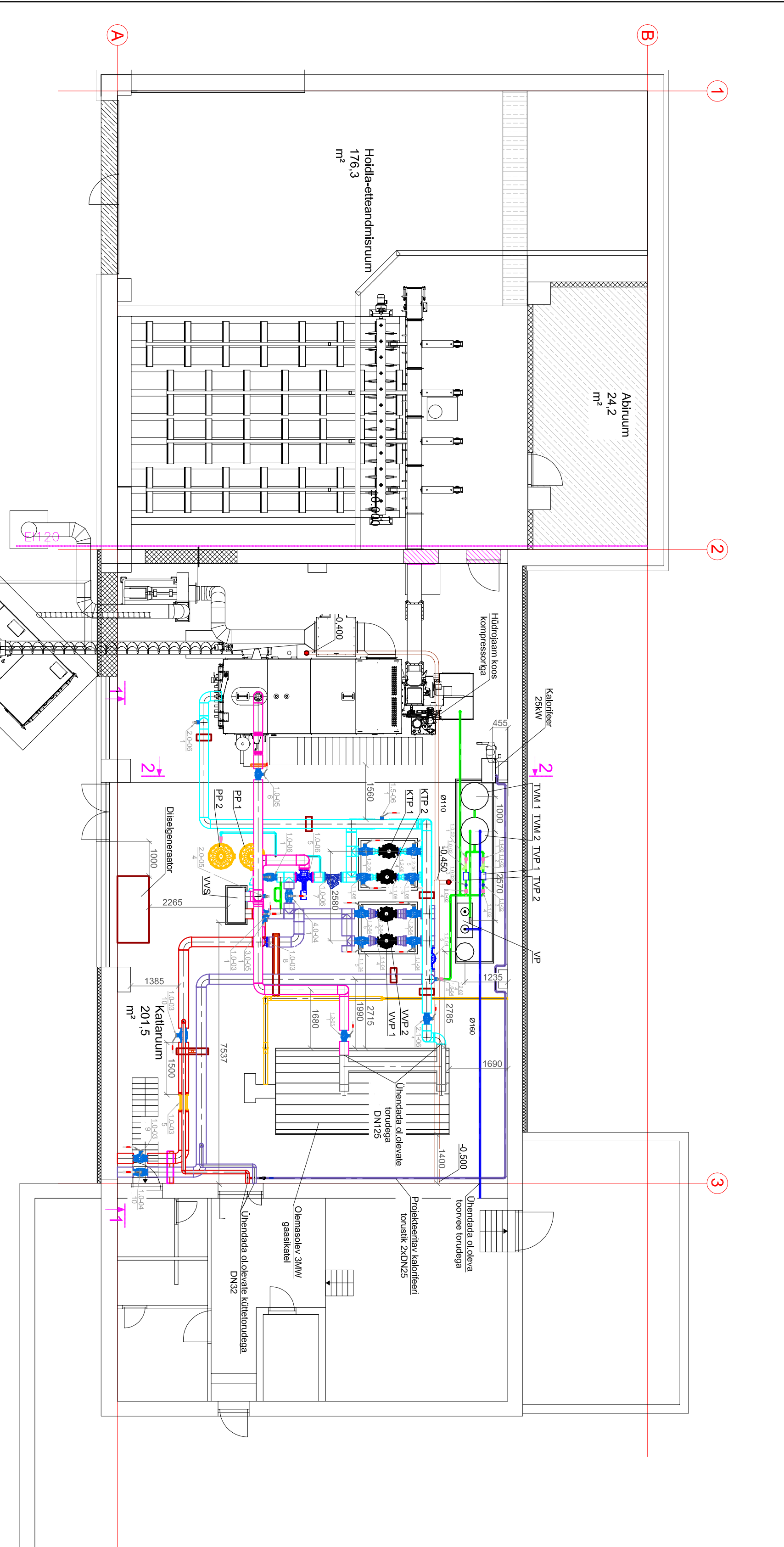


**TINGMÄRGID**

- SULGVENTILL
- TSENTRIFUGAALPUMP ELEKTRIMOOTORIGA
- KULUMOOTJA
- TERMOMEETER
- TEMPERAATUURI ANDUR
- MANOMEETER SULGVENTILLIGA
- RÕHUANDUR
- TERMOMEHAANILINE ANDUR
- TASEMEANDUR
- KAITSEKLAPP
- FILTER
- AJAMIGA 3-TEE VENTILL
- ISETOIMELINE RÕHUREGULAATOR
- PROJEKTEERIMISPIIR
- AJAMIGA SULGVENTILL
- LIKVIDEERITAV OSA
- OLEMASOLEV TORUSTIK
- TOORVESI
- TÕDEDELUD VESI
- PEALEVOOL KAUGKÜTTEVÕRKU
- TAGASIVOOOL KAUGKÜTTEVÕRGUST
- PEALEVOOL SOOJUSVAHETISSE
- TAGASIVOOOL SOOJUSVAHETIST

- SAGEDUSMUNDUR
- KULIVENTILL
- TAGASIVOOÕÕGIKLAPP
- ÄÄRIK
- RÕHURELEE

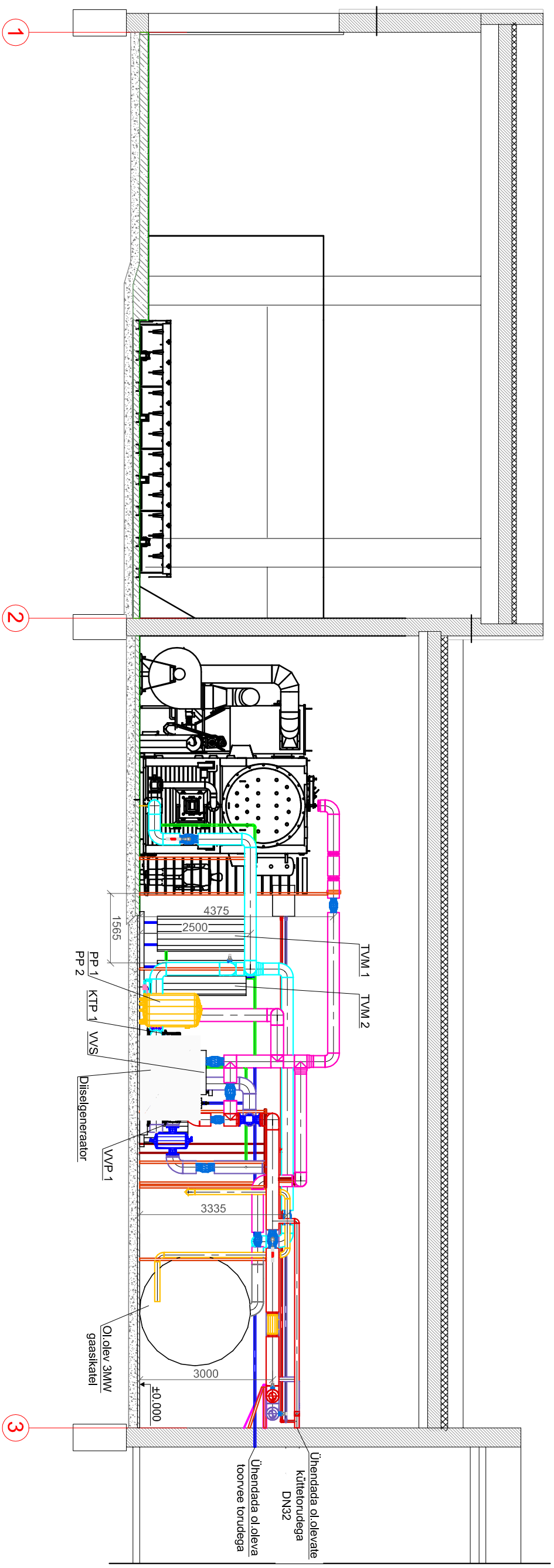
...	...	...	...	...
KUUPÄEV	MUUDATUSE NR.	TEOSTAS	ALLKIRI	...
		Muudatuse kirjeldus MUUDATUSE KIRJELDUS		
HeatConsult OÜ	T'elike	Magma AS	Objekti asukoht:	15-028
reg. nr 12049862	11412 Tallinn	Puuvilla 19, Tallinn	RAKVERE MNT 11, HALJALA ALEVIK, HALJALA VA	Lehti nr: TH-1
Käesoleva 63.1.114.12 Tallinn	reg. nr 10168672	reg. nr 372 59 60 39 99	reg. nr 372 681 15401	Standard: TP
tel: +372 59 60 39 99	info@heatconsult.ee	info@heatconsult.ee	e-mail: info@magmas.ee	Moodulaar:
Insener: J. Saarnik	25.05.2015	25.05.2015	25.05.2015	...
Kontrollis: A. Lehtvanov				
Fail: 15-028-TH-1-Skeem.dwg				...
HALJALA KATLAMAJA REKONSTRUEERIMINE J/ OSALINE HAKKEPUJUDU KÜTTELE ÜLEVIMINE				Põhimoeteskem



### TINGMÄRGID


- TOORVESI
- TOODELUD VESI
- PEALEVÕOL SOOJUSVAHETISSE
- TAGASIVÕOL SOOJUSVAHETISST
- PEALEVÕOL KAUGKÜTTEVÕRKU
- TAGASIVÕOL KAUGKÜTTEVÕRGUIST
- PROJEKTEERITAV KANALISATSIOONITORU
- OLEMASOLEV GAASITRASS
- KANALISATSIOONI TRAPP
- PROJEKTEERITAV TUGIPOST
- PROJEKTEERITAV TUGI - KONSOOL

KÜPJALEV / MUUDATUSE NR: TESTOSTAS	ALLVIRI	MUUDATUSE KIRJELDUS		
15-028	TH-2-1	TP	1:100	
<p><b>HeatConsult</b></p> <p>HeatConsult OÜ                  reg. nr 12086822   aadress: Pärnu 10, Tallinn                  tel. +372 56 00 30 80   fax: +372 601 9041                  email: info@heatconsult.ee</p> <p>Müüja AS                  Rakvere NMT 11, HALJALA ALEVIK, HALJALA VALD,                  LÄÄNE-VIRU MAAKOND</p> <p>159. arvestik                  HALJALA KATLAMAJA REKONSTRUEERIMINE JA                  OSALINE HÄKKEPÜJDU KÜTTELE ÜLEVIMINE</p> <p>23.05.2015                  23.05.2015</p> <p>Järelteeni nimetus:                  HALJALA KATLAMAJA ASENDIPLAAN</p>				



## TINGMÄRGID

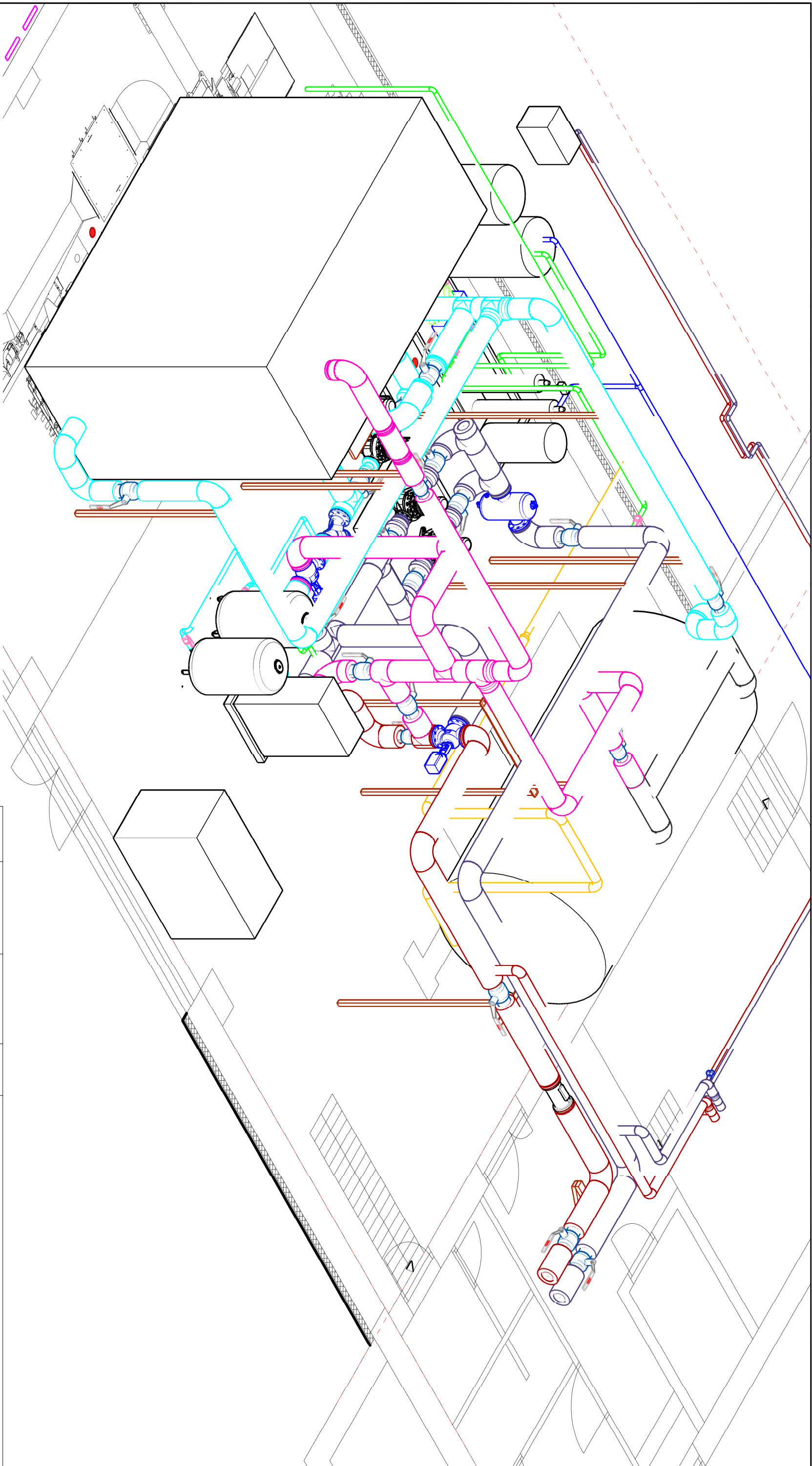
- TOORVESI
- TÕODELUD VESI
- PEALEVool SOOJUSVAHETISSE
- TAGASIVool SOOJUSVAHETIST
- PEALEVool KAUGKÜTTEVÕRKU
- TAGASIVool KAUGKÜTTEVÕRGUST
- OLEMASOLEV GAASITRASS


...	...	...	...	...
KUPÄEV	MUUDATUSE NR.	TEOSTAS	ALLKIRI	...
				
HeatConsult OÜ reg. nr 12049862 Käesoleva e-31, 1412 Tallinn Kesklinna linnaosa, Põhja-Tallinna linnaosa, aadressil info@heatconsult.ee		Tallinn Puuville 19, Tallinn reg. nr 10168672 Kesklinna linnaosa, Kesklinna linnaosa, aadressil e-mail: info@magnum.ee		
Insener	J. Saarnik	25.05.2015	Töö nimetus: HALJALA KATLAMAJA REKONSTRUEERIMINE JA OSALINE HAKKEPUUDU KÜTTELE ÜLEVIIKIMINE	
Kontrollis	A. Ledvanov	25.05.2015	Joonise nimetus: LÕIGE 1-1	
Faill	15-028 TH-2	Kallimaaja plaan ja vaated.dwg		

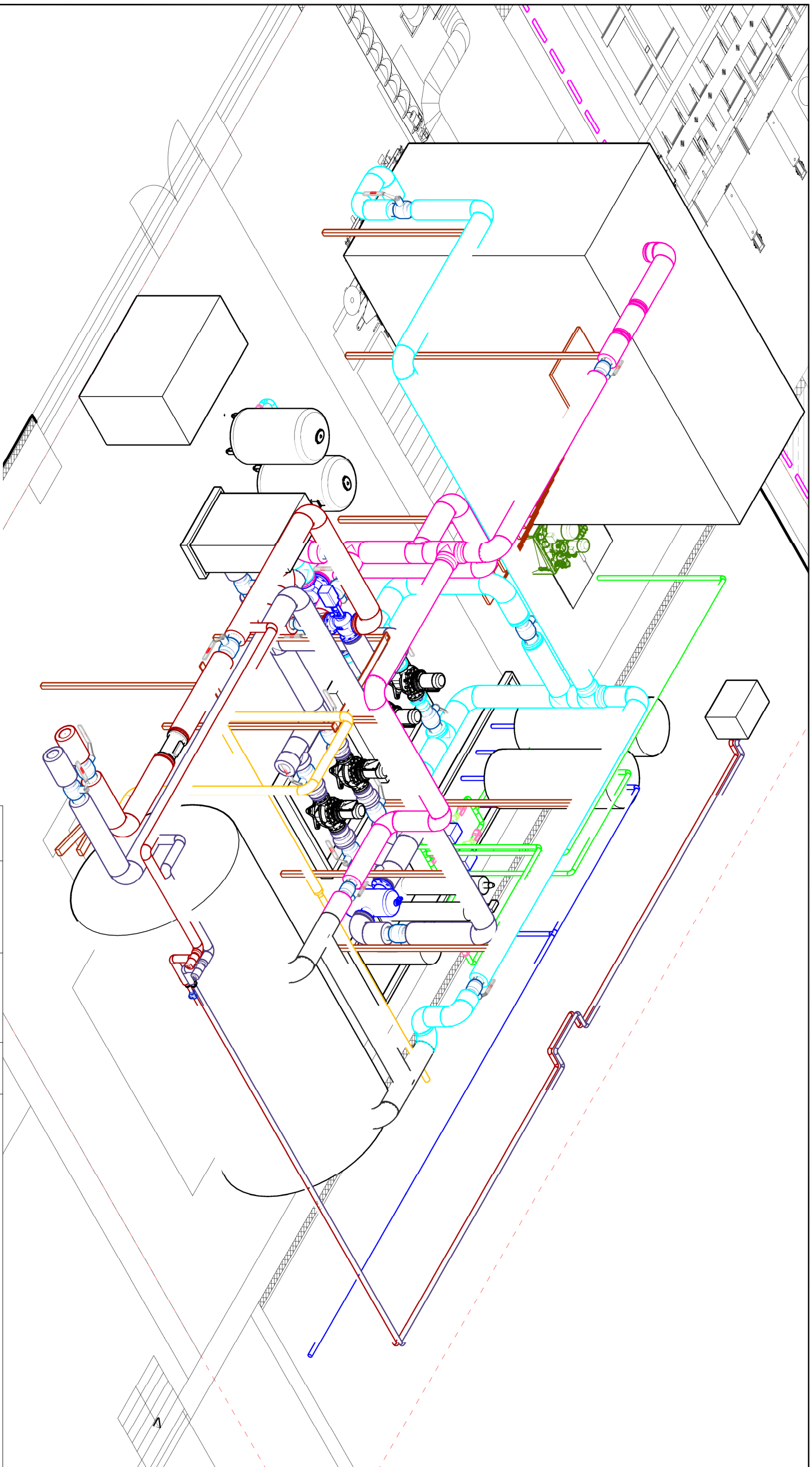
MUUDATUSE KIRJELDUS		Töö nr:	Lehti nr:	Standard:	Maastik:
		15-028	TH-2.2	TP	1:100








...	...	...	...	...	...
KUUPÄEV	MUUDATUSE NR.	TEOSTAS	ALLKIRI	MUUDATUSE KIRJELDUS	
 <b>HeatConsult</b>		HeatConsult OÜ reg. nr 12049882 Kätsepärgi 6-31, 11412 Tallinn tel: +372 58 00 39 89 info@heatconsult.ee	Tellija: Magma AS Puuvilla 19, Tallinn reg. nr 10168872 tel: +372 6619401 e-mail: info@magma.ee	Töö nr:	15-028
Inseener	J. Saarilt	25.05.2015	Objekt asukoht: RAKVERE MNT 11, HALJALA ALEVİK, HALJALA VALD, LÄÄNE-VIRU MAAKOND		
Kontrollis	A. Ledvanov	25.05.2015	Töö nimetus: HALJALA KATLAMAJA REKONSTRUEERIMINE JA OSALINE HAKKEPUIDU KÜTTELE ÜLEVIMINE		
Fail		15-028 TH-3 Katlamaja.dwg	Joonise nimetus:		
			3D VAADE 1		

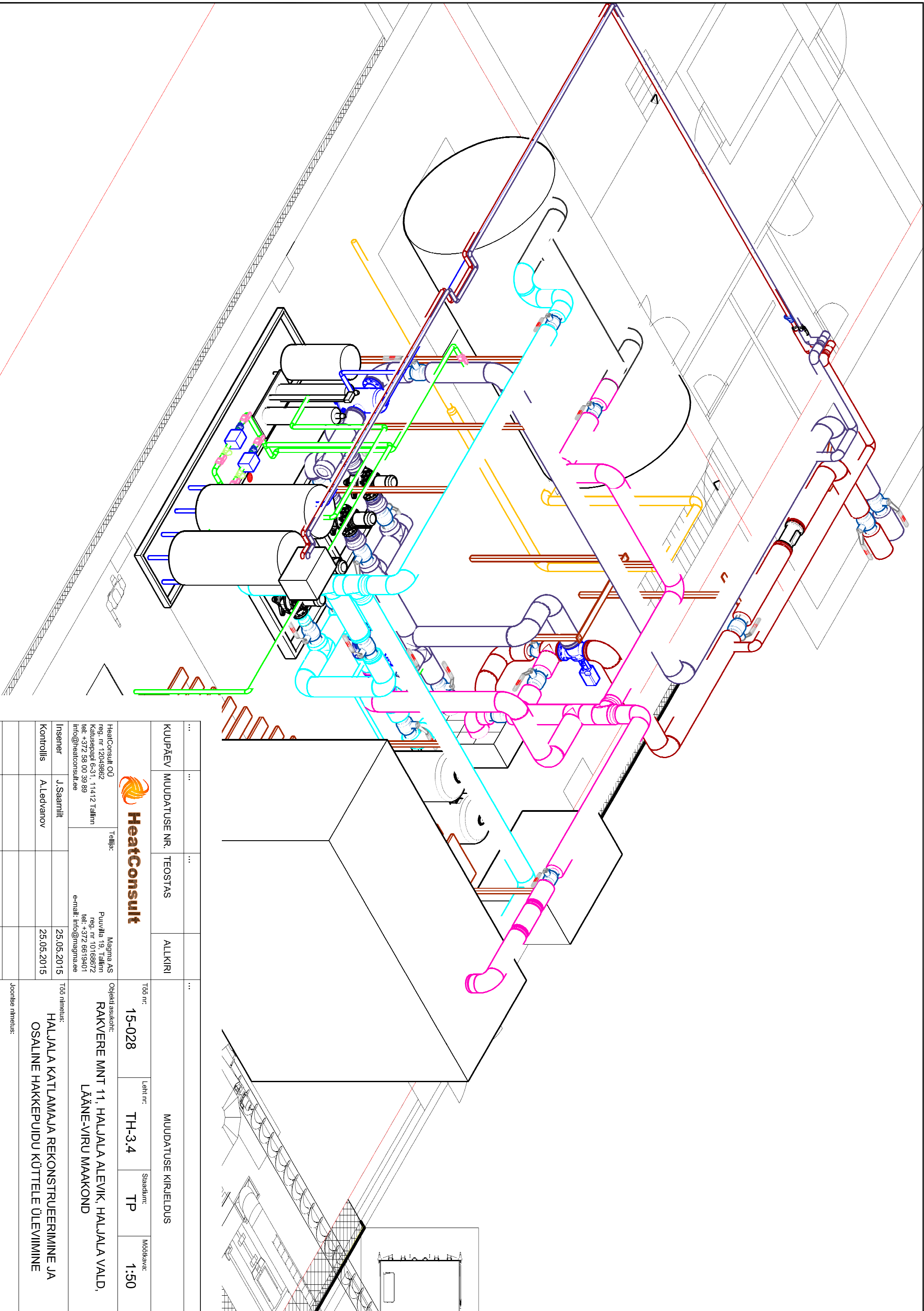



...	...	...	...	...
KUUPÄEV	MUUDATUSE NR.	TEOSTAS	ALLKIRI	...
 <b>HeatConsult</b>		Muudatus kirjeldus:		
HeatConsult OÜ reg. nr 12049882 Kärsseppa tä 3-1, 11412 Tallinn tel: +372 58 00 39 89 info@heatconsult.ee	Tellijä: Magma AS Puuville 19, Tallinn reg. nr 10168672 tel: +372 6619401 e-mail: info@magna.ee	Töö nr: <b>15-028</b>	Lehti nr: <b>TH-3.2</b>	Saadlunn: <b>TP</b>
Inseener Kontrollis	J. Saarimägi A. Ledvanov	25.05.2015 25.05.2015	Objekt asukoht: <b>RAKVERE MNT 11, HALJALA ALEVİK, HALJALA VALD,                  LÄÄNE-VIRU MAAKOND</b>	
Töö nimetus: <b>HALJALA KATLAMAJA REKONSTRUEERIMINE JA OSALINE HAKKEPUIDU KÜTTELE ÜLEVIMINE</b>		Joonise nimetus:		
Fail		15-028 TH-3 Katlamaja.dwg		
		<b>3D VAADE 2</b>		









...	...	...	...	...
KUUPÄEV	MUUDATUSE NR.	TEOSTAS	ALLKIRI	...
 <b>HeatConsult</b>				
HeatConsult OÜ reg. nr 12049882 Kätuseppa tä 3-1, 11412 Tallinn tel: +372 58 00 39 89 info@heatconsult.ee		Tellis: Magma AS Puuvilla 19, Tallinn reg. nr 10168872 tel: +372 6619401 e-mail: info@magna.ee		
Inseener	J. Saarilt	25.05.2015	Töö nimetus:	
Kontrollis	A. Ledvanov	25.05.2015	HALJALA KATLAMAJA REKONSTRUEERIMINE JA OSALINE HAKKEPUIDU KÜTTELE ÜLEVIIMINE	
Joonise nimetus:		3D VAADE 4		
Fail	15-028 TH-3 Katlamaja.dwg			