



TALLINNA TEHNIKAÜLIKOOL
MEHAANIKATEADUSKOND

Soojustehnika instituut

Soojusjõuseadmete õppetool

MSJ40LT

Kertu Põld

**SOOJUSE AKUMULATSIOONIPAAKIDE
KASUTAMISE VÕIMALUSED
PAIKUSE KAUGKÜTTEVÕRGU SUVISE TÖÖ
EFEKTIIVSUSE TÕSTMISEKS**

Bakalaureusetöö

Autor taotleb
tehnikateaduste bakalaureuse
akadeemilist kraadi

Tallinn
2014

AUTORIDEKLARATSIOON

Deklareerin, et käesolev lõputöö on minu iseseisva töö tulemus.

Esitatud materjalide põhjal ei ole varem akadeemilist kraadi taotletud.

Töös kasutatud kõik teiste autorite materjalid on varustatud vastavate viidetega.

Töö valmis Aleksandr Hlebnikovi juhendamisel

“.....”.....2014 a.

Töö autor

..... allkiri

Töö vastab bakalaureusetööle esitatavatele nõuetele.

“.....”.....2014 a.

Juhendaja

..... allkiri

Lubatud kaitsmisele.

Soojusenergeetika õppekava kaitsmiskomisjoni esimees

“.....”.....2014 a.

..... allkiri

TTÜ soojustehnika instituut
Soojusenergeetika õppetool

BAKALAUREUSETÖÖÜLESANNE

2014. aasta kevadsemester

Üliõpilane: Kertu Pöld, 112520
Õppekava: Soojusenergeetika
Eriala: Soojusenergeetika
Juhendaja: dotsent Aleksandr Hlebnikov
Konsultandid: Vadim Nogtev soojustehnikainsener 56686539

BAKALAUREUSETÖÖ TEEMA:

Soojuse akumulatsioonipaakide kasutamise võimalused Paikuse kaugküttevõrgu suvise töö efektiivsuse tõstmiseks

Opportunities for the use of heat accumulation tanks in Paikuse district heating network to improve the efficiency of network in summer

Lõputöös lahendatavad ülesanded ja nende täitmise ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Täitmise tähtaeg
1.	Ülesande püstitus	20.02.14
2.	Teooria osa materjali kogumine, tõlkimine	31.03.14
3.	Paikuse alevi soojuse genereerimist ja tarbimist puudutavate andmete kogumine	15.04.14
4.	Akumulatsioonipaagi suuruse arvutamine, majanduslik analüüs	10.05.14
5.	Vormistamine, trükkimine, köitmine	20.05.14

Lahendatavad insenertehnilised ja majanduslikud probleemid:

Soojus akumulatsioonipaakide kasutamise võimalused ning Paikuse katlamajja sobiva lahenduse leidmine, et muuta soojusvõrgu suvist töö efektiivsemaks ning selle majanduslik analüüs.

Töö keel: eesti

Kaitsmistaotlus esitada hiljemalt 14.05.2014

Töö esitamise tähtaeg 03.06.2014

Üliõpilane Kertu Pöld /allkiri/

kuupäev.....

Juhendaja Aleksandr Hlebnikov /allkiri/

kuupäev.....

SISUKORD

EESSÕNA.....	6
1 SISSEJUHATUS	7
2 TÖÖ TEOREETILISED ALUSED.....	8
2.1 Soojuse salvestamine	8
2.1.1 Koormuse nihutamine.....	9
2.1.2 Lühiajalise soojuse hoiustamise ühendusskeemid.....	10
2.2 Akumulatsioonipaak biokütusega köetavas süsteemis	14
3 PAIKUSE ALEVI SOOJUSVARUSTUS.....	16
3.1 Paikuse alevi soojusvõrgu kirjeldus.....	16
3.2 Paikuse alevi katlamaja kirjeldus.....	18
4 AKUMULATSIOONIPAAGI SUURUSE ARVUTAMINE JA VALIK.....	22
4.1 Akumulatsioonipaagi mahu arvutamine	23
4.2 Paagi välisjahtumiskadude arvutamine.....	26
4.3 Majanduslik mõju	30
4.4 Võimalik lahendus Paikuse alevis.....	32
5 KOKKUVÕTE	33
6 SUMMARY	35
7 KASUTATUD KIRJANDUS.....	37
LISAD	38
Lisa 1. Seljametsa küla katlamaja tehnoloogiline ühendusskeem.....	38

JOONISTE JA TABELITE LOETELU

Tabel 4.1 Erinevas suuruses paakide arvutustulemuste võrdlus	29
Tabel 4.2 Olukord 2013 aasta suvel 18.05-19.09.2013.....	30
Tabel 4.3 Olukord akumulatsioonipaagiga 2013 aasta suvel 18.05-19.09.2013.....	31
Tabel 4.4 Lihttasuvusaeg.....	31

Graafik 3.1 Koormusgraafik	19
Graafik 3.2 Kütuste kasutamine soojuse genereerimisel kuude lõikes	20
Joonis 2.1 Osaline soojuskoormuse nihutamine	9
Joonis 2.2 Survestatud akumulatsioonipaak.....	11
Joonis 2.3 Atmosfäärirõhuga akumulaator.....	12
Joonis 2.4 Avatud võrgurõhuga akumulaator	14
Joonis 3.1 Paikuse kaugküttevõrgu kaevisel ristlõige.....	16
Joonis 3.2 Foto Paikuse soojusvõrgu rekonstrueerimisest.....	17
Joonis 3.3 Gilles HPKI-R 1200 puiduhakkekatel	18
Joonis 3.4 Foto Kiviõli-80 katel + Armikas graanulipõleti 1 MW	19
Joonis 3.5 Foto 350 m ³ hakkelaos põrandal olev kraaptrasportöör	21
Joonis 4.1 Akumulatsioonipaagi läbilõige	26

EESSÕNA

Lõputöö teema valikul sai uuritud SW Energia OÜ'lt, et kas neil võib-olla leidub mõni probleem, mis vajaks lahendamist ning sobiks ühtlasi ka bakalaureuse töö teemaks. Ilmnes, et ettevõtte töötajad parasjagu murravad pead akumulatsioonipaakide optimaalsete paigaldusskeemide ja suuruse valiku üle ning pakkusid mulle sama teemat uurida ka lõputööna. Võtsin SW Energia poolt pakutud teema hea meelega vastu, kuna teema tundus huvitav ja aktuaalne. Lisaks teoreetilisele osale mõtlesin, et oleks huvitav ka läbi viia mõned praktilised arvutused, mille käigus, siis valida juba olemasolevale katlamajale sobivas suuruses akumulatsioonipaak ning ka pakkuda välja optimaalne ühendamisskeem. Katlamajaks sai valitud Pärnumaal Paikuse alevis asuv SW Energia katlamaja.

Lisaks juhendajale Tallinna Tehnikaülikooli dotsent Aleksandr Hlebnikovile aitas täiendava informatsiooniga SW Energia OÜ töötaja Vadim Nogtev. Samuti kõik algandmed, mis puudutavad Paikuse katlamaja erinevaid tehnilisi andmeid, tarbijaid, soojusvõrgu parameetreid ja andmed pärinevad Vadim Nogtevilt. Lisaks sain mõned huvitavad teadmised akumulatsioonipaakide kohta Vadim Nogtevilt, kes on antud teemaga lähemalt kokkupuutunud.

Töö autorina sooviksin tänada kõiki, kes andsid oma panuse lõputöö valmimise protsessis.

1 SISSEJUHATUS

Antud lõputöö uurib soojuse salvestamise võimalusi akumulatsiooni abil. Töö esimeses osas on välja toodud erinevad akumulatsioonipaakide ühendamise võimalused ning lühiülevaade sellest, mis mõju omab akumulatsioonipaagi ühendamine soojusvõrku, mille soojusallikaks on puidukatel.

Antud lõputöö peamiseks eesmärgiks on leida Paikuse alevi katlamajja sobiv lahendus suviseks perioodiks, et oleks võimalik kasutada suvel sooja vee tootmiseks hakkpuitu, mis on märkimisväärselt odavam kütus, kui seda on tänaseni suviti Paikusel kasutatav maagaas. Üheks võimalikuks ning odavaimaks lahenduseks on paigaldada olemasoleva katlamaja juurde akumulatsioonipaak. Töö teises osas on sooritatud vajalikud arvutused, et leida sobivas suuruses akumulatsioonipaak, mis oleks võimeline hoiustama suvise tarbimise jaoks vajalikku soojust. Võrreldakse kolme erineva mahuga akumulatsioonipaagi arvutustulemusi.

Pärast sobiliku mahu leidmist on võimalik prognoosida ka võimalikku investeeringut, mis on vajalik teha paagi paigaldamiseks ning lisaks on võimalik välja arvutada ka suvine rahaline kokkuhoid, kui kütusena kasutatakse maagaasi asemel biokütust. Lõpuks pakutakse välja Paikuse jaoks üks võimalikest sobivatest lahendustest ning analüüsitakse ka selle tasuvusaega.

2 TÖÖ TEOREETILISED ALUSED

2.1 Soojuse salvestamine

Ulatuslikku soojuse salvestamist saab jagada kaheks :

- hooajaline soojuse salvestamine
- lühiajaline salvestamine [1]

Hooajaline salvestamine on alles arengufaasis, kuna hõlmab enamasti päikeselt tuleneva soojuse salvestamist, kuid Eesti geograafilise asukoha tõttu ei ole päikeseenergia laialt levinud ning seega on ka päikeselt saadava soojuse salvestamine vähe uuritud. Tihti pole aga kahe erineva salvestamisviisi vahel kindlaid piire, kuna suuri mahuteid, mida kasutatakse suurtes võrkudes lühiajaliseks soojuse salvestamiseks, on võimalik kasutada väiksemates süsteemides hooajalise soojuse salvestamiseks.

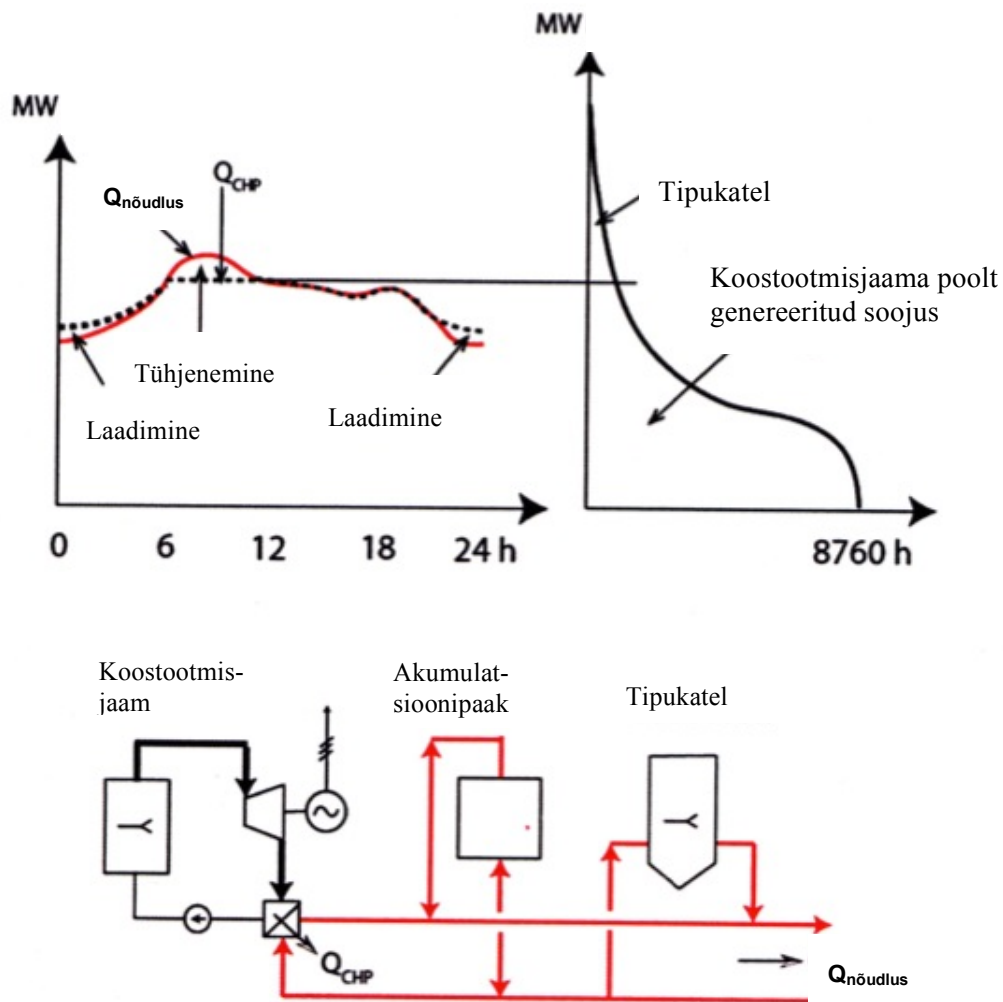
Lühiajalise salvestamise eesmärgiks on:

- lükata koormused tiptunnilt neile tundidele, kui koormus on väiksem
- varuda hetkeline soojus tagavaraks (juhaks, kui tarbimine äkitselt muutub ning seadmed ei ole võimelised sellele koheselt reageerima)
- vältida kahjumit, mis on seotud seadme tiheda käivitamise ja seiskamisega
- tõsta elektri väljundvõimsust koostootmisjaamas [1]

Kõige sagedamini kasutatakse soojuse hoiustamiseks keskmahuteid, mis paigaldatakse soojusseadmete vahetusse lähedusse. Tegelikult suudab ka soojusvõrk mingil määral soojust hoiustada, kuid selliselt salvestatud soojuse kasutamine ei ole nii paindlik, võrreldes akumulatsioonipaagis salvestatud soojuse kasutamisega. [1]

2.1.1 Koormuse nihutamine

Joonisel 2.1 on kujutatud lühiajalist koormuse nihutamist kaugkütte süsteemis. Joonisel on näidatud ainult osaliselt tipukoormuse nihet.



Joonis 2.1 Osaline soojuskoormuse nihutamine [1]

Osalise koormuse nihutamine on vaja, et vältida (niipalju kui võimalik) tipukatla töötamist ning sellega kaasnevaid kulusid. Joonisel 2.1 üleval vasakul on näha päevase tarbimise mustrit, kus on näidatud ka hommikune tiputarbimine. Parempoolne joonis kujutab aastast soojuskoormusgraafikut. [1]

Ilmneb, et soojuse salvestamiseks mõeldud akumulatsioonipaake laetakse enne eeldatavat tippnõudlust madala koormuse ajal, kuid seda on võimalik teha ainult juhul, kui sarnane

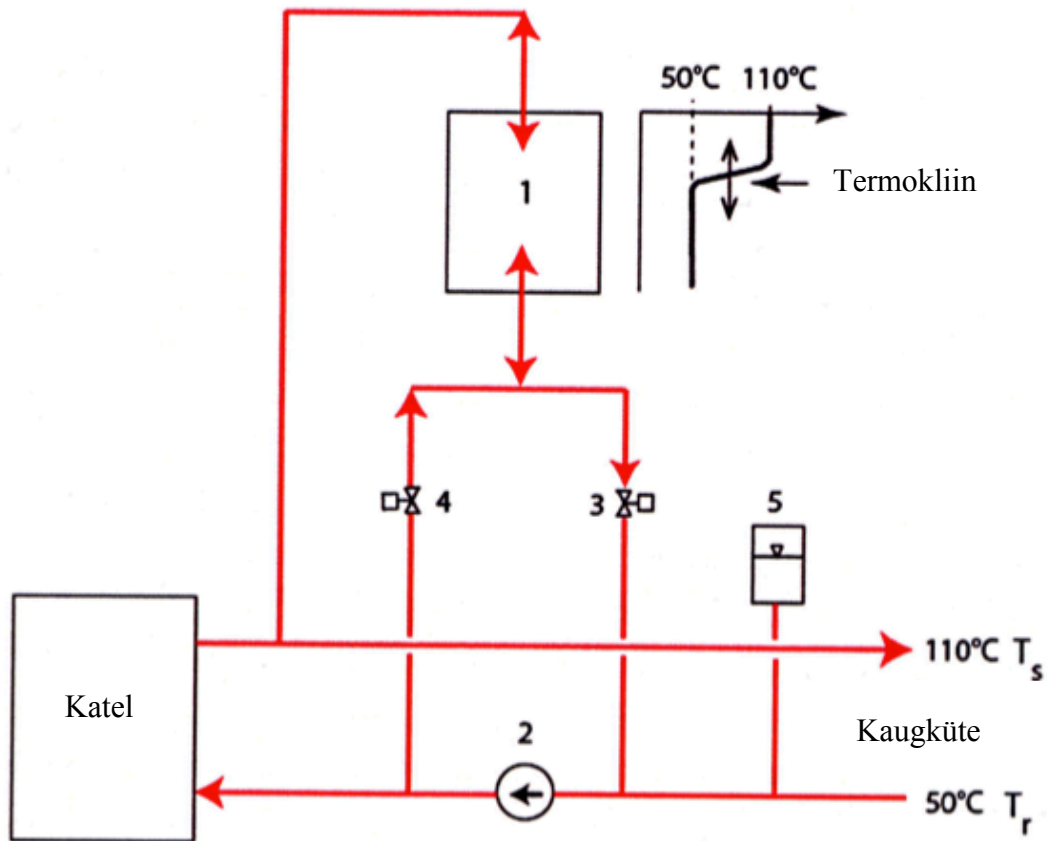
muster kordub tarbimises päevast-päeva, sest ainult sellisel juhul saab olla kindel, millal tipptarbimine täpselt aset leiab ning kui suur nõudlus sel hetkel täpselt on. [1]

Joonisel 2.1 paremal on näha soojuskoormuse kestvusgraafikut, kus horisontaalne joon näitab maksimaalset võimalikku koostootmisjaama sooja tootlikkust, pakkudes soojust madalamate jooksvate kuludega, kui seda on võimalik genereerida ainult sooja tootvate kateldega. Nagu näha, siis koormusgraafikul näidatakse eelkõige seda, et 24-tunnise tsükliga on võimalik hoiustada piisavalt soojust, et võimalik on vältida katla töötamist ööpäeva jooksul täielikult. Kesktalvel, kui paagi soojuslik mahutavus väheneb, pole võimalik 24-tunnise tsükliga mahutada nii palju sooja, et oleks võimalik vältida katla töötamist terve ööpäeva vältel, kuid sellegi poolest vähenevad akumulatsioonipaagiga kütmisega seonduvaid üldkulud. [1]

Tipukoormuse nihutamine on ka kasulik, sest tipu elektri hind langeb kokku enamasti ajaga, kui sooja tarbimine on kõige suurem. Sellisel juhul on võimalik toota elektrit võrku, kui elektri hind on parasjagu turul kõrgeim ning vajaliku soojuste saavad tarbijad akumulatsioonipaagist. [1]

2.1.2 Lühiajalise soojuste hoiustamise ühendusskeemid

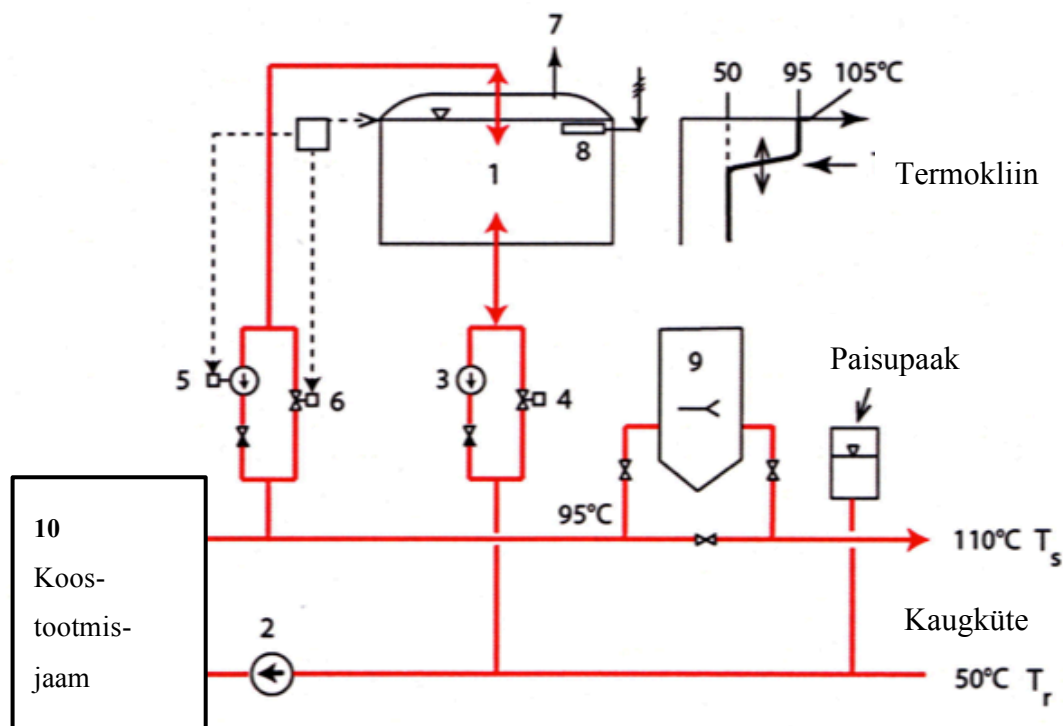
Kaugküttevõrkudes, kus soojuskandjaks on aur, on kõige levinumalt kasutusel muutuva rõhuga (*sliding-pressure* tüüpi) akumulaatorid. Soojusvõrkudes, kus soojuskandjaks on kuum vesi, seal põhineb soojuste salvestamine akumulatsioonipaagis kõige sagedamini termilisel kihistumisel – kuum vedelik on külmema vedeliku peal ning kaks kihti on omavahel eraldatud liigutatava üleminekukihiga (joonis 2.2). Seda tüüpi soojuste salvestamiseks mõeldud paake nimetatakse vedelikku väljatõrjuvateks (*displacement storage* tüüpi) akumulatsioonipaakideks. Tavaliselt on paagid tehtud terasest, kuid mõnikord kasutatakse ka kivi, kuhu on õõnestatud vajalik ruum soojuste hoiustamiseks. [1]



Joonis 2.2 Survestatud akumulatsioonipaak [1]

Joonisel 2.2 on liikuvat termilist üleminekukihti näha akumulatsioonipaagist (1) paremal oleval temperatuurigraafikul, kus on näha kindlal tasemel küllaltki järsku temperatuuri muutust, mida nimetatakse termokliiniks. Kui paaki laetakse kuuma veega, siis üleminekukiht liigub allapoole ning tühjenemisel liigub vahekiht ülespoole. Lisaks tuleb arvestada, et vahekihi paksus ei kasvaks liigselt. Seda on võimalik tagada sellega, et veemahu muutus paagis ei oleks liiga kiire ning paaki sisenev ja lahkuv veejuga peab olema ühtlane, mis ei häiriks liigselt üleminekukihti. Termokliini liikumist mahutis on võimalik kontrollida mitmeti. Mahuti (1) on ühendatud paralleelselt võrgu tsirkulatsioonipumbaga (2). Pump on ühendatud kahe võrgutoru vahele. Pumba imemispoolel oleval torul on laadimisventiil (3), mis avaneb kui paaki laetakse ning survepool on tühjenemisventiil (4), mis avaneb paagi tühjenemisel. Üks viis võrgurõhu kontrollimiseks on paigutada pumba imemispoolele paisupaak (5), milles on vääriskaasiga täidetud padi, mis võimaldab võrguvee termilist paisumist ning kokkutõmbumist. [1]

Seadmel mis on kujutatud joonisel 2.2 toimub soojuste salvestamine survestatud mahutis, milles on võrgurõhuga sama suur rõhk ning tavaliselt on sellised mahutid tehtud madalsüsinikterasest. Sellise paagi suurus võib olla kuni 50000 m^3 . Mahuteid võib ühendada tüksteisega jadamisi selleks, et oleks võimalik salvestada suuremaid soojuste mahtusid. Esimene näide sellist tüüpi rajatisest ehitati Saksamaale Chemnitz'i linna (varem Karl Marx Stadt), täna asub seal veel lisaks suur külma vee hoidla. [1]



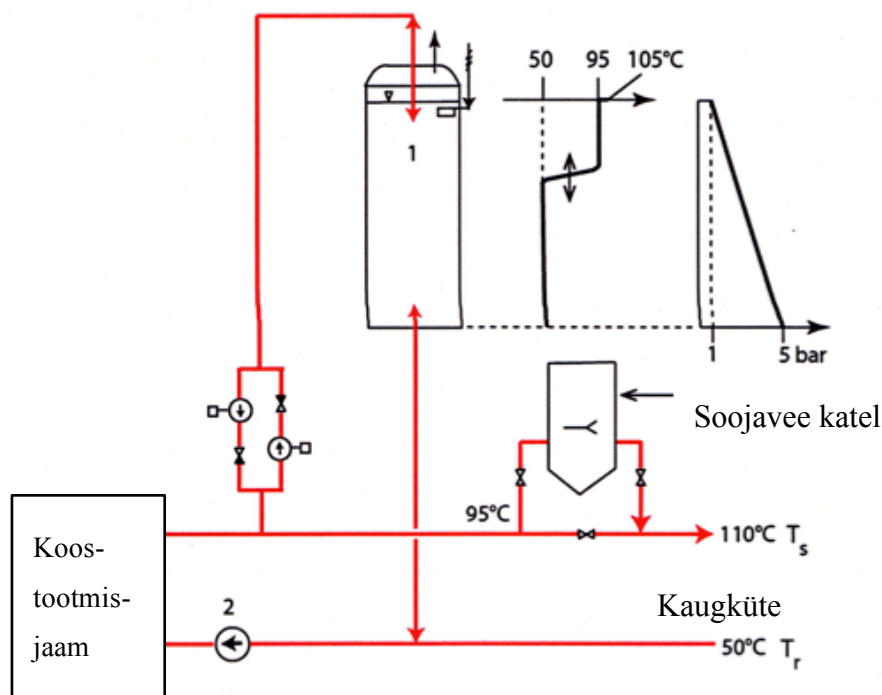
Joonis 2.3 Atmosfäärirõhuga akumulaator [1]

Joonisel 2.3 on kujutatud süsteem, millega on ühendatud (rõhutu) atmosfäärirõhuga mahuti (1). Tegelikult ei tohiks võtta mõistet atmosfäärirõhuga paak sõna-sõnalt, sest mahutis olev veesammas tekitab paagi põhja suurema rõhu kui ülespoole ja seda isegi siis, kui paagi kõrgus on väiksem kui diameeter. Atmosfäärirõhuga mahuti sobib kõige paremini kaugküttevõrkude jaoks, sest see on võimeline töötama madala ja mõõduka peale- ja tagasivoolu temperatuuriga. Mahuti ülaosas on veetemperatuuri ainult ligikaudu 100°C . Võrkudes, kus on kõrgemad temperatuurid on oluline teha võrgu ja mahuti vahele liides, mille abil oleks võimalik langetada mahutisse sisenevat veetemperatuuri, näiteks segades külmemat vett kuuma veega. Eeliseks eelmise paagi ees on see, et seda tüüpi mahutid on odavamad. Sarnaselt survestatud paagiga on ka atmosfäärirõhuga paagid tehtud tavaliselt terasest.

Mõnikord on ka õlimahutid ümber ehitatud seda tüüpi soojuse mahutiteks, mis muudab investeeringu väiksemaks. Seda tüüpi akumulatsioonipaake on kasutatud Rootsis alates 1970ndate aastate algusest (esimene oli Västerås), Saksamaal võeti esimesena atmosfääri rõhuga mahuti kasutusele Flensburgis. [1]

Laadimise – tühjenemise korraldus on vajalik, et tagada mahutis (1) atmosfääri rõhk, mis on keerulisem kui eelmisel joonisel 2.2 – laadimispump (3) ja tühjenemisventiil (4) on paigutatud paralleelselt, ühendades paagi põhja võrgutsirkulatsioonipumba (2) imemispoolega ning tühjenemispumba survevoolupool (5) ja laadimisventiil (6) on ühenduses paagi ülemise poolega. Laadimisel pump (3) töötab ning laadimisventiil (6) on avatud ning tühjenemisel töötab pump (5) ja tühjenemisventiil (4) on avatud. Pump (5) ja laadimisventiil (6) kontrollivad veetaset mahutis. Rõhu hoidmine pisut üle atmosfäärirõhu on korraldatud tuulutustorudega (7), mis ühendab pinnakihi kõrgemal olevat ruumi atmosfääriga. Elektriline soojenduselement (8) tagab, et veepinnast ülevalpool asuv ruum oleks täielikult täidetud auruga, see on hea ning soovitatav seetõttu, et mistahes kogus õhku seal ruumis lahustaks hapniku vees ning see tekitaks korrosiooni mahutis. Joonisel 2.3 on ühendatud süsteemiga järjestikku koostootmisjaamaga (10) ka tipukatel (9) ning samuti on võrguga ühendatud ka mahuti, mis asub koostootmisjaama ja tipukatla vahel. [1]

Kolmanda võimalusena on võimalik soojust salvestada pika vertikaalse mahuti abil (1), mille ühendusskeemi on näha joonisel 2.4. Akumulatsioonipaak on avatud atmosfääriga tuulutussavade kaudu nagu ka eelmisel variandil. Mahuti põhi on ühendatud võrgu tagasivoolu tsirkulatsioonipumba (2) imemispoolega. Kasutades antud süsteemi soojuse salvestamiseks, siis tuleb arvestada sellega, et täiendavalt tuleb kontrollida mahutis rõhku, mis tuleneb paagis oleva veesamba raskusest. Näiteks 50-meetri kõrguses mahutis on rõhk 5 baari. [1]



Joonis 2.4 Avatud võrgurõhuga akumulaator [1]

2.2 Akumulatsioonipaak biokütusega köetavas süsteemis

Akupaak on lahutamatu osa biokütusega köetavas küttesüsteemis, kui soovitakse soojust genereerida efektiivselt, sest palju kasulikum on põletada puitu suuremas koguses korraga, kui päevas mitu korda väikestes kogustes. [2] Selleks, et katel saaks töötada nominaalkoormusel kõrge kasuteguri juures tuleks ühendada katlaga võimalikult suur soojusmahuti, mis salvestaks endas soojust, mille järgi parasjagu nõudlust ei ole.

Lisaks on akumulatsioonipaak puiduküttega võrkudesse sobilik just selle poolest, et puidukatlad on väga suure inertsiga ning neis ei kustu leek kohe pärast tarbimise lõppu vaid põlemisprotsess kestab nii kaua edasi, kuni kogu kütus on lõplikult ära põlenud. Selleks, et soojus kaduma ei läheks, oleks mõistlik ühendada süsteemiga akupaak, mis koguks endasse kogu soojust, mis tuleb katlast veel pärast tarbimisnõudluse lõppu. Ning hiljem, kui nõudlus jälle kasvab, on katlal aega nominaalkoormusel töörežiimile jõudmiseks, sest tarbijateni jõuab soovitud soojus akumulatsioonipaagist. Tasanduspaagi kasutamine muudab süsteemi töö üleüldiselt efektiivsemaks. See tuleneb sellest, et katel saab töötada perioodiliselt

nominaalkoormusel kõrgete kasutegurite juures, tänu millele vähenevad märkimisväärselt tõrva ja kreosoodi (jahtunud suitsune nõgi) kogused katlas ning lõõris, sest suur osa nendest komponentidest põleb ära kõrgemate temperatuuride juures põlemisprotsessis. Kõrgetel temperatuuridel põletamine hoiab ära ka madaltemperatuurilise korrosiooni tekkimisohtu, mis omakorda säilitab katla eeldatavat eluiga. [3]

Lisaks sellele on võimalik katla põlemisprotsess programmeerida sobivateks aegadeks või seadistada taimeriga kindlad ajavahemikud, mille tagant katel töötab ning sellel ajal genereeritud soojus salvestatakse akupaagis. Näiteks on võimalik seadistada katel töötama varahommikul vahetult enne hommikust tipunõudlust ning uuesti toimuks kütmine pärastlõunal enne õhtust tippu. Talvel on võimalik seadistada katla töörežiim nii, et kütmine toimuks neli korda päevas ning kevadel ja sügisel on võimalik vähendada katla töötamine kahele korrale. Suvel, kui nõudlus on ainult sooja tarbevee järgi, on võimalik katelt kütta veel harvemini, näiteks üks kord iga 5 - 7 päeva tagant. [3]

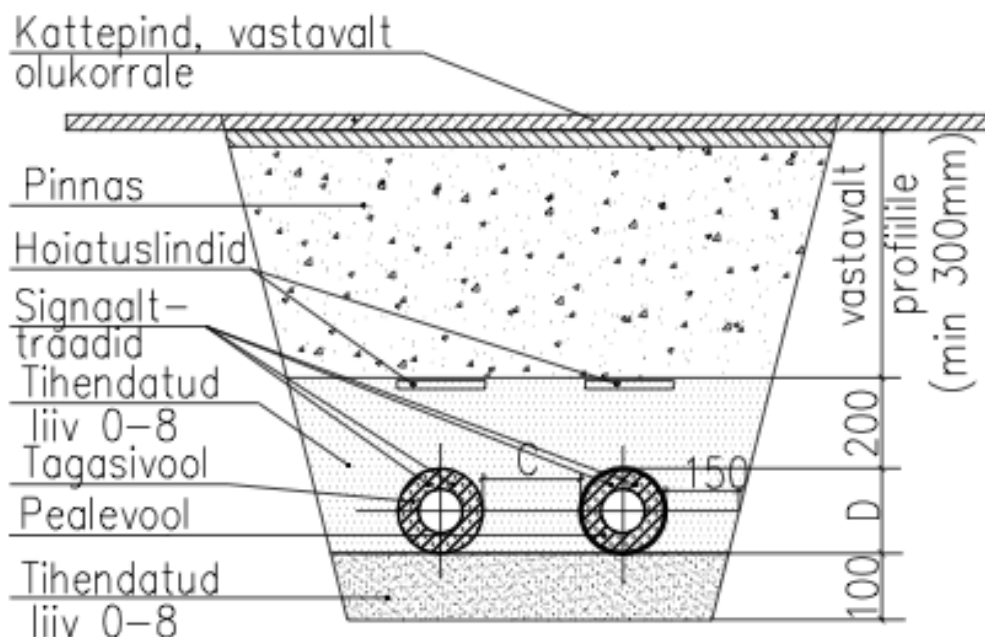
Soojusmahutid, mida kasutatakse puidukateldega kipuvad olema üsna suured, (tavaliselt 500-5000 liitrit) sest need on kujundatud selliselt, et suudavad anda kuuma vett nii kütteks kui ka tarbeveeks. [2]

3 PAIKUSE ALEVI SOOJUSVARUSTUS

3.1 Paikuse alevi soojusvõrgu kirjeldus

Paikuse on vald Pärnumaal, mille pindala on 177 km² ning seal elab 1.01.2014 seisuga 3877 elanikku, kellest 2936 elab valla keskus Paikuse alevis. [4] Paikuse alevis tarbiti viimasel aastal (1. märts 2013 – 28. veebruar 2014) 5220 MWh soojust ning soojuse piirhinnaks lõpptarbijatele Paikuse alevis on Konkurentsiameti poolt määratud alates 1. september 2013 65,76 €/MWh, millele lisandub ka käibemaks, [5] enne seda oli Paikuse alevi soojuse piirhinnaks 68,00 €/MWh + käibemaks. [6]

Paikuse alevit varustab kaugkütte ja sooja veega SW Energia OÜ, kelle valdustes asub Paikuse katlamaja ning Paikuse soojusvõrk. Kaugküttevõrk on 2011. aastal rekonstrueeritud Keskkonnainvesteeringute Keskuse abiga ning on 100% uus eelisoleeritud kontrolltraadiga terastorstik. Trassi kogupikkus on 2627 meetrit ning asub maa-all. Trassirõhk on 2bar / 3bar ning võrguparameetrid vastavalt graafikule maksimaalselt 80°C ja suvel 60°C. Võrguvee pumpamiseks on paigaldatud topelpump 5,5 kW + 5,5 kW, kui üks pump ei saavuta üksinda 0,8 baarilist rõhuvahet, siis alustab teine pump automaatselt tööd.



Joonis 3.1 Paikuse kaugküttevõrgu kaevise ristlõige



Joonis 3.2 Foto Paikuse soojusvõrgu rekonstrueerimisest [6]

3.2 Paikuse alevi katlamaja kirjeldus

Paikuse katlamaja alustas tööd 2002 aastal, mil alustati kolme Kiviõli 80 katla ja kiviõlipõletitega. 2007. aastal viidi kaks katelt üle gaasile ning 2010. aastal viidi kolmas katel üle puidupelletile. 2012. aastal asendati üks gaasikateldest puiduhakkekatlaga. Katlamaja soojuslik koguvõimsus on 4,2 MW, mis jaguneb kolme katla vahel järgnevalt :

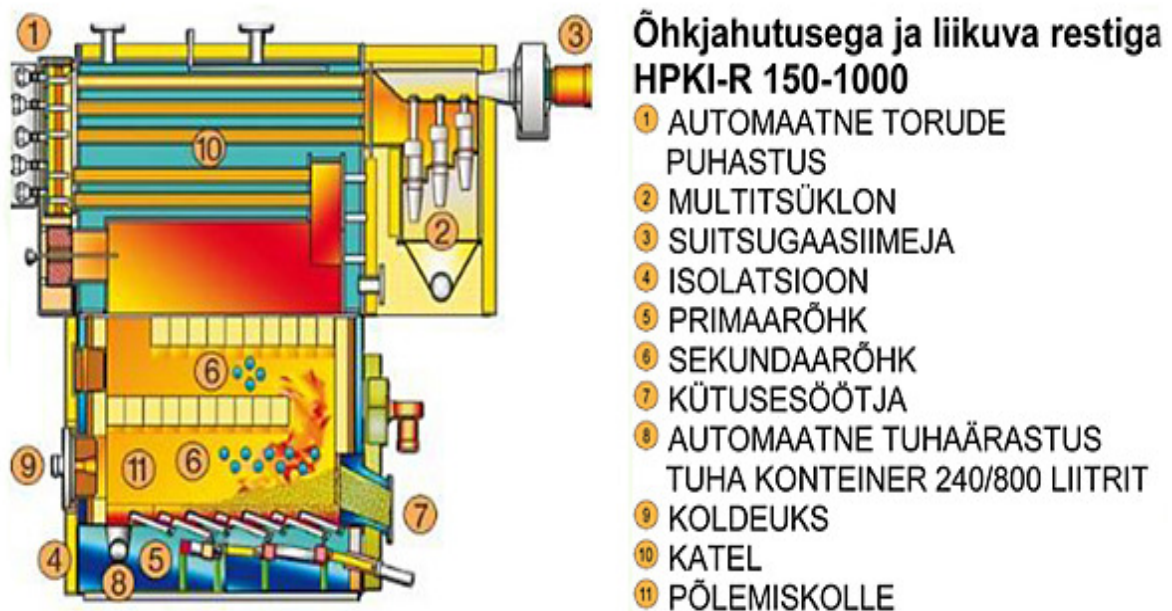
- Gilles HPKI-R 1200 puiduhakkekatel 1,2 MW
- Kiviõli 80 + Armikas graanulipõleti 1 MW
- Kiviõli 80 + Gaasipõleti 2 MW

Katlamaja keskmine kasutegur on 85%. Katelde kasutegurid eraldi on järgmised :

Puiduhakkekatel – 85%

Puidupelletikatel – 80%

Gaasikatel – 90%

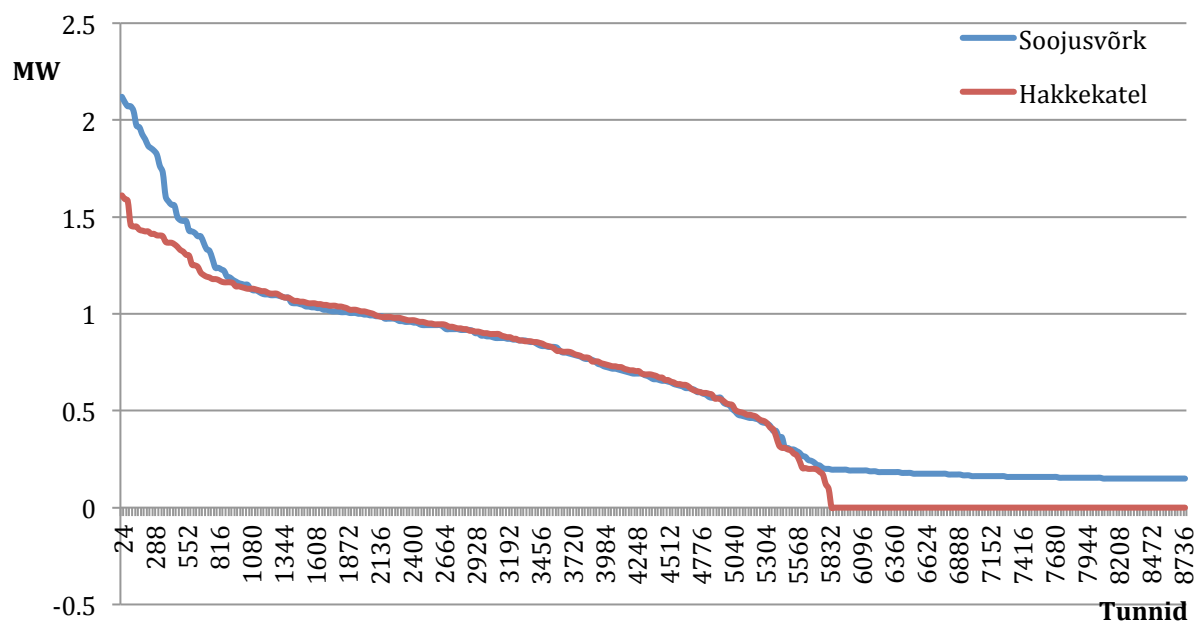


Joonis 3.3 Gilles HPKI-R 1200 puiduhakkekatel [7]



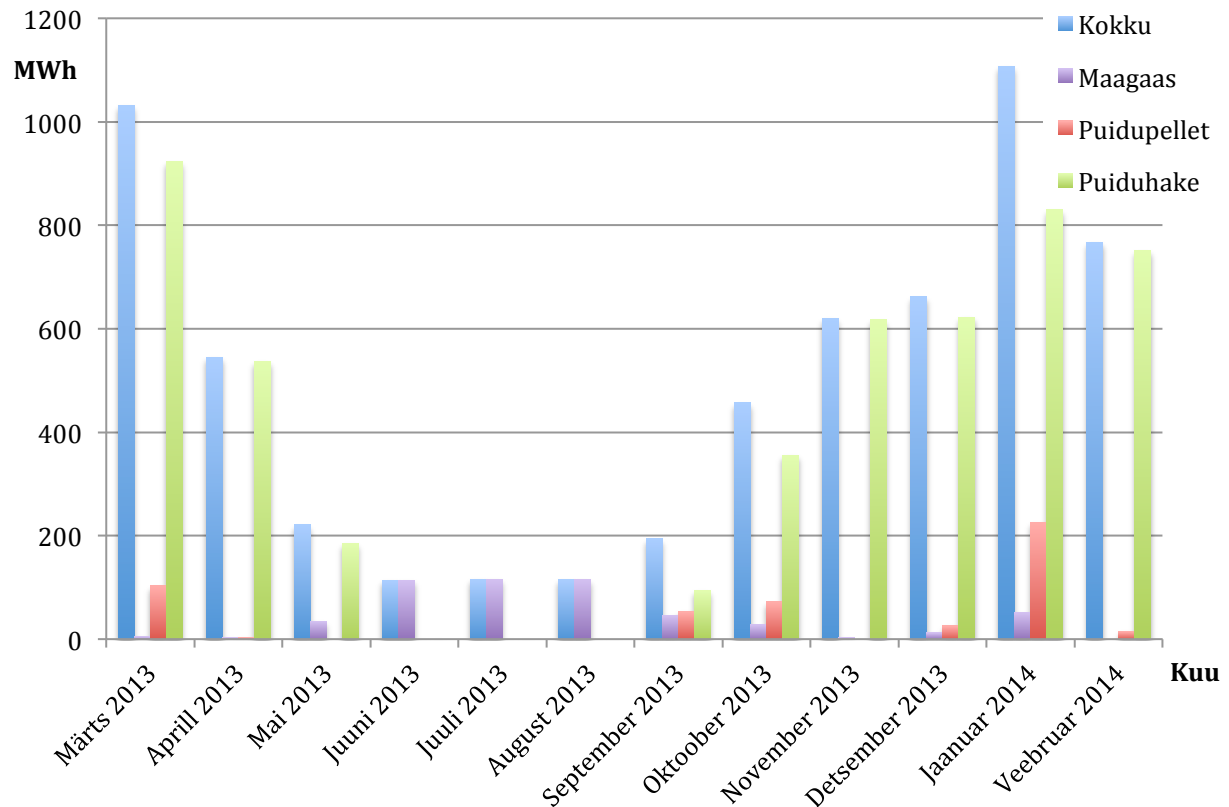
Joonis 3.4 Foto Kiviõli-80 katel + Armikas graanulipõleti 1 MW [6]

Aastase (1. märts 2013 – 28. veebruar 2014) tarbimise rahuldamiseks genereeriti 5948 MWh soojust, millest 532 MWh (9%) genereerimiseks kasutati kütusena gaasi, 500 MWh (8%) jaoks puidupelletit ning 4916 MWh (83%) jaoks hakkpuitu.



Graafik 3.1 Koormusgraafik

Katlamajas kasutatav kütus erineb vastavalt aastaajale ning nõudlusele. Suvel on peamiseks ja enamasti ka ainukeseks kasutatavaks kütuseks gaas, kevad-sügisel perioodil kasutatakse 90 - 100% puiduhaket ning kuni 10% pelletit, vahel harva ka gaasi. Talvel on peamiseks kütuseks puiduhake ning lisaks kasutatakse ka pelletikatelt. Kui tarbimine suureneb ning kui puidukatlad ei ole võimelised nõudlust täitma, lülitub töösse ka talvisel perioodil tipukatlana töötav gaasikatel.



Graafik 3.2 Kütuste kasutamine soojuse genereerimisel kuude lõikes

Kütuse ladustamiseks on katlamajaga ühendatud 350 m³-ne hakkelaadu. Hakkelaod teeb eriliseks see, et sellel on liikuv põrand tänu millele jõuab hake automaatselt koldesse. Põrandale on asetatud roobid, mille edasi-tagasi liikumisega toimub automaatne kütuse ette andmine katlasse. Hake, mida hakkelaos ladustatakse hakitakse ettevõtte enda poolt.



Joonis 3.5 Foto 350 m³ hakkelaod põrandal olev kraaptrasportöör [6]

Võrguvee ettevalmistamiseks kasutatakse katlamajas lihtsat üheastmelist veepuhendusüsteemi naatriumkloriidiga (NaCl), mille käigus asendatakse kaltsiumi ja magneesiumi ioonid naatriumi ionidega.

4 AKUMULATSIOONIPAAGI SUURUSE ARVUTAMINE JA VALIK

Suvine koormus Paikusel on kümnendiku võrra väiksem, kui seda on talvisel perioodil, mil kasutatakse põhikütusena kodumaist puiduhaket. Ettevõtte soov on ka suvisel perioodil, kui soojuse nõudluse moodustab vaid sooja tarbevee soojendamiseks vajalik soojus, kasutada soojuse genereerimisel puiduhaket. Praegusel hetkel genereeritakse suvine soojus gaasiga, kuna puiduhakkekatel ei ole võimeline nii väiksel võimsusel efektiivselt töötama, sest puiduhakkekatla võimsuse langemisel alla 30%, langeb ka katlakasutegur alla 60%. Lisaks, kui katel töötab väga madalal võimsusel on oht, et katlas hakkab tekkima kondensaat, mis tekitab korrosiooni ja see omakorda kahjustab küttepindasid ning see ei mõju katla eeldatavale elueale ja töökindlusele hästi.

Selleks aga, et Paikuse katlamajas oleks võimalik soojuse genereerimiseks kasutada kütusena puiduhaket ka suvisel perioodil, tuleks Paikuse soojusvõrguga ühendada akumulatsioonipaak. Paagi mahu arvutamisel tuleb arvesse võtta mitmeid näitajaid, milleks on:

1. suvine soojusnõudlus
2. katla nominaalvõimsusele jõudmiseks kuluv aeg
3. akumulatsioonipaagi soojuskaod
4. võrguparameetrid suvisel perioodil

Akumulatsioonipaagi mahu arvutamisel oleneb palju ka kütusest. Eriti suur vahe tuleb sisse juhul, kui akumulatsioonipaak on ühendatud puiduküttega süsteemi, sest sellisel juhul oleneb paagi suurus ka puitkütuse tüübist. Hakkekatel näiteks vajab palju suuremat soojusmahutit kui muutustele kiiremini reageeriv pelletikatel, sest hakkekatla põlemisprotsessis põletatakse suurem kogus kütust korraga kui pelletikatlas ning seega on hakkekatlaga ühendatud akumulatsioonipaagid suuremad kui pelletikatlaga ühenduses olevad mahutid. [2]

Lisaks tuleb arvestada akumulatsioonipaagi suuruse valiku juures seda, et paagi üleskütumiste vahele jääks piisavalt palju aega, et katel ei peaks end pidevalt sisse-välja lülitama, sest see lühendab katla eeldatavat eluiga. SW Energia OÜ töötajad pidasid optimaalseks kas iga 24 või 72 tunni tagant katla uuesti käivitamist, kuna sellised ajavahemikud käivituste vahepeal ei tohiks mõjutada märkimisväärselt katla eluiga. Lisaks on välja pakutud ka niinimetatud

rusikareeglit, mis puiduhakkekatla puhul ütleb, et minimaalselt tuleks akumulatsioonipaaki valides arvestada 50...70 l/kW, kuid mida rohkem seda parem.

Veel tuleb arvestada seda, et katlal võtab nominaalvõimsusele jõudmine aega umbes üks tund ehk arvutustes tuleb arvestada seda, et akumulatsioonipaak oleks võimeline mahutama katla käivitamise vahepealse ajaperioodi pluss ühe tunni soojusenõudluse. Seega kui valida katla käivitamise sageduse iga 24 tunni tagant siis tegelikult peab paak mahutama 25 tunni soojusenõudluse. Sellise varuga arvestamine on vajalik ka selle pärast, et kui katla käivitamisel tekib mõni tõrge, siis on selle kõrvaldamiseks või teiste katelde käivitamiseks mõningane ajaline varu olemas.

4.1 Akumulatsioonipaagi mahu arvutamine

Akumulatsioonipaagi mahu arvutamisel lähtun sellest tingimusest, et katel käivituks iga 24 tunni tagant. Arvutustes on kasutatud SW Energia OÜ'lt saadud ajaperioodi märts 2013 – veebruar 2014 erinevaid andmeid: genereeritud soojuse hulga, kütuste kasutamise, hindade ja maksumuste jne kohta.

Sellisel juhul on suvel ööpäevane tarbimine ligikaudu 5 MWh ning lisades sellele ühe tunni tarbimise tuleb nõudluseks 5,55 MWh, milles on arvestatud juba ka paagi välisjahtumiskaod ning võrgu soojuskaod, sest arvutustes on kasutatud SW Energia OÜ'lt saadud kogu genereeritud soojuse andmeid, kus on summeeritud nii müügiks kuluv soojus kui ka trassikaod.

Suvised võrguparameetrid on:

- pealevool 60 °C
- tagasivool 45 °C

Vee-soojusmahtuvus 68 °C juures on 4,188 kJ/(kg · K)

Vee tihedus 68 °C juures on 978,64 kg/m³

Vee soojusfüüsikalised parameetrid võtan 68 °C juures seetõttu, et see on paagis oleva vee keskmine temperatuur, kuna kõrgeim temperatuur, mis paagis olla saab on katlast väljuva vee temperatuur ja see on ligikaudu 90 °C ning madalaim on ligikaudu võrguvee tagasivoolu temperatuur, milleks on 45 °C. Vee temperatuur paagis ei tohi kindlasti langeda alla 60 °C, kuna sellisel juhul hakkaks soojuskandja võrku kütmise asemel hoopis jahutama.

Paagis oleva vee massi arvutamine :

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t \quad (4.1)$$

kus Q – soojusvõimsus, W

m – vee mass, kg

c – vee soojusmahtuvus, kJ/(kg · K)

Δt – temperatuuri vahe, °C

$$m = \frac{Q}{c \cdot \Delta t} = \frac{5,55 \cdot 10^6 \cdot 3600}{4,188 \cdot 45} = 105,99 \text{ t}$$

$$\Delta t = (t_1 - t_2) = 90 - 45 = 45 \text{ °C} \quad (4.2)$$

kus t_1 – katlast väljuva vee temperatuur, °C

t_2 – võrguvee tagasivoolu temperatuur, °C

Paagi maht :

$$V = \frac{m}{\rho} = \frac{105985,35}{978,64} = 108,30 \text{ m}^3 \quad (4.3)$$

kus V – paagi maht, m³

ρ - vee tihedus, kg/m³

Paagi kõrguse ja diameetri arvutamine, $h=d$

$$V = S \cdot h = \pi \cdot \frac{d^2}{4} \cdot h = \pi \cdot \frac{d^3}{4} \quad (4.4)$$

kus S – paagi põhja pindala, m^2

h – paagi kõrgus, m

d – paagi sisediameeter, m

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot V}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 108,3}{\pi}} = 5,17 \text{ m}$$

Aeg, mille jooksul peab katel töötama nominaalkoormusel, et akumulatsioonipaaki üles kütta

$$t_{\text{ük}} = \frac{Q}{(Q_K - Q_{1h})} = \frac{5,55}{(1,2 - 0,21)} = 5,59 \text{ h} \quad (4.5)$$

Kus $t_{\text{ük}}$ – aeg, mis on vajalik paagi üleskütmiseks, h

Q – akumulatsioonipaagi soojuslik mahutavus, MWh

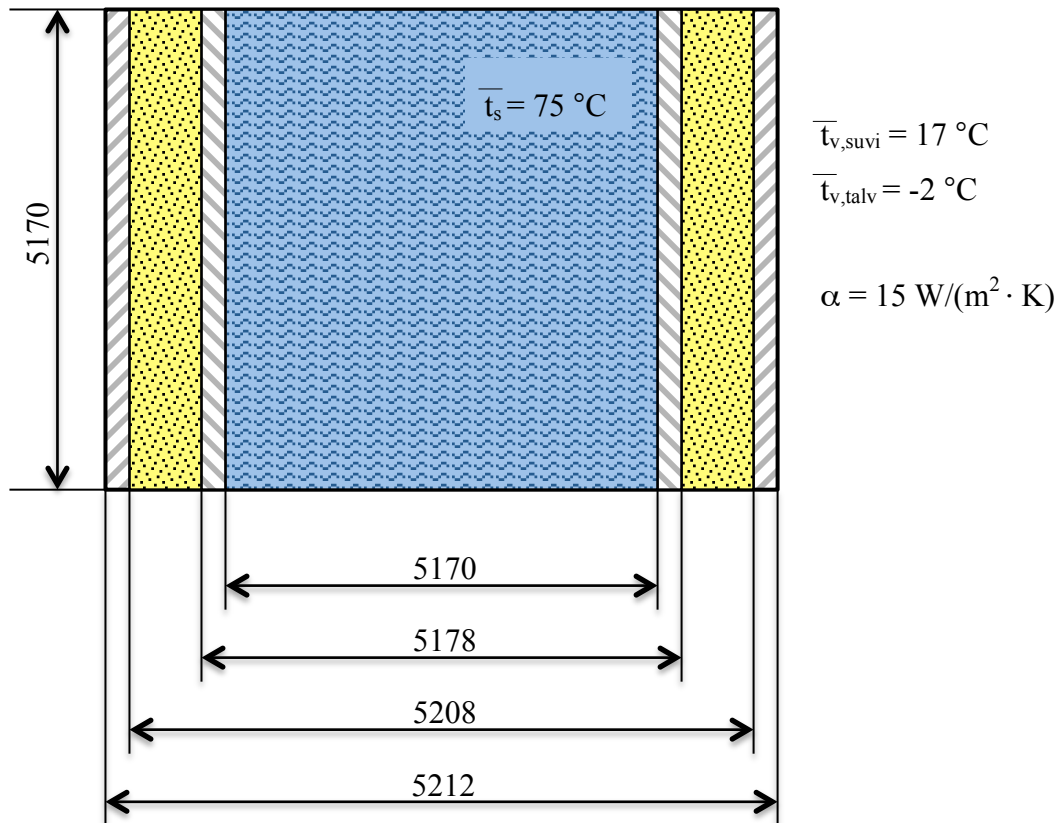
Q_K – katla nominaalvõimsus, MW

Q_{1h} – koormus, mis on vajalik ühe tunni nõudluse rahuldamiseks, MW

Ühe tunni koormus tuleb maha lahutada katla nominaalvõimsusest, kuna tuleb arvestada seda, et lisaks akumulatsioonipaagi kütmisele peab katel samaaegselt suutma ka rahuldada nõudluse ning võrku andma selleks vajaliku koguse soojust.

Kui valida sellises mõõdus paak, mis mahutab 5,55 MWh soojust, siis selle paagi kütmiseks peab katel töötama nominaalkoormusel 5 tundi ja 35 minutit.

4.2 Paagi välisjahtumiskadude arvutamine



Joonis 4.1 Akumulatsioonipaagi läbilõige

Akumulatsioonipaak koosneb kolmest erinevast kihist (vt. joonis 4.1) seest – välja:

1. 3 mm-paksune terasest paak
2. 15 mm kivivilla soojusisolatsioon
3. 2 mm-paksune terasplekist ümbris

Paak on soojustatud nii pealt kui ka alt.

Soojusvoog mitmekihilise silindrilise seina puhul:

$$q_L = \frac{\pi \cdot (t_s - t_v)}{\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1} + \sum_{i=1}^n \frac{1}{2 \cdot \lambda_i} \ln \left(\frac{d_{i+1}}{d_i} \right) + \frac{1}{\alpha_2 \cdot D}} \quad (4.6)$$

kus q_L – soojusvoog läbi silindrilise seina, W/m

t_s – paagis oleva vee keskmine temperatuur, $^\circ\text{C}$

t_v – suvise perioodi keskmine välistemperatuur, °C

α_1 – sisemise keskkonna soojusülekannekoefitsient, W/(m² · K)

α_2 – välimise keskkonna soojusülekannekoefitsient, W/(m² · K)

λ_i – i-nda kihi soojusjuhtivustegur, W/(m · K)

d_1 – sisediameeter, m

d_i – i-nda kihi diameeter, m

d_{i+1} – i+1-nda kihi diameeter, m

D – välisdiameeter, m

Kuna α_1 on väga suur, siis avaldise liige $\frac{1}{\alpha_1 \cdot d_1}$ tuleb tühiselt väike ning seda arvutustes ei arvesta.

$$q_L = \frac{\pi \cdot (68 - 17)}{\frac{1}{2 \cdot 61,4} \ln\left(\frac{5,178}{5,17}\right) + \frac{1}{2 \cdot 0,04} \ln\left(\frac{5,208}{5,178}\right) + \frac{1}{2 \cdot 64,12} \ln\left(\frac{5,212}{5,208}\right) + \frac{1}{15 \cdot 5,212}} =$$
$$= 1884,46 \frac{\text{W}}{\text{m}}$$

Soojusvõimsus läbi paagi silindrilise seina:

$$Q_s = q_L \cdot h = 1884,46 \cdot 5,17 = 9,74 \text{ kW} \quad (4.7)$$

kus Q_s – soojusvõimsus läbi silindrilise seina, W

Soojusvoog mitmekihilise tasapinnalise seina puhul:

$$q = \frac{t_s - t_v}{\frac{1}{\alpha_1} + \sum_{i=1}^n \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_2}} \quad (4.8)$$

kus q – soojusvoog läbi tasapinnalise seina, W/m²

δ_i – i-nda kihi paksus, m

Kuna α_1 on väga suur, siis avaldise liige $\frac{1}{\alpha_1}$ tuleb tühiselt väike ning seda arvutustes ei arvesta.

$$q = \frac{68 - 17}{\frac{0,003}{61,4} + \frac{0,015}{0,04} + \frac{0,002}{64,12} + \frac{1}{15}} = 115,45 \frac{W}{m^2}$$

Paagi tasapinnalise osa pindala:

$$S = \frac{\pi \cdot D^2}{4} = \frac{\pi \cdot 5,212^2}{4} = 21,34 \text{ m}^2 \quad (4.9)$$

kus S – paagi tasapinnalise (põhja ja pealmise osa) pindala, m^2

Soojusvõimsus läbi paagi tasapinnalise seina:

$$Q_t = q \cdot S = 115,45 \cdot 21,34 = 2,46 \text{ kW} \quad (4.10)$$

kus Q_t – soojusvõimsus läbi paagi tasapinnalise seina, W

Kogu soojusvõimsus läbi paagi

$$Q_k = Q_s + 2 \cdot Q_t = 9,74 + 2 \cdot 2,46 = 14,66 \text{ kW} = 0,015 \text{ MW} \quad (4.11)$$

kus Q_k – kogu soojusvõimsus läbi paagi, W

Paagi välisjahtumiskadu ööpäevas

$$q_{\text{öp}} = Q_k \cdot t = 0,015 \cdot 24 = 0,35 \text{ MWh} \quad (4.12)$$

kus $q_{\text{öp}}$ – paagi välisjahtumiskadu ööpäevas, W

t – aeg, h

Tabel 4.1 Erinevas suuruses paakide arvutustulemuste võrdlus

	Ühik	1.	2.	3.
Paagi soojuslik mahutavus	MWh	3,80	5,55	17,28
Katla käivitamise vaheline aeg	h:min	20:40	24:00	72:00
Paagis oleva vee mass	t	82,21	105,99	330,66
Paagi maht	m ³	84	108,30	337,88
Paagi kõrgus	m	4,75	5,17	7,55
Paagi välisdiameeter	m	4,792	5,212	7,592
Paagi üleskütmiseks kuluv aeg	h:min	4:20	5:35	17:27
Paagi välisjahtumiskadu suvel	MW	0,012	0,015	0,031
ööpäevas	MWh	0,30	0,35	0,75
Paagi välisjahtumiskadu talvel	MW	0,017	0,020	0,043
ööpäevas	MWh	0,41	0,48	1,03
Paagi maksumus	€	75600	97469	304089
Masuudimahutist tehtud paagi maksumus	€	42000	54149	168938

1. Nn. rusikareegel → 50...70l/kW katla võimsuse kohta
2. Üleskõetud paagi mahust jätkub 24+1 tunniks
3. Üleskõetud paagi mahust jätkub 72+1 tunniks

Paagi maksumuseks on võetud 900 €/m³ ning masuudimahutist ümber ehitatud akumulatsioonipaagi maksumuseks 500 €/m³. Küll aga võib masuudimahuti ümber ehitamine akumulatsioonipaagiks olla tegelikkuses odavam, seda juhul kui ettevõttel on juba varasemast olemas vajalikus suuruses terved ja korralikud mahutid, mis ei vaja erilist remonti ning on juba eelnevalt puhastatud ja soojustatud. Kallimaks võib aga hind muutuda, kui vajalikus suuruses mahutid puuduvad ja/või olemasolevad masuudimahutid on soojustamata ja mustad ning vajavad korralikku puhastust. Igal juhul tuleb arvestada, et vana mahuti ümber ehitamisel on akumulatsioonipaagi lõplik hind väga erinev, sest see oleneb konkreetsest paagist ja selle seisukorrast.

4.3 Majanduslik mõju

Tabel 4.2 Olukord 2013 aasta suvel 18.05-19.09.2013

	Ühik	Mai	Juuni	Juuli	August	September
Tootmine kokku	MWh	64,7	113,3	115,9	116	82,4
Tootmine gaasiga	MWh	33,5	113,3	115,9	116	46,1
Kasutatud gaas	m ³	4052	14153	13530	13558	5617
Gaasi hind	€/1000m ³	437,55	431,65	421,75	420,75	413,25
Gaasi maksumus	€	1772,95	6109,14	5706,28	5704,53	2321,21
Tootmine pelletiga	MWh	-	-	-	-	36,3
Kasutatud pellet	tn	-	-	-	-	8,8
Pelleti hind	€/tn	-	-	-	-	165
Pelleti maksumus	€	-	-	-	-	1452
Tootmine hakkega	MWh	31,2	-	-	-	-
Kasutatud hake	m ³	41	-	-	-	-
Hakke hind	€/m ³	16,39	-	-	-	-
Hakke maksumus	€	672,17	-	-	-	-
Kütuste maksumus kokku	€	2445,12	6109,14	5706,28	5704,53	3773,21
Σ_1						23738,28

Tabelis 4.2 on näha eelmise aasta suvise perioodi (18. mai – 19. september 2013) kogu genereeritud soojuste hulk ning ka kütused, mida antud perioodil kasutati ning kui palju. Sellel perioodil oli ööpäevane soojuste tarbimine ≤ 5 MWh. Lisaks on ära toodud kütuse hinnad ning summad, mis antud perioodil kütuste ostmiseks oli vaja maksta.

Nagu näha siis sellel perioodil kasutati kütusena gaasi 424,8 MWh soojuste genereerimiseks, mis teeb 86 % kogu antud perioodil genereeritud soojustest. Kuid gaasi kasutamine peamise

kütusena on üpris kallis võrreldes puiduhakke kasutamisega. Tabelis 4.3 on näha, kui palju oleks kulunud puiduhaket ning kui kulukas oleks olnud puiduhakke ostmine samal suvisel perioodil, kui võrku oleks installeeritud akumulatsioonipaak ning selle üleskütmiseks kasutatakse 100 % puiduhaket.

Tabel 4.3 Olukord akumulatsioonipaagiga 2013 aasta suvel 18.05-19.09.2013

	Ühik	Mai	Juuni	Juuli	August	September
Tootmine kokku	MWh	64,7	113,3	115,9	116	82,4
Tootmine hakkega	MWh	64,7	113,3	115,9	116	82,4
Kasutatud hake	m ³	84	178	182	183	123
Hakke hind	€/m ³	16,39	16,39	14,80	14,45	15,56
Hakke maksumus	€	1377	2918	2693,8	2645	1914
Σ_2						11548

Kokkuhoid suvisel perioodil kütuse maksumuses :

$$\Sigma = \Sigma_1 - \Sigma_2 = 23738,28 - 11548 = 12190,28 \text{ €}$$

Tabel 4.4 Lihttasuvusaeg

	Ühik	84m ³	108m ³	338m ³
Uus paak	aastat	6,2	8,0	24,9
Ümberehitatud masuudimahutist	aastat	3,4	4,4	13,9

Tuleb arvestada, et tabelis 4.4 olevad lihttasuvusaegade arvutamisel on arvesse võetud ainult suvisel perioodil kütuse maksumusest tekkinud säästu, kuid arvestades juurde veel kevad – sügisel ning talvisel perioodil tekkiv mõningane kokkuhoid, mis õnnestub tänu akumulatsioonipaagile saada, siis antud lihttasuvusajad lühenevad.

4.4 Võimalik lahendus Paikuse alevis

Paikuse alevi soojuskatlamajas, mida haldab SW Energia OÜ on tänaseni suvisel perioodil soojuse genereerimiseks kasutatud kütusena maagaasi. Ettevõttel oleks soov kasutada ka suvisel perioodil, mil tarbimine ööpäevas jääb alla 5 MWh kütusena hoopis kodumaist biokütust ning kuna puiduhakkekatel pole võimeline töötama nii madalal koormusel efektiivselt (kasutegur jääb alla 60 %), siis aitaks seda probleemi lahendada akumulatsioonipaagi kasutuselevõtt.

Üheks võimalikuks ning efektiivseks lahenduseks antud olukorras oleks see, kui soojusvõrguga ühendada akumulatsioonipaak, mille mahust jätkuks 25 tunniks. Sellisel juhul peaks katla käivitus toimuma iga 24 tunni järel ning mahu arvutamisel on üks lisatund lisatud selle pärast, et katlal kulub keskmiselt 45...60 minutit, et jõuda nominaalkoormusele. Paagi soojuslikuks mahuks tuleks arvestada suvisel ajal minimaalselt 5,55 MWh, sest sellisel juhul on arvesse võetud nii ööpäevane keskmine tarbimine, katla käivitamisele kuluv üks tund, paagi ning võrgu soojuskaod. Sellise mahutavusega paagi suuruseks kujuneb 108 m³, mille välisdiameetriks võiks olla 5,212 m ning kõrguseks 5,17 m. Antud paak võiks olla atmosfäärirõhuga ning ühendatud võrguga sarnaselt peatükis 2 oleva joonisega 2.3. Taoline ühendusskeem on sobilik antud olukorras, kuna sellist tüüpi mahutid on odavamad võrreldes survestatud paakidega ning sellise paagi kasutamine on sobilik ka antud võrguparameetrite (suvel 60 °C ja talvel 80 °C) juures.

Üheks võimaluseks on veel jagada paagi maht mitme väiksema paagi vahel ära ning ühendada väiksemate mõõtudega paagid omavahel jadamisi nagu seda on näha lisa 1 skeemil, kus on kujutatud Seljametsa külas asuva katlamaja tehnoloogilist ühendusskeemi, kuhu installeeriti 2014 aasta kevadel kolm akumulatsioonipaaki iga üks 2,7 m³. Ühtlasi on Seljametsa küla ka esimene asula, kus SW Energia võttis kasutusele akumulatsioonipaagid eesmärgil, et suvise soojuse genereerimiseks kasutada biokütust.

5 KOKKUVÕTE

Soojuse akumulatsioonipaaki kasutades on võimalus salvestada soojust nii hooajaliselt kui ka lühiajaliselt. Kuigi hooajaline salvestamine on alles arengufaasis, siis lühiajaline salvestamine on igati kasulik, sest võimaldab salvestada tippudeks kuuma vett sel ajal kui tarbimine on madal vältides niimoodi tipukatla kulukat töötamist. Lisaks kui akumulatsioonipaak on ühendatud biokütusega köetavasse võrku, siis on võimalik hoida kokku kütust, kuna katel saab töötada perioodiliselt nominaalkoormusel kõrgema kasuteguriga.

Paikuse alevi soojusvõrgus, kus hetkel kasutatakse suvise kütusena gaasi, oleks mõistlik kasutusele võtta akumulatsioonipaak, sest siis oleks võimalik antud alevis ka suvisel perioodil, kui ööpäevane tarbimine ei ületa 5 MWh, soojuse genereerimiseks kasutada kütusena puiduhaket.

Lõputöös läbiviidud arvutuste tulemusena selgus, et mõistlik oleks paigaldada Paikusele 108 m³-ne soojuse akumulatsioonipaak. Seda seetõttu, et antud paagi mahust jätkuks 25 tunniks ning selle üles kütmiseks peaks puiduhakkekatel töötama nominaalsel koormusel umbes 5 tundi ja 35 minutit. Võrreldes teiste variantidega, siis nn rusikareegli järgi arvatud paagi maht oleks üpris väike ning katel peaks end tihedamalt käivituma, mis mõjuks katla töökindlusele halvasti. Ja vaadeldes paaki, mis oleks võimeline salvestama kolme ööpäeva nõudluse, siis sellise paagi üleskütmiseks kuluks 17,5 tundi, mis on üpris pikk aeg ning ka paagi maksumus on väga suur. Antud olukorras võiks kasutada atmosfäärirõhuga akumulatsioonipaaki.

Majandusliku poole pealt on akumulatsioonipaak üpris suur investeering, kuid kuludelt on võimalik küllalt korralikult kokku hoida, kui ehitada vana masuudimahuti ümber akumulatsioonipaagiks. Kui SW Energia OÜ õnnestuks hakata suvisel ajal soojuse genereerimiseks kasutama gaasi asemel puiduhaket, siis oleks kütuse maksumuse pealt kokkuhoid märkimisväärsed 12190 €. Lihttasuvusajaks uue akumulatsioonipaagi puhul tuleks 8 aastat. Teisel juhul, kui ehitatakse vanad mahutid ümber uueotstarbeliseks, 4 aastat 6 kuud. Antud lihttasuvusaja arvutuses on arvesse võetud ainult suvekuud, kuid soojema

kevad-sügis perioodi korral võib akupaagi efektiivse kasutamise periood pikem olla ning tasuvusaeg lüheneb.

Kokkuvõttes võin öelda, et töö eesmärk sai täidetud ning õnnestus välja arvutada ja võrrelda kolme erineva võimaliku suurusega akumulatsioonipaaki, mida Paikusele paigaldada. Lisaks sain majandusliku poole pealt teada palju tänu akumulatsioonipaagile on võimalik suvisel ajal kütuse ostult kokku hoida.

6 SUMMARY

It is possible to store heat seasonally as well as in short-term while using heat accumulation tank. Even though, seasonal thermal storage is still in a development phase, short-term storage is beneficial, because it allows to store hot water for peaks while the usage is low, therefore avoiding the expensive work of auxiliary boiler. In addition, if the accumulation tank is connected to biomass energy centre, it is possible to economise fuel usage, because the boiler can work periodically with high efficiency on nominal load.

In Paikuse borough district heating system, where at the moment gas is used as fuel during summer period, it would be reasonable to start using accumulation tank. Therefore, during summer period, when the circadian usage does not exceed 5 MWh in this borough, it is possible to use wood chips for generating heat.

With the calculations done for this thesis, it was shown, that it would be reasonable to install 108 m³ heat accumulation tank to Paikuse. Due to this, the given tank's capacity would hold out for 25 hours and for heating it up the biomass boiler should on nominal load work around 5 hours and 35 minutes. Comparing to the other variants, the calculation done according to the rule of thumb the capacity would be quite small and the boiler should frequently restart itself, which would be deficient for the boiler's work ability. While observing the tank, which would be able to store 3 circadian demand, the heating up for this would take 17,5 hours, which is quite long, the cost for this is also huge. In this situation it is advised to use atmospheric pressure storage tank.

On the financial side, the accumulation tank is quite big of an investment, but it is possible to cut down on expense if the old heavy oil container is converted to accumulation tank. If SW Energia OÜ has the opportunity of generating heat during summer period with wood chips instead of gas, the sparing on the fuel cost would be impressing 12190 €. In the first case, for the cost-benefit of new accumulation tank would be 8 years. In the second case, if the old containers are rebuilt for new usage the cost-benefit time would be 4 years 6 months. In the given calculation for cost-benefit time, only summer months are used, but during warmer spring-autumn period the effective accumulation tank usage period could be longer, and so the payoff time shortens.

In conclusion I am able to say, that the aim of this thesis is completed - I was able to evaluate and compare three different sizes accumulation tank to install to Paikuse. On the financial side, it was shown how much thanks to accumulation tank is possible to save from fuel cost during summer period.

7 KASUTATUD KIRJANDUS

1. Svend Frederiksen, Sven Werner “District Heating and Cooling” (2012 English edition), lk 227 – 233

2. Materjal soojuse salvestamisest

<http://www.energysavingtrust.org.uk/Generating-energy/Choosing-a-renewable-technology/Thermal-stores> (15.5.2014)

3. Materjal akumulatsioonipaakidest

<http://www.blakemoreandchell.co.uk/use-of-an-accumulator-thermal-store-or-buffer-tank/> (15.5.2014)

4. Paikuse valla kodulehekül

www.paikuse.ee (15.5.2014)

5. Konkurentsiameti kodulehekül

<http://www.konkurentsiamet.ee/?id=18308> (15.5.2014)

6. SW Energia OÜ kodulehekül

www.swenergia.ee (15.5.2014)

7. Katlatootja Gilles Eesti kodulehekül

www.gilles.ee (15.5.2014)

LISAD

Lisa 1. Seljametsa küla katlamaja tehnoloogiline ühendusskeem

