

TTÜ Energiatehnoloogia Instituut

**KAUGJAHUTUSE ARENDAMISE VÕIMALIK POTENTSIAAL HAAPSALU
LINNAS**

POTENTIAL FOR DEVELOPMENT OF DISTRICT COOLING IN HAAPSALU

BAKALAUREUSETÖÖ

Üliõpilane: Janella Paulus

Üliõpilaskood: 178880EACB

Juhendaja: Igor Krupenski

Tallinn 2020

AUTORIDEKLARATSIOON

Olen koostanud lõputöö iseseisvalt.

Lõputöö alusel ei ole varem kutse- või teaduskraadi või inseneridiplomit taotletud. Kõik töö koostamisel kasutatud teiste autorite tööd, olulised seisukohad, kirjandusallikatest ja mujalt pärinevad andmed on viidatud.

"2" juuni 2020.

Autor: Janella Paulus

/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"2" juuni 2020.

Juhendaja: Igor Krupenski

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

".....".....2020.

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina, Janella Paulus (sünnikuupäev: 21.10.1998)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Kaugjahutuse arendamise võimalik potentsiaal Haapsalu linnas,

mille juhendaja on Igor Krupenski,

1.1 reprodutseerimiseks lõputöö säilitamise ja elektroonse avaldamise eesmärgil, sh Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogusse lisamise eesmärgil kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni;

1.2 üldsusele kättesaadavaks tegemiseks Tallinna Tehnikaülikooli veebikeskkonna kaudu, sealhulgas Tallinna Tehnikaülikooli raamatukogu digikogu kaudu kuni autoriõiguse kehtivuse tähtaja lõppemiseni.

2. Olen teadlik, et käesoleva lihtlitsentsi punktis 1 nimetatud õigused jäävad alles ka autorile.

3. Kinnitan, et lihtlitsentsi andmisega ei rikuta teiste isikute intellektuaalomandi ega isikuandmete kaitse seadusest ning muudest õigusaktidest tulenevaid õigusi.

¹*Lihtlitsents ei kehti juurdepääsupiirangu kehtivuse ajal, välja arvatud ülikooli õigus lõputööd reprodutseerida üksnes säilitamise eesmärgil.*

Janella Paulus (*allkirjastatud digitaalselt*)

02.06.2020

TalTech Energiatehnoloogia Instituut

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Janella Paulus, 178880EACB

Õppekava, peeriala: Keskkonna-, energia- ja keemiatehnoloogia EACB17,
energiatehnoloogia

Juhendaja(d): Igor Krupenski, +372 5800 3989

Konsultant: (nimi, amet)

..... (ettevõtte, telefon, e-post)

Lõputöö teema:

Kaugjahutuse arendamise võimalik potentsiaal Haapsalus

Potential for development of district cooling in Haapsalu

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Anda ülevaade kaugjahutuse põhiolemusest
2. Tutvustada kaugjahutuse olukorda Eestis
3. Analüüsida kaugküttevõrgu rajamist Haapsalu linna

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Panna paika töö esialgne struktuur.	Veebruar 2020
2.	Kirjutada kaugjahutuse teoreetilist tausta.	Märts 2020
3.	Arvutuslik osa ning järeldused.	Aprill 2020
4.	Lõputöö vormistamine ning esitamine.	Mai 2020

Töö keel: eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** 2. juuni 2020.a

Üliõpilane: Janella Paulus "2" juuni 2020.a
/allkiri/

Juhendaja: Igor Krupenski "2" juuni 2020.a
/allkiri/

Konsultant: ".....".....2020.a
/allkiri/

Programmijuht: Oliver Järvik ".....".....2020.a
/allkiri/

SISUKORD

SISUKORD	5
EESSÕNA	6
Lühendite ja tähiste loetelu	7
SISSEJUHATUS	8
1. KAUGJAHUTUSEST ÜLDISELT	9
1.1 Kaugjahutuse ajalugu	9
1.2 Ülevaade jahutuse tootmise allikatest ja töö-põhimõte	10
1.3 Kaugjahutuse eelised lokaalsete jahutite ees	11
1.4 Jahutustegur	12
1.5 Ülevaade Tartu, Pärnu ja Tallinna kaugjahutus-süsteemidest	12
1.5.1 Kaugjahutus Tartus	12
1.5.2 Kaugjahutus Pärnus	13
1.5.3 Kaugjahutus Tallinnas	13
2. KAUGJAHUTUSE ARENDAMISE POTENTSIAAL HAAPSALUS	15
2.1 Potentsiaalsed tarbijad	15
2.2 Ülevaade võimalikest kaugjahutuse tootmise allikatest Haapsalus	15
2.3 Majanduslikud aspektid	16
2.4 Keskkonnaalased aspektid	17
2.5 Lühiuuring potentsiaalsete tarbijate seas	18
3. LÕPUTÖÖ ARVUTUSLIK OSA JA ESKIISID	20
3.1 Andmed hoonete kohta	20
3.2 Potentsiaalsete KJV-de eskiisid Maa-ameti kaardi põhjal	21
3.3 Arvutused	24
3.3.1 Tarbijate orienteeruvad jahutuskoormused	24
3.3.2 Jahutusjaamade orienteeruvad võimsused	25
3.4 Potentsiaalsete KJV-de eskiisid kasutades THERMOS Projecti programmi	26
KOKKUVÕTE	30
SUMMARY	32
KASUTATUD KIRJANDUS	34

EESSÕNA

Bakalaureusetöö teema ja pealkirja sõnastuse valisin välja Igor Krupenski poolt pakutud teemade seast. Kokkuleppel muutsime piirkonda, kus kaugjahutuse arendamise võimalikkust uurima hakkan. Juhendaja pakutud lõputöö teema oli „Kaugjahutuse arendamise võimalik potentsiaal Eesti linnades (v.a Tallinn, Tartu, Pärnu)“.

Tööd kirjutades hakkas fookus liikuma pigem Haapsalu linnale, kuna ma olen seal terve elu elanud ning kohaliku olukorraga kursis, näiteks suuremad võimalikud tarbijad ja nende asend kaardil, mis on oluline efektiivse kaugjahutusvõrgu torustike paiknemise määramisel. Seetõttu ongi töö uurimuslik osa viidud läbi minu kodulinna kohta.

Töö koostati ning andmed koguti Eestis, info on saadud valdavalt internetist. Töö valmimise käigus olen suhelnud ka kohalike potentsiaalsete kaugjahutuse tarbijatega.

Avaldan tänu lõputöö juhendajale!

Märksõnad: Kaugjahutus, arendamise võimalikkus, tarbijad, Haapsalu, bakalaureusetöö

Lühendite ja tähiste loetelu

DC – district cooling

HNRK – Haapsalu Neuroloogiline Rehabilitatsioonikeskus

KJ – kaugjahutus

KJS – kaugjahutussüsteem

KJV – kaugjahutusvõrk

SISSEJUHATUS

Valisin lõputöö teemaks kaugjahutuse arendamise võimaliku potentsiaali Haapsalu linnas, kuna kaugjahutus on tulevikutrend Eesti energeetikavaldkonnas ning väga hea alternatiiv hoonete lokaalsele jahutusele. Ka mujal maailmas on kaugjahutussüsteemid (edaspidi KJS) laialdaselt levinud ning enda efektiivsust, töökindlust ning kasumlikkust tõestanud. Fookus on suunatud Haapsalu linnale, kuna olen selle linnaga terve elu seotud olnud ning tunnen sealset potentsiaalset turgu.

Esimeses peatükis käsitlen kaugjahutuse valdkonda üldiselt ehk tutvustan kaugjahutuse ajalugu, kirjeldan tööpõhimõtet ning võrdlen lokaalseid jahuteid ja kaugjahutusvõrke. Lisaks annan lühiülevaate ka Eestis olemasolevatest KJS Tallinnas, Tartus ja Pärnus ning räägin tulevikutrendidest maailmas üldiselt.

Töö teises osas analüüsin Haapsalu linna vajadust ja valmisolekut kaugjahutusvõrgu rajamiseks. Eraldi uurin majanduslikke ja keskkonna-alaseid aspekte. Välja on toodud suuremad tarbijad ning nende seas läbiviidud lühiuuringu tulemused.

Kolmandas peatükis on loetletud hoonete netopindalad ning nende põhjal leitud orienteeruvad jahutusvõimsused hoonetele eraldi ja ka jahutusjaamadele. Lisaks on tehtud potentsiaalsete kaugjahutusvõrkude eskiisid Maa-ameti kaardirakenduse ja THERMOS programmi abil.

1. KAUGJAHUTUSEST ÜLDISELT

Kaugjahutus (edaspidi KJ) on süsteem, mille eesmärgiks on hoonete jahutamine analoogsel põhimõttel nagu kaugküttevõrkudes (edaspidi KJV) toimub hoonete kütmine. Kui kaugküttetorustikes voolab soe vesi, mis katlamajades soojendatakse, siis kaugjahutusvõrkude torudes voolab külm vesi, mis tuleb näiteks madalatemperatuurilisest veekogust või jahutatakse tööstuslikes seadmetes. Hoonete jahutamine on vajalik hea sisekliima hoidmiseks.

Põhiliselt vajavad jahutust tiheasustusega piirkondades asuvad büroohooned, kaubanduskeskused, haiglad, hotellid, kindlasti ka tootmishooned ja tehased. Erinevaid lahendusi kombineerides erinevatel aastaaegadel, optimeerides jahutusseadmete töörežiime ja võimsust, saab tarbijatele tagada töö- ja varustuskindluse. Kaugjahutus on levinud Põhjamaades, Kesk-Euroopas, Ameerikas ning ka Lähis-Idas. [1]

Enamasti paigaldatakse kaugjahutustorustik maa alla, vajadusel kasutatakse ka maapealseid torustikke. Maapealsete torustike puhul on olulisem arvestada ka välistingimustega, kuna nendega on otsene kontakt. Veel võivad torustikud paikneda veekogudes. [2]

Jahutusvee transportimiseks kasutatakse tavaliselt eraldi peale- ja tagasivoolu torusid. Võimalik on kasutada ka kaksiktorusid ehk ühe kesta sees paiknevad nii pealevoolu kui tagasivoolu isoleeritud torud. [2]

1.1 Kaugjahutuse ajalugu

Kaugjahutuse ajalugu saab alguse 1800ndate aastate algusest, kui tekkis vajadus juhtida hoonetesse puhast ja külma õhku. Sellest ajast ei ole veel teada toimivaid süsteeme, käisid ettevalmistused tööpõhimõtete ja tehnoloogiate arendamiseks.

Esimene teadaolev kaugjahutusvõrk rajati 1889. aastal Colorados Denveri linnas. Toona kasutati süsteemides ammoniaaki ja soolavett. Jahutust vajasisid näiteks teatrid ja kinod.

Sellele järgnes 1930.ndatel New York Rockefeller Centeri ja Ameerika Ühendriikide Kapitooliumi jahutamiseks loodud suure koormusega KJV süsteemid. [3] Rockefeller

Center on suur ärihoonetekompleks, idee eestvedaja John D. Rockefeller Jr. Kompleksi ehitusega alustati 1930ndatel, ametlikult avati 1933. [4]

Esimene KJS Euroopas rajati Pariisi, et jahutada La Defense kontorikompleksi 1967. aastal. 1989. aastal jõudis kaugjahutus Skandinaaviasse – KJS ehitati Norras Baerumi vallas.

1992. aastal alustati kaugjahutusvõrgu rajamisega Rootsis. Kolm aastat hiljem asutati KJV Stockholmi ning juba 5 aastat hiljem oli sellest võrgust saanud üks maailma keskkonnasäästlikum, energiatõhusam ja suurem KJS. [3]

1.2 Ülevaade jahutuse tootmise allikatest ja töö- põhimõte

Soodsaim ja eelistatuim lahendus kaugjahutuse tootmiseks on vabajahutusvee kasutamine otse veekogust, näiteks merest, järvest või jõest. Lisaks on võimalik kasutada ka põhjavett või lumesulamisvett. [5] Selle jaoks on vajalikud vaid torustikud, mis veekogust jahutusvett edasi kannavad ning pumbad voolu kiirendamiseks ja suunamiseks. Lisaks filtrid, mis eemaldaks veest tahked osakesed ning muudaks vee kvaliteedi jahutusveele sobilikuks. Kui vesi vabajahutusallikas ei ole piisavalt madala temperatuuriga, lisatakse vastavalt vajadusele hooajaliselt või aastaringselt jahutusseadmed – jahutusmasinate kondensaatorid. [6]

Elektri- ehk kompressorjahutite puhul viiakse vee või muu külmutusagensi aururõhk kõrgele elektrimootori jõul. [5]

Kolmas variant on kasutada absorptsioonjahuteid, mis kasutavad ära näiteks tehastes, tööstustes, jäätme põletusseadmetes ja energiatootmisjaamades tekkiva jääksoojuse. Absorptsioonjahuti tööpõhimõte seisneb selles, et aururõhud surutakse kokku ehk komprimeeritakse kõrgele rõhule jääksoojuse abil. Võrreldes tavaliste kompressorjahutitega tarbivad need oluliselt vähem elektrit. [6]

Jahutusseadmetest juhitakse vesi hoones sees või selle lähedal asuvasse jahutussõlme, kust edastatakse jahutus ventilatsioonisüsteemidesse. [8]

Parim kooslus on selline, et vabajahutusvett kasutatakse seni, kuni veekogu on piisavalt külm, absorptsioonjahuteid, kui soojuse tootmine on piisavalt soodne või piirkonnas tekib juba loomulikult jääsoojust mõne tööstuse tegevuse käigus ning elektrilisi jahuteid kõigil teistel juhtudel. [9] Jahutusvett on võimalik ka hooajaliselt salvestada ehk talvel kogutakse vesi kokku, säilitatakse seda jahutustornides ning jahutusena kasutatakse seda alles suvel. [6]

1.3 Kaugjahutuse eelised lokaalsete jahutite ees

KJS kasutamine kohtjahutite asemel on hinnatud 5 kuni 10 korda efektiivsemaks, kuna see on kohandatav vastavalt ning efektiivse algallika, näiteks vabajahutusvee olemasolul soodsam ja energiatõhusam kui lokaalne jahuti. [6]

Kaugjahutuse suurim eelis on see, et puudub vajadus suurte jahutusseadmete järele igas hoones, piisab vaid soojussõlme ostmisest. Alginvesteering on tarbijale hinnanguliselt 60-70% soodsam kui lokaalsete jahutite puhul. [7]

Kohalike jahutusseadmete puudumine on kasulik nii maja üldise visuaalse kujunduse seisukohast kui ka praktilise poole pealt – ruum, mille võtaks enda alla kompressorid ja konditsioneerid on vaba, et kasutada seda muudel eesmärkidel. [1]

Kaugjahutust kasutades on hoonete elektritarbimine märgatavalt väiksem võrreldes lokaalsete jahutusseadmete kasutamisega. Hinnanguliselt väheneb tavajahutuseks kuluva elektri maht 90% võrra võrreldes olukorraga, kus hoone on liitunud KJV-ga. Vahe tuleneb sellest, et kaugjahutusvõrk tarbib elektrit märgatavalt vähem ning lisaks ei mõjuta elektrihinna kõikumine tarbijat nii palju kui lokaalsete jahutite korral. [1]

Kuna KJV-s ei toimu kohapeal jahutusagensi (vee) temperatuuri langetamist, siis ei teki seal ka jahutusest tulenevat müra ning vibratsiooni, mida seevastu konditsioneerid märgatavalt tekitavad. Konditsioneeride puhul on võimalus, et süsteemis tekib leke ning ohtlikud ained satuvad keskkonda, KJ korral jõuab hoonesse torustike kaudu vaid vesi ning kui peaks tekkima avarii ja leke, siis sealt ei satu toksilisi aineid keskkonda või neid satub oluliselt vähem kui lokaalsete jahutusseadmete puhul. [1]

Näiteks täiesti uue hoone puhul on kaugjahutusvõrguga liitumise abil lihtsam saavutada paremat energiamärgist – väheneb jahutusele kulutatav elektrivõimsus võrreldes lokaalsete jahutitega. Uue hoone puhul on vaja KJV-ga liitumiseks väiksemaid alginvesteeringuid võrreldes jahutusseadmete ostmise ja installeerimise kulutustega. [8]

Eelis lokaalse jahutuse ees väljendub ka võimaluses integreerida jahutusvõrk kaugküttevõrguga ehk hoonetes tekkiv jääksoojus kogutakse kokku ning viiakse kaugküttevõrgu abil hoonetesse, mida on vaja kütta. [7]

1.4 Jahutustegur

Jahutustegur on suhe ajahetkel toodetud energia ja samal ajahetkel jahutuse tootmiseks kulunud primaarenergia vahel. Primaarenergia all arvestatakse näiteks soojust ja elektrit. See tegur näitab jahutuse tootmise efektiivsust ning seda tähistatakse lühendiga COP (Coefficient of Performance). Kompressorjahutite puhul on COP keskmiselt 3-5, absorptsiooniseadmete puhul aga 0,5-0,8. [10]

1.5 Ülevaade Tartu, Pärnu ja Tallinna kaugjahutus-süsteemidest

1.5.1 Kaugjahutus Tartus

Esimene KJS Eestis ning ühtlasi ka terves Baltikumis rajati Fortum Tartu AS-i poolt Tartus. Sealne süsteem on efektiivne tänu Emajõe, mida kasutatakse vabajahutusallikana oktoobrist aprillini, teistel kuudel kasutatakse tööstuslikke jahutusseadmeid - turbokompressoreid. [9]

Tartus on kasutusel Kesklinna, Lõunakeskuse ja Maarjamõisa külmajaamad. Kesklinna külmajaama projekteeritud võimsus oli 13 MW, hetkel installeeritud 8,4 MW ning jahutusvõrgu pikkus 5,9 km. Kaugjahutusjaamas toodetakse jahutust tööstuslike seadmete – chillerite, soojuspumba ning külma jõevee koosmõjul. Kesklinna külmajaam ühendati võrguga 2015. aasta oktoobris ning esimene tarbija oli Kvartali kaubanduskeskus, hetkel on võrku ühendatud 9 hoonet.

Lõunakeskuse külmajaama projekteeritud võimsuseks on 9,8 MW, hetke installeeritud 5,4 MW. Võrgu pikkuseks on 2,2 km ning sinna on ühenatud 6 hoonet, suurim tarbija neist Lõunakeskus. Seal ei kasutata vabajahutusallikat, kasutatakse jahutustorne. Jahutustornides on ka väga kuumal ajal veetemperatuur ligikaudu 20 kraadi, mis on jahedam kui suvine jõevesi. Vett puhastatakse UV-filtritega, et seal ei hakkaks vohama vetikad ja muu orgaanika.

2020. aastal lisandus Maarjamõisa kaugjahutusvõrk, mis jahutab haigla- ja ülikoolihooneid. See saab enda jahutusvee Aardla külmajaamast. [11]

Emajões elavate karpkalade tõttu on jõe mõjutamisele seatud ka piirangud. Süsteemi väljavoolutemperatuur ei tohi suureneda rohkem kui 3 °C, veetemperatuur väljavoolus ei tohi olla üle 20 oC ning sigimisperioodil üle 10 oC. [9] Praeguste uuringute põhjal on leitud, et KJV mõju Emajõeale on vähem kui 0,1 oC. [11]

1.5.2 Kaugjahutus Pärnus

Pärnu kesklinnas asuv kaugküttevõrk on rajatud Fortum Eesti AS poolt 2019. aastal. Võrgu pikkus on 0,5 km, projekteeritud võimsus 7 MW, hetkel installeeritud 3 MW. Vabajahutusallikana kasutatakse Pärnu jõe vett ning vajadusel jahutatakse seda jahutusseadmetega. Võrku on ühendatud 2 hoonet. [11 ja 12]

1.5.3 Kaugjahutus Tallinnas

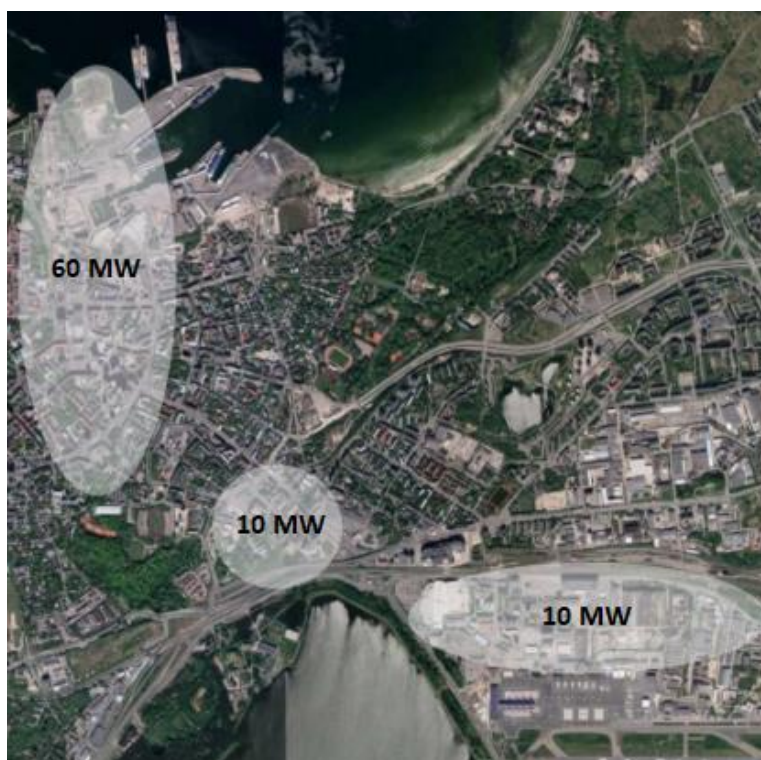
Esimesed kaugjahutusvõrgu kliendid Tallinnas olid Ülemistel Fahle Pargi kvartalis Zelluloosi piirkonnas asuvad kaks büroohoonet. See on rajatud AS Utiltas Tallinn poolt ning tööle hakkas 2019. aasta sügisest. [12] Planeeritud võimsus on 10 MW ning

arendusperioodi lõpuks on hetkel määratud 2029. aasta. Seal kasutatakse tavalisi veejahuteid, kuna vabajahutusallika võimalust ei ole. [7]

Teine planeeritav KJV piirkond Tallinnas asub Ülemistes. Arendusperiood on 2020. – 2030. aastatel. Selle piirkonna jaoks on planeeritud ka eraldi kaugjahutusjaam. Hinnanguliseks võimsuseks on hetkel 30 MW. Hetkel projekteeritakse trasse ning järgmine samm on jaama projekteerimine. Trasside projekteerimisel planeeritakse nii kaugjahutus- kui ka kaugküttevõrke.

Kolmas piirkond, kuhu planeeritakse kaugjahutusvõrgu rajamist on kesklinn. Võimsust hinnatakse büroohoonete ja kaubanduskeskuste baasil. Eluhoonete liitumist hetkel ettenähtud ei ole, kuna see ei ole majanduslikult mõistlik. Praegu on võimsuseks hinnatud 60 MW. Arendusperioodiks on määratud aastad 2019. – 2035.

Kesklinna piirkonda plaanitakse rajada kaugjahutusjaam ning eelisenähtena teiste piirkondade ees on võimalik vabajahutusallikana ja seadmete jahutusena kasutada ka merevett. [7]



Joonis 1.1: Kaugjahutuse võimsused Tallinnas [7]

2. KAUGJAHUTUSE ARENDAMISE POTENTSIAAL HAAPSALUS

2.1 Potentsiaalsed tarbijad

Potentsiaalseteks kaugjahutuse tarbijateks Haapsalu linnas valisin järgmised hooned: Haapsalu Spordi ja Veekeskus, Lihula mnt 3 ärihoone, Rimi, Kaubamaja, Nurme Vabrik, Linnavalitsuse hoone, Maxima, Kultuurikeskus, Läänemaa Haigla, Läänemaa Ühisgümnaasium, Wiedemanni Spordihoone, Spa Hotel Laine ja Haapsalu Neuroloogiline Rehabilitatsioonikeskus (edaspidi HNRK).

Valiku tegemisel lähtusin ka sellest, et välistasin üksikud suuremad tarbijad, kes tõenäoliselt võiksid samuti selles nimekirjas olla, aga jäid teistest hoonetest liiga kaugele. Need on näiteks Rannarootsi keskus Uuemõisas ja Fra Mare spaa.

Kuna suuremad tarbijad on kogunenud pigem kesklinna piirkonda, kus pole otseselt võimalik vabajahutusallikana merevett kasutada, pakun lõputöös välja teise võimalikku alternatiivi – esimese võrgu puhul kasutatakse vabajahutusallikana merevett ning ühendatud on kõik eelpool loetletud potentsiaalsed tarbijad. Teise võrgupiirkonna ehk kesklinna piirkonna jahutamiseks kasutatakse vaid kaugjahutusjaama, kuna seal ei ole piisavalt lähedal ühtegi vabajahutusallikaks sobivat kohta. Sinna võrku on ühendatud Spordi ja Veekeskus, Lihula mnt 3 ärihoone, Rimi, Kaubamaja ja Nurme Vabrik.

Kolmas võrgupiirkond on Laine spaa ning Rehabilitatsioonikeskuse ala, mille eelis seisneb selles, et need mõlemad paiknevad veekogude ääres – vabajahutusallikas on väga lähedal. Lisaks ka see, et hooned on üksteisele väga lähedal ehk investering torustike paigaldamisse tuleb väiksem.

2.2 Ülevaade võimalikest kaugjahutuse tootmise allikatest Haapsalus

Kuna linn asub Haapsalu lahe ja Tagalahe ääres, siis teoreetiliselt oleks võimalik merevett hoonete jahutamiseks kasutada. Lahtede vesi on aga väga kehvast seisukorras

ning veekogud on madalapõhjalised, taimestikurikkad ja mudased. Veehaarde osa peaks aga olema võimalikult sügaval pinnases, samal ajal mitte liiga lähedal veesetetele.

Lisaks on ka järv – Väike Viik, mille veetaset reguleeritakse juba praegu kunstlikult kraavide kaudu, mis on merega ühendatud. Väikese Viigi pindala on 17,1 ha ning selles on üks saareke, pindalaga ligikaudu 50 m². [14]

Minu hinnangul oleks just Väikese Viigi või Vana holmi piirkonna rannikuvee kasutamine vabajahutusallikana kõige efektiivsem, kuna seal on sügavaimad kaldaääred potentsiaalse KJV piirkonnas.

2.3 Majanduslikud aspektid

Mereäärse linnana on Haapsalul olemas eeldus, et kasutada merevett vabajahutusallikana, mis on soodsaim allikas kaugjahutuse tootmiseks. Eeldustena on olemas ka Utilitase kaugküttevõrk ning katlamaja ehk nemad võiksid olla projektist tellijatena huvitatud.

Probleemiks võimalike klientide leidmisel tuleks tõenäoliselt see, et kes jahutust vajab, sellel on ilmselt juba tehtud investeeringud lokaalsesse jahutusse. Uute hoonete rajajad oleks tõenäoliselt huvitatud KJV-ga liitumisest, et saavutada parem energiaklass.

Vestlesin lõputöö teemal ka Haapsalu linnapea Urmas Suklesega, kelle arvates oleks kaugjahutusvõrgu rajamine Haapsalu linna liiga kallid ning see ei tasuks ära, kuna kuum on aastas maksimaalselt 30 päeva aastas. Vestluse käigus sain ka teada, et Haapsalu linnavalitsuse hoonel on hetkel paigaldatud paikjahutid ning näiteks Fra Mare spaal puudub jahutus täielikult, kuna puudub vastav vajadus.

2.4 Keskkonnaalased aspektid

Haapsalu Lahe rannikuveekogum asub Lääne-Eesti vesikonnas. Lahe kogupindala on 42,18 km², keskmine sügavus jääb 1,5-2 meetri piiridesse. Maksimaalne sügavus on kuni 5 meetrit. Haapsalu Eeslaht on üsna heas veevahetuses mitmete jõgede, ojade ja kraavide kaudu, põhiline veevahetus toimub Väinamerrega. Tagalaht aga poolsuletud mereosa ning kuna sinna suunatakse ka Haapsalu linna reovesi, siis on Tagalahe seisukord halvem. Koondveekogumi seisukord on 2019. aastal hinnatud halvaks või väga halvaks.

Mõlemad lahed on väga taimestikurikkad – Eeslahes domineerib põisadru, Tagalahes mändvetikad ja soontaimed. Roostikualad moodustavad lahtede pindaladest ligikaudu 25%.

Looduskaitsealustest kalaliikidest leidub teoreetiliselt Haapsalu lahes 3. kategooria atlandi tuur, kes on kantud ka punasesse raamatusse, kategoorias „Eestis hävinud“. Lisaks sama kategooria kalad hink ja võldas. Punase raamatu liikidest tähelepanuväärseim on merisiia meres kudev vorm. Kalade massiline hukkumine talvisel perioodil on põhjustatud tugeva eutrofeerumise poolt, kuna veekogudes tekib hapnikupuudus. Eriti tugevalt mõjutab see talvel jääalust mereelustikku.

Linn asub küll mere ääres, aga veekogude põhjad on mudased ning enamasti üsna madalad. Lisaks sellele, on veekogude saastatuse tase üsna kõrge – Haapsalu Tagalaht on Eesti kõige saastatum veekogu. Tagalaht on küllastunud toitainetega nagu lämmastik ja fosfor, mis soodustavad madalas vees taimede ja vetikate kasvu. [13] Põhjus seisneb ebakorrapäraselt toimivas reoveepuhastis, mis ei toimi hästi, kui õhutemperatuur on madalam kui 12 kraadi. Nendel perioodidel jõuab linna reovesi veekogudesse sisuliselt puhastamata. [16]

Kuna pealmise veekihi keskmine temperatuur aasta lõikes on ligikaudu 7 °C, siis sobiks see kaugjahutusvõrgu jaoks väga hästi. Suvekuudel on probleemiks kuni 28 kraadini soojenev pinnavesi. Madalamates kihtides on vesi küll külmem, aga siiski oleks vajalik vee jahutamine olulisel määral suvekuudel. [15]

2.5 Lühiuring potentsiaalsete tarbijate seas

Uuringu läbiviimiseks kasutasin Google'i vorme. Küsimustik koosnes 7st kohustuslikust küsimusest ning ühest vabatahtlikust küsimusest, kus vastajad said avaldada enda arvamust vabas vormis või anda tagasisidet. Küsimustiku saatsin laiali Gmaili teel. Küsitluse viisin läbi eelpool mainitud potentsiaalsete tarbijate vahel (ptk 2.1).

Küsitluse käigus oli vastajatel vaja märkida ära asutuse nimi. Uurisin, kas vastajad teavad, mis on kaugjahutus, kas nad oleksid huvitatud viima enda hoone jahutuse üle kaugjahutusele, kui see võimalus oleks Haapsalu linnas olemas. Veel olid küsimused kaugjahutusteguri kohta – kas vastajad teavad üldse, mis on jahutustegur ning kas kaugjahutuse parem kaalumistegur võrreldes lokaalse jahutusega motiveeriks neid liitma enda hoonet KJV-ga. Küsitluses oli vaja valida loetelust 3 olulisemat argumenti, mida järgitakse valides enda hoonetele jahutust. Valikuvariantideks olid energiatõhusus, keskkonnasäästlikkus, müratase, vibratsioon, töökindlus, hoone fassaadi esteetilisus ek hooneväliste jahutusseadmete ilme, elektri kulu ning alginvesteering. Lisaks oli küsimus ka hoonete praeguse jahutussüsteemi kohta.

2.6 Küsitluse tulemused

Küsitluse saatsin välja 12-le asutusele 13st töös välja pakutud potentsiaalsetest KJ tarbijatest. Lihula mnt 3 kinnistu omaniku kontakte ei õnnestunud mul leida. Neist vastas küsitlusele 8 ehk 67 protsenti. Tagasisidet sain Haapsalu Tarbijate Ühistu, Linnavalitsuse, Spaahotell Laine, Nurme Vabriku, Kultuurikeskuse, Läänemaa Ühisgümnaasiumi, Maxima ja HNRK esindajatelt.

Esimeses küsimuses, kus uurisin, kas vastajad teavad, mis on kaugjahutus, vastas vaid üks inimene, et ta ei tea, mis on kaugjahutus. Vastust sellele küsimusele võis mõjutada ka see, et meilis, mille saatsin hoonete esindajatele, selgitasin ka ise, mis on kaugjahutus ning seetõttu on tagantjärele keeruline määrata, kui paljud vastanutest teadsid juba enne seda, mis on kaugjahutus.

Täpselt pool vastajatest teadis, mis on kaugjahutustegur ning kaugjahutuse parem kaalumistegur võrreldes lokaalsete jahutitega motiveeriks 7 vastajat 8st viima enda hoonet üle kaugjahutusele.

Vaid ühe hoone esindaja ei olnud huvitatud enda hoone üle viimist kaugjahutusele, kui selline võimalus oleks Haapsalu linnas olemas. Tegemist on sama hoonega, mille esindajat ei motiveerinud parem kaalumistegur.

Küsimuses, kus palusin vastajatel valida kolm olulisemat argumenti hoonele jahutuse valimiseks oli populaarseim energiatõhusus – seda hindas üheks olulisemaks punktiks 6 vastajat. Sellele järgnes 4 häälega elektri kulu ning alginvesteeringu suurus. Olulisuselt kolmandale kohale jäi keskkonnasäästlikkus, sellele järgnesid müratase ning töökindlus. Kõige vähem oluliseks peeti vibratsiooni ning hoone välisfassaadi esteetilisust hooneväliste jahutusseadmete näol – mõlemaid vastuseid valiti ühe korra. Lisaks minu pakutud variantidele toodi ühe vastaja poolt välja ka järelhoolduskulude olulisus.

Küsitletavatest hoonetest 2 hoonet ei tarbi üldse jahutust. Ülejäänud jahutavad enda hoonet hoonesiseste tsentraalsete ja lokaalsete jahutussüsteemidega või täidab jahutusfunktsiooni sundventilatsioon.

Viimases küsimuses, kus vastajad said vabalt tagasisidet anda, märgiti ära, et väga oluline faktor on justnimelt süsteemiga liitumise maksumus. Lisaks sooviti ka edu töö valmimiseks.

3. LÕPUTÖÖ ARVUTUSLIK OSA JA ESKIISID

3.1 Andmed hoonete kohta

Arvutustes kasutan hoonete suletud netopindalasid ja köetavate alade pindala. Need kattusid Ehitisregistri andmetel kõigil hoonetel peale Rehabilitatsioonikeskuse ja Rimi hoone. Mõnel hoonel puudus EHR-i andmetel köetava ala pindala.

1. Spa Hotel Laine (Sadama tn 9 // 11): Sanatoorium 3710,9 m² + restoranikorpus ja ujula 2517,1 m², kokku 6228 m²
2. Haapsalu Neuroloogiline Rehabilitatsioonikeskus (Sadama tn 16): netopind 7166,9 m², köetav pind 5 964,3 m²
3. Läänemaa Ühisgümnaasium (F. J. Wiedemanni tn 15): 3689,3 m²
4. Wiedemanni spordihoone (F. J. Wiedemanni tn 15a): 2391,5 m²
5. Läänemaa Haigla (Vaba tn 6): 7915,4 m²
6. Kultuurikeskus (Posti tn 3): 6797,6 m²
7. Maxima hoone (Posti tn 30): 1949,1 m²
8. Linnavalitsuse hoone (Posti tn 34): 1329,2 m²

Haapsalu Linnavalitsuse ehitusjärelvalve spetsialisti Tõnu Tammesalu sõnul on Linnavalitsuse hoonesse paigaldatud 39 lokaalset jahutusseadet, neist igaüks võimsusega üle 2 kW. See teeb hoone jahutuskooormuseks üle 78 kW.

9. Nurme vabrik (Turu tn 5): 1 383,2 m²
10. Kaubamaja (Tallinna mnt 1): 14 235,5 m²

Lisaks sain Haapsalu Kaubamaja jahutuskooormuste kohta täpsemat infot Haapsalu Tarbijate Ühistu esimehe Raimond Lunevi käest: 3. korrusel on jahutatavat pinda 600 m², 2. korrusel 3000 m², 1. korrusel 5000 m² ja 0 korrusel 2000 m². Jahutust vajavad 1., 2. ja 3. korrus, osaliselt ka keldrikorrus.

11. Lihula mnt 3 ärihoone (Lihula mnt 3): 3566,3 m²
12. Haapsalu Rimi (Jaama tn 32): netopind 2055,2 m², köetav pind 2000,9 m²

13. Haapsalu Spordi ja Veekeskus (Lihula mnt 10 ja 10a, kokku kolm hoonet):
Spordihoone 1789,7 m² + 5468,8 m², veekeskus 2201 m², kokku 9459,5 m².

Pindalad on võetud Ehitisregistri andmebaasist. [17]

3.2 Potentsiaalsete KJV-de eskiisid Maa-ameti kaardi põhjal

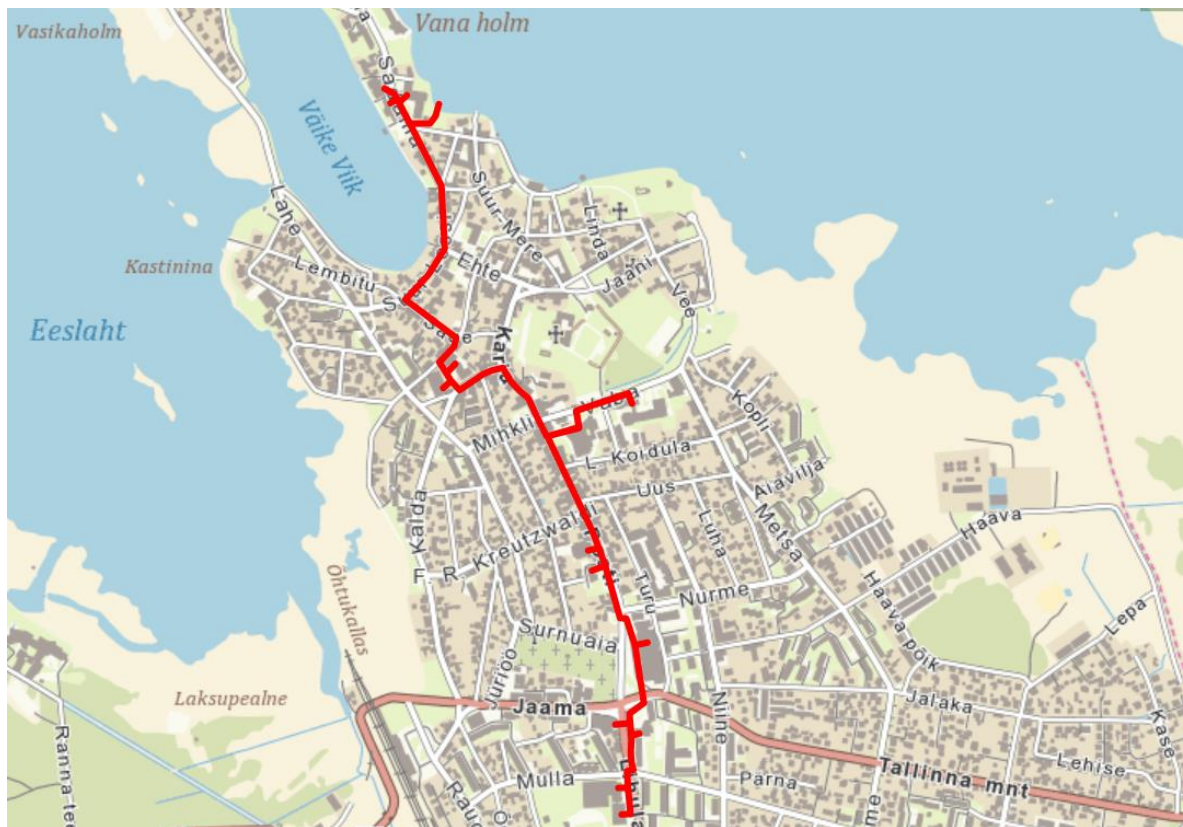
I võrgupiirkond: Vanalinn ja kesklinn

Võrgu kogupikkus: ligikaudu 3500 m

Ühendatavate hoonete arv: 15

Tarbijad: Haapsalu Neuroloogiline Rehabilitatsioonikeskus (HNRK), Spa Hotel Laine (2 hoonet), Läänemaa Ühisgümnaasium, Wiedemanni Spordihoone, Läänemaa Haigla, Kultuurikeskus, Maxima, Linnavalitsuse hoone, Nurme Vabrik, Kaubamaja, Rimi, Lihula mnt 3 ärihoone, Haapsalu Spordi ja Veekeskus

Jahutuse tootmise allikas: vabajahutusallikana vesi Väike Viigist või Vana holmist, lisaks kompressorjahutid.



Joonis 3.1: I võrgupiirkond, Maa-ameti kaardirakendus [18]

II võrgupiirkond: Kesklinn (Haapsalu Kaubamaja piirkond)

Võrgu kogupikkus: ligikaudu 800 m

Ühendatavate hoonete arv: 7

Tarbijad: Spordi- ja Veekeskus (kokku 3 hoonet), Lihula mnt 3 ärihoone, Rimi, Kaubamaja ja Nurme Vabrik

Jahutuse tootmise allikas: kompressorjahutid



Joonis 3.2: II võrgupiirkond, Maa-ameti kaardirakendus [18]

III võrgupiirkond: Laine spa ja Rehabilitatsioonikeskuse piirkond

Võrgu kogupikkus: ligikaudu 150 m

Ühendatavate hoonete arv: 3

Tarbijad: Laine spa 2 hoonet ja Rehabilitatsioonikeskus

Jahutuse tootmise allikas: vabajahutusallikana vesi Väike Viigist



Joonis 3.3: III võrgupiirkond, Maa-ameti kaardirakendus [18]

3.3 Arvutused

3.3.1 Tarbijate orienteeruvad jahutuskoormused

Bürooruumide jahutuskoormus jääb suurusjärku 40 kuni 150 W/m² [19], arvutustes kasutan selle vahemiku keskväärtust ehk $(150-40)/2=55$ W/m². Täpne jahutuskoormus sõltub reaalsuses paljudest detailidest, mida selle töö mahus ei arvestata. Näiteks hoone arhitektuurilised lahendused – välisfassaadi materjal, paksus jm parameetrid, klaasfassaad või akende osakaal seintes ning ka hoone kütte, ventilatsiooni ja jmahutuslahendustest.

1. Spa Hotel Laine: pindala 6228 m², arvutuslik jahutuskoormus 0,34 MW
2. HNRK: pindala 5 964,3 m², arvutuslik jahutuskoormus 0,33 MW
3. Läänemaa Ühisgümnaasium: pindala 3689,3 m², arvutuslik jahutuskoormus 0,2 MW

4. Wiedemanni spordihoone: pindala 2391,5 m² , arvutuslik jahutuskoormus 0,13 MW
5. Läänemaa Haigla: pindala 7915,4 m², arvutuslik jahutuskoormus 0,44 MW
6. Kultuurikeskus: pindala 6797,6 m², arvutuslik jahutuskoormus 0,37 MW
7. Maxima hoone: pindala 1949,1 m², arvutuslik jahutuskoormus 0,11 MW
8. Linnavalitsuse hoone: pindala 7600 m², arvutuslik jahutuskoormus 0,07 MW
9. Nurme vabrik: pindala 1 383,2 m², arvutuslik jahutuskoormus 0,08 MW
10. Kaubamaja: pindala 5600 m² , arvutuslik jahutuskoormus 0,42 MW
11. Lihula mnt 3 ärihoone: pindala 3566,3 m², arvutuslik jahutuskoormus 0,2 MW
12. Haapsalu Rimi: pindala 2000,9 m², arvutuslik jahutuskoormus 0,11 MW
13. Haapsalu Spordi ja Veekeskus: pindala 9459,5 m², arvutuslik jahutuskoormus 0,52 MW

3.3.2 Jahutusjaamade orienteeruvad võimsused

I võrgupiirkond: Vanalinn ja kesklinn

Koguvõimsus: $0,34 + 0,33 + 0,2 + 0,13 + 0,44 + 0,37 + 0,11 + 0,07 + 0,08 + 0,42 + 0,20 + 0,11 + 0,52 = 3,32$ MW

II võrgupiirkond: Kesklinn (Haapsalu Kaubamaja piirkond)

Koguvõimsus: $0,08 + 0,42 + 0,2 + 0,11 + 0,52 = 1,32$ MW

III võrgupiirkond: Laine spaa ja Rehabilitatsioonikeskuse piirkond

Koguvõimsus: $0,34 + 0,33 = 0,67$ MW

3.4 Potentsiaalsete KJV-de eskiisid kasutades THERMOS Projecti programmi

THERMOS (Thermal Energy Resource Modelling and Optimisation System) on tasuta programm kaugkütte ja -jahutuse planeerimiseks. Programmis saab määrata piirkonna, kus soovitakse kaugkütte või kaugjahutusvõrku rajada, valida hooned ning teed, mis peaksid sellel alal kindlasti võrku ühendatud olema, millised on võrgus vastavalt Thermos programmi otsusele ning milliste hoonete või teede kasutamine on keelatud. Sisestades korrektsed algandmed, on võimalik programmi abil üsna täpselt määrata ka projekteeritava võrgu maksumus, torustike läbimõõdud ja võimsused.

I võrgupiirkond: Vanalinn ja Kesklinn

Eskiisi valmistamist alustasin sellega, et määrasin hooned, mida soovin ühendada võrku. Nendeks olid kõik eelpool mainitud I võrgupiirkonda kuuluvad hooned. Teede kasutamisel piiranguid ei seadnud.

Kui minu pakutud versioonis kuulus samasse võrku ka HNRK ning Laine Spaa, siis THERMOSe hinnangul jäid need tarbijad teistest siiski liiga kaugele, et tasuks need võrku ühendada. Küll aga lisas programm juurde mitmeid väiksemaid hooneid, millega ma ise eskiise valmistades arvestanud ei olnud. THERMOS rakendus lisas veel 30 uut hoonet võrku, kelle puhul on hinnanguline jahutusvajadus piisav ning mis jäid projekteeritava võrgu lähedusse. Enamik neist paiknevad Posti tänava ääres ning on väikesed kohvikud ning poed. KJV võimsuseks tuli 4,28 MW, tarbijaid kokku 53.



Joonis 3.4: I võrgupiirkond, THERMOS rakendus [19]

II võrgupiirkond: Keslinn (Haapsalu Kaubamaja piirkond)

Kohustuslikeks hooneteks märkisin Spordi- ja Veekeskuse, Lihula mnt 3 ärihoone, Rimi, Kaubamaja ja Nurme Vabriku. THERMOS hindas tõenäoliselt Nurme vabriku jahutusvajadust liiga väikseks ning asukohta teistest tarbijatest liiga kaugeks. Uusi liitujaid selle eskiisi puhul ei lisandunud. Tarbijate arvuks sai 7 ning võimsus 1,89 MW.



Joonis 2: II võrgupiirkond, THERMOS rakendus [19]

III võrgupiirkond: Laine spaa ja Rehabilitatsioonikeskuse piirkond

Kohustuslikud hooned selle võrgu puhul olid HRNK ning Laine Ravispaa kaks hoonet. THERMOS ei teinud ettepanekut lisada ühtegi hoonet ega ka mõnda välja jätta. Võrgupiirkonna võimsus 3 hoone kohta on 0,337 MW.



Joonis 3.5: III võrgupiirkond, THERMOS rakendus [20]

KOKKUVÕTE

Kaugjahutus on analoogne süsteem kaugküttele, kus lokaalselt toodetakse energiat, mis kantakse mööda torustikke tarbijate soojusvahetitesse edasi. Nagu ka kaugküte, on kaugjahutus eriti efektiivne just tiheasutustega piirkondades ning kuna ka Eestis järjest uusi büroohooneid, hotelle, kaubanduskeskusi jt hooneid ehitatakse, siis nende kõigi eraldi jahutamine on nii looduslikust kui ka majanduslikust aspektist vaadatuna üsna koormav.

Teoreetiline ettevalmistus KJV-de rajamiseks sai alguse 1800ndate aastate alguses. Esimene toimiv kaugjahutusvõrk rajati 1889. aastal Colorados asuvas Denveri linnas. Sellele järgnes mahukas KJ projekt Rockefeller Centeri ja USA Kaptooliumi jahutamiseks 1930ndatel aastatel. Euroopasse jõudis kaugjahutus 1967. aastal.

Kaugjahutuse tootmiseks on võimalik kasutada kompressor- või absorptsioonjahuteid. Kõige efektiivsemad tulemused saadakse, kui jahutatavas piirkonnas on võimalik kasutada lisaks ka vabajahutusveena aastaringselt piisavalt jaheda veega veekogu.

Võrreldes lokaalsete jahutusseadmetega on kaugjahutusel märkimisväärselt eeliseid – hoone liitmisel kaugjahutusvõrku on 60-70% väiksemad alginvesteeringud seadmetesse võrreldes lokaalsete jahutitega, KJ-ga on hoonele lihtsam saavutada paremat energiatõhususe klassi, kuna energiatarbimine on väiksem isegi kuni 90%. Lisaks on kaugjahutuse puhul madalam vibratsiooni- ja müratase ning lekkeoht. Kaugjahutuse korral on ka oluliselt väiksem negatiivne mõju keskkonnale.

Eesti esimene KJV rajati Tartusse 2015. aastal, praeguseks on seal juba 3 kaugjahutuspiirkonda – Kesklinn, Lõunakeskus ja Maarjamõisa. Järgmisena sai KJV Pärnu 2019. aastal. Nii Pärnu, kui ka Tartu võrgud on rajatud Fortumi poolt. Tallinnas on hetkel KJV Fahle Kvartalis kahe büroohoone jaoks. Planeeritakse rajada ka Ülemistesse ja Kesklinna.

Haapsalu linna potentsiaalsete KJ tarbijate valimist alustasin sellest, et kaardistasin potentsiaalsed tarbijad ning välistasin kõik, kes jäid teistest kaugemale. Esialgsest ideest teha üks suur KJV vanalinnast kesklinnani arenes välja kaks väiksemat piirkonda, mis mõlemad jäid esialgse võrgu eri otstesse.

Minu arvates on kõige mõistlikumad ja reaalsemad piirkonnad Haapsalus kaugjahutusvõrkude rajamiseks II võrgupiirkond: Kesklinn ehk Haapsalu Kaubamaja piirkond) ning III piirkond ehk Laine spaa ja Rehabilitatsioonikeskuse piirkond. Esimesena väljapakutud piirkond, kus ühendasin eskiisil võrku kõik potentsiaalsed

tarbijad, läheks tõenäoliselt liiga kulukaks, kuna hooned paiknevad osaliselt üksteisest liiga kaugel ning selle väljaehitamise kulud torustikele ja kaevetöödele oleksid kallid.

Haapsalus on mereäärse linnana teoreetiliselt olemas eeldus, et kasutada vabajahutusveena mere või järvevett vabajahutusveena, aga otsutavaks takistuseks võib saada veekogude halb kvaliteet ning madalad ja mudased põhjad.

Töö valmimise käigus viisin Google Docsi abil läbi küsimustiku potentsiaalsete tarbijate seas. Sellele vastas 67% kõigist neist, kellele küsimustiku välja saatsin. Küsimustiku eesmärk oli kaardistada hoonete praegune jahutusmeetod, saada ülevaade sellest, kui hästi vastajad on üldse kursis kaugjahutusega ning suhtumine KJV-ga liitumiseks.

Enamus vastajatest teadis juba varem, mis on kaugjahutus ning KJ parem kaalumistegur võrreldes lokaalse jahutusega motiveeriks 8st vastajast 7 viima enda hoonet üle kaugjahutusele. Kõigist vastanutest vaid üks ei olnud huvitatud enda hoone üleviimisest kaugjahutusele, kui selline võimalus oleks. Hetkel ei tarbi vaid 2 hoonet üldse jahutust. Kõige olulisemaks aspektiks valides hoonele jahutust peeti energiatõhusust, tähtsusetel teisel kohal olid elektri kulu ning alginvesteering.

Lõputöö arvutuslikus osas arvasin hoonete pindalad, et saaksin teada orienteeruva jahutuskoormuse ning seeläbi leida võrgupiirkondade koormused. Lisaks valmisid potentsiaalsete võrkude eskiisid nii Geoinfosüsteemi kaartide põhjal, kui ka THERMOS programmi kasutades.

Geoinfosüsteemi kaartidel on trasseering valitud minu eelistuste põhjal, THERMOS programm tegi seda aga automaatselt enda süsteemidele tuginedes. THERMOS arvutas lisaks automaatselt välja ka võrgupiirkondade võimsused ning lisas juurde või eemaldas potentsiaalseid tarbijaid vastavalt nende jahutusvajadusele ja asukohale teiste tarbijate suhtes. Veel arvutas programm automaatselt välja võrgupiirkondade võimsused.

Uurimistööd samal teemal saaks jätkata uurides spetsiifilisemalt Haapsalu veekogude võimalikkust vabajahutusallikana. Lisaks oleks võimalik laiendada uuritavat piirkonda näiteks Uuemõisa alevikuni, mis asub Haapsalu linna idapiiril. Ka seal on üks suur ostukeskus, mitmeid tehaseid ja poode. Ka Uuemõisa alevik piirneb Haapsalu lahega ehk seal oleks samuti teoreetiline vabajahutusallikas olemas.

SUMMARY

District cooling is an analogous system to district heating, where energy is produced locally and then transmitted through pipelines to consumers heat exchangers. As well as district heating, district cooling is especially effective in densely populated areas and since new office buildings, hotels, shopping malls and other buildings are being built in Estonia, cooling them all separately is quite burdensome from natural and economic point of view.

Theoretical preparation for district cooling systems began in 1800s. The first functioning DC system was established in 1889. in Denver, Colorado. After that, large-scale DC project for Rockefeller Centre and the United States Capitol were built in 1930. DC reached Europe in 1967.

To produce DC, is possible to use compressor- or absorption coolers. The most effective systems are the ones, where there is a possibility of an free cooling source with temperature low enough.

In comparison to local cooling devices, district cooling has a lot of benefits. For example, connecting a house to DH network, initial investments are about 60-70% lower, it's much easier to achieve a better energy efficiency class, because energy consumption is lower by up to 90%. In addition, district cooling has lower levels of vibration and noise and the risk of leakage. In the case of district cooling, the negative impact on the environment is significantly lower.

The first DC system in Estonia was built in Tartu in 2015. By now, there is three DC areas – Kesklinn, Lõunakeskus and Maarjamõisa. The next district cooling network was built in Pärnu in 2019. Both Tartu and Pärnu DC networks have been established by Fortum. In Tallinn there is one DC system in Fahle Kvartal which is used for two office buildings. In future, there are plans for DC networks in Ülemiste and Kesklinn too.

To choose consumers for DC in Haapsalu, I started the selection by mapping buildings with bigger potential for cooling demands and excluding the ones who were too far from the others. From my first idea, which was to make one big DC network from old town to city centre, it soon developed to two smaller ones in each ends of initial network.

In my opinion, the most reasonable and realistic DC areas in Haapsalu are II network area in the city centre (Haapsalu Kaubamaja area) and III network area near Laine Spa and Rehabilitation centre. The first area I offered, where all the potential users were

connected with one network, would be too expensive, because buildings are far from each other so that the cost of the pipelines and their excavation would be high.

In Haapsalu as a seaside town, there is theoretically an assumption for free cooling source from the sea or lake, however, poor water quality, shallow and muddy bottoms can be a decisive obstacle.

In the course of my thesis I also conducted a questionnaire among potential consumers. This was answered by 67% of all those to whom I sent it. The aim of the questionnaire was to map the current cooling method of the buildings, to get an overview of how well the respondents are familiar with district cooling and their attitude towards joining DC.

Most of the respondents already knew what district cooling is. DC better coefficient of performance compared to local cooling would motivate 7 out of 8 respondents to replace their building current system with district cooling if there was a possibility. Currently, only 2 buildings do not consume cooling at all. The most important aspect when choosing cooling for the building was considered to be energy efficiency, the second most important were electricity consumption and initial investment.

In the computational part of the thesis, I calculated the areas of the buildings in order to know the approximate cooling load and thus to find the loads in the network areas. In addition, sketches of potential networks were prepared both on the basis of GIS maps and using the THERMOS program.

On the maps of the Geoinfosüsteem, the tracing was selected based on my preferences, but the THERMOS program did it automatically based on its own systems. THERMOS also automatically calculated the capacities of the network areas and added or removed potential customers according to their cooling needs and location in relation to other customers. In addition, the program automatically calculated the capacities of the network areas.

Research on the same topic could be continued by analyzing more specifically the possibility of Haapsalu water bodies as a free cooling source. In addition, it would be possible to expand the study area to, for example, the borough of Uuemõisa, which is located on the eastern border of the city of Haapsalu. There is also one large shopping center, several factories and shops. The borough of Uuemõisa also borders Haapsalu Bay, so there would be a theoretical free cooling source.

KASUTATUD KIRJANDUS

- [1] Fortum Tartu AS kodulehekülg
<https://www.fortumtartu.ee/tooted-ja-teenused/kaugjahutus/>
- [2] Marius Alexandru Calance „Energy Losses Study on District Cooling Pipes - Steady-state Modeling and Simulation“ 2014
<https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:770362/FULLTEXT01.pdf>
- [3] AREA „Guidelines – How to approach District Cooling“ January 2014.
<http://area-eur.be/sites/default/files/2016-05/Guidelines%20District%20Cooling%20140131.pdf>
- [4] Rockefeller Centeri kodulehekülg
<https://www.rockefellercenter.com/art-and-history/history/>
- [5] Rescue „Cool conclusions: How to implement district cooling in Europe“
https://www.euroheat.org/wp-content/uploads/2016/04/RESCUE_Cool_Conclusions.pdf
- [6] Ecoheatcool, Euroheat & Power: „The European Cold Market. Final Report“
https://ec.europa.eu/energy/intelligent/projects/sites/iee-projects/files/projects/documents/ecoheatcool_the_european_cold_market_final_report.pdf
- [7] Tanel Kirs „Utilitas Tallinn Experience in developing and construction of district cooling network“
<https://www.youtube.com/watch?v=RMnQMzUF-Ag>
- [8] Margus Raud, AS Fortum Tartu 2018 „Kaugjahutus. Nõuded kliendiseadmete ühendamiseks kaugjahutuse korral“ 2018
<https://www.youtube.com/watch?v=KF6nszN9Lgc&t=314s>
- [9] Fortum Tartu AS kodulehekülg
<https://www.tartu.ee/et/tartu-kulmajaam>
- [10] Energiatalgute kodulehekülg
<https://energiatalgud.ee/index.php/Jahutustehnoloogia>

- [11] Margus Raud „Fortum Eesti AS experience in district cooling development in Tartu and Pärnu“
<https://www.youtube.com/watch?v=KF6nszN9Lgc&t=314s>
- [12] Fortum Tartu AS kodulehekülg
<https://www.fortum.ee/media/2018/06/fortum-alustab-parnu-esimese-jahutusjaama-ehitamist>
- [13] Utilitase kodulehekülg
<https://www.utilitas.ee/kaugjahutus/>
- [14] Keskkonnaagentuuri kodulehekülg
https://infoleht.keskkonnainfo.ee/default.aspx?state=5;68547596;est;eelisand;;&comp=objresult=veekogu&obj_id=-1876834227
- [15] Keskkonnaameti kodulehekülg
https://www.keskkonnaamet.ee/sites/default/files/Veemajanduskavad/aruanne_29-05-2019.pdf
- [16] Ajaleht Lääne Elu
<https://online.le.ee/2019/10/26/haapsalu-reovesi-jaab-kuuel-kuul-aastast-puhastamata/>
- [17] Ehitisregister
<https://www.ehr.ee/app/esileht?3>
- [18] Maa-ameti kaardirakendus
https://xgis.maaamet.ee/maps/XGis?app_id=UU82A&user_id=at&LANG=1&WIDTH=578&HEIGHT=815&zlevel=0,552500,6505000
- [19] Siim Link „Jahutus – Terviklik lähenemine energiatõhusale planeerimisele ja ehitamisele“
https://energiatalgud.ee/img_auth.php/d/da/Link%2C_S._Terviklik_l%C3%A4henemine_energiat%C3%B5husale_planeerimisele_ja_ehitamisele._2012.pdf
- [20] THERMOS Project programm
<https://www.thermos-project.eu/home/>