

Energiatehnoloogia instituut

ÜLEMISTE CITY KAUGKÜTTE ARENGUKAVA

ÜLEMISTE CITY DISTRICT HEATING DEVELOPMENT PLAN

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Georgi Amelin

Üliõpilaskood 192055MASM

Igor Krupenski PhD Tallinna

Juhendaja: Tehnikaülikooli lektor

Tallinn 2022

(Tiitellehe pöördel)

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.

"....." 2022

Autor:

/ allkirjastatud digitaalselt /

Töö vastab magistritööle esitatud nõuetele

"....." 2022

Juhendaja:

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kaitsmisele lubatud

"....."2022 .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ allkirjastatud digitaalselt /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Georgi Amelin (*autori nimi*) (sünnikuupäev: 10.07.1987)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Ülemiste City kaugkütte arengukava,

(lõputöö pealkiri)

mille juhendaja on Igor Krupenski,

(juhendaja nimi)

- 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.*

/ allkirjastatud digitaalselt /

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Georgi Amelin 192055MASM

Õppekava, peaariala: MASM02/18 - Energiatehnoloogia ja soojusenergeetika

Juhendaja(d): TTÜ lektor Igor Krupenski 58003989 (amet, nimi, telefon)

Konsultant:(nimi, amet)

..... (ettevõtte, telefon, e-post)

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Ülemiste City kaugkütte arengukava

(inglise keeles) Ülemiste City district heating development Plan

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Analüüsida erinevaid soojaenergia edastamise viise.
2. Analüüsida Ülemiste City kaugküttega ühendamise võimalusi.
3. Leida valitud piirkonna jaoks optimaalse kaugkütte torustiku lahenduse.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Lõputöö teema kinnitamine, algandmete kogumine ja kirjanduse lugemine	31.01.2022
2.	Teema kinnitamine juhendaja poolt	23.05.2022
3.	Lõputöö terviklik esitamine juhendajale	25.05.2022

Töö keel: Eesti

Lõputöö esitamise tähtaeg: "27"mai2022a

Üliõpilane: "....".....202....a

/ allkirjastatud digitaalselt /

Juhendaja: "....".....202....a

/ allkirjastatud digitaalselt /

Konsultant: "....".....202....a

/ allkirjastatud digitaalselt /

Programmijuht: "....".....202....a

/ allkirjastatud digitaalselt /

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

EESSÕNA	7
LÜHENDTE JA TÄHISTE LOETELU	8
1. SISSEJUHATUS.....	10
2. KAUGKÜTTE ÜLEVAADE	12
2.1 Kaugküttesüsteemi kontseptsioon	12
2.1.1 Kaugkütte põlvkonnad	13
2.1.2 Soojusvarustuse süsteemid	15
2.2 Kaugküttesüsteemi elemendid.....	16
2.2.1 Kaugküttetorud	16
2.2.2 Kaugküttetorude materjal ja soojusisolatsioon	20
2.2.3 Soojussõlmed	21
2.2.4 Kaugkütte soojuskandja paremeetrid	22
2.3 Miks kasutada kaugkütet	22
2.3.1 Energiaturu arengutest tulenevad väljakutsed.....	24
2.4 Võimalused kütmiseks Tallinnas	25
3. JUHTUMIUURING NING METODOLOOGIA	27
3.1 Juhtumiuuring	27
3.2 Ülemiste City	28
3.2.1 Põhilised kliendid.....	30
3.2.2 Kaugküttevõrgu üldkirjeldus	31
3.2.3 Soojuse tarbimine	32
3.3 Metodoloogia	32
3.3.1 Ülemiste City tarbijate soojusvõimsuse määramine.....	32
3.3.2 Arvutusnäide	34
3.3.3 Kaugküttevõrgu efektiivsus.....	37
3.4 Tulevased hooned Ülemiste Cityl	40
3.5 Olemasolevad potentsiaalsed klindid	41
4. ÜLEMISTE KAUGKÜTTE ARENDUSE ETAPID	42
4.1 Kaugkütte allikate asukoht ja võimalused	43
4.2 Kaugküttevõrgu torustik, kavandamise metoodika.....	44
4.3 Kaugküttevõrgu torude valik.....	45
4.4 Arvutused soojustorustiku süsteemi projekteerimise	50
4.5 Ehituse etapid	50
4.5.1 Esimene etapp	50
4.5.2 Teine etapp	51

4.5.3	Kolmas etapp.....	51
4.6	Üleviimine lokaalsest süsteemist kaugküttesüsteemile	52
5.	TULEMUSED	54
5.1	Üleviimine lokaalsest süsteemist kaugküttesüsteemile	54
5.2	Kaugkütte torustiku variandid Ülemiste City võrgus	56
5.3	Kaugkütte ja kaugjahutuse koostöö	57
	KOKKUVÕTE	59
	ABSTRACT	61
	KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	63
	LISAD	65

EESSÕNA

Käesoleva magistritöö teema on valitud juhendaja Igor Krupenski ettepanekul. Samuti töö autori ametitöö on seotud kaugkütte võrgu ehitamisega ning magistritöö teema jaoks oli kogutud piisavalt kogemust ja informatsiooni erinevatest allikatest. Töö eesmärgiks on uurida kaugkütte süsteemide arendamist (sh katlamaja, võrk ja tarbijad) Ülemiste City piirkonna näitel. Töö on koostatud perioodil jaanuar 2020 kuni mai 2022. Andmed töö jaoks olid kogutud avalikest allikatest, varem koostatud teadusartiklitest, tööalastest projektidest (mida on lubatud avalikustada). Töö koostamine ja andmete kogumine toimus Eestis.

Märksõnad: kaugkütte , Ülemiste City, heitsoojus, magistritöö

LÜHENDTE JA TÄHISTE LOETELU

1. **Kaugküte** on soojuste tootmine ja võrgu kaudu jaotamine tarbijate varustamiseks soojusega kaugküttesüsteemi kaudu [1];
2. **Kaugküttesüsteem** on soojuste tootmise, jaotamise ja tarbimise tehniline süsteem, mille moodustavad soojuste tootmise, jaotamise ja tarbimise tehnilised vahendid ja nendega seotud ehitised [1];
3. **Võrk** on torustike, seadmete, abiseadmete ja nendega seotud ehitiste kohtkindlalt ehitatud talituslik kogum või selle osa, mis on vajalik soojuste jaotamiseks, kusjuures võrguks ei loeta käesoleva töö tähenduses tarbijapaigaldisi [1];
4. **Tarbijapaigaldis** on kinnistul, ehitises või ühtse majandusüksuse moodustavas funktsionaalselt seotud ehitiste kompleksis ja nende teenindamiseks vajalikul maal ehitatud omavahel ühendatud soojatorustike ja abiseadmete võrguga ühendatud või ühendatav talituslik kogum tarbija varustamiseks soojusega [1];
5. **Liitumispunkt** on võrgu ja tarbijapaigaldise ühenduskoht [1];
6. **Võrgu teeninduspiir** on piir, milleni võrguettevõtja lepingu alusel kaugküttesüsteemi haldab [1];
7. **Võrgupiirkond** on maa-ala, kus asub ja kus arendatakse ühe võrguettevõtja omandis või valduses olevat võrku [1];
8. **Tegevuspiirkond** on tegevusloaga kindlaks määratud ala, kus soojusettevõtja tegutseb [1];
9. **Tarbija** on isik, kes ostab võrgu kaudu jaotatavat soojust [1];
10. **Võrguettevõtja** on ettevõtja, kes kasutab võrku soojuste jaotamiseks [1];
11. **Liitumine** on tarbijapaigaldise ühendamine võrguga [1];
12. **Grupiviisiline küte** on hoonete grupi soojustega varustamine piirkonnas, kus ei ole kehtestatud kaugküttepiirkonda ja soojust tarnitakse läbi kohaliku võrgu [2];

13. **Lokaalküte** on ühe hoone terviklik varustamine soojusega läbi hoone tarbijapaigaldise [2];
14. **Kohtküte** on eramu või suurema hoone ühe osa varustamine soojusega [2];
15. **Tarbimistihedus** on müüdud soojuse hulk MWh -s soojustrassi jooksva meetri kohta [2];
16. **Heitsoojus/jääksoojus** on tootmisprotsessis vabanev ja seal kasutust mitteleidv soojusenergia;
17. **CHP** – inglise keelest cogeneration of heat and power, e. soojus energia ja elektri koostootmine;
18. **PV** – torustiku pealevool;
19. **ΔT** – kahe temperatuuri vahe. Näiteks peale- ja tagasivoolu temperatuuride vahe;
20. **PEX torud** on kvaliteetsed plasttorud, mis vastavad kõikidele hügieeni nõuetele nii kütte- kui tarbevesüsteemide ehitamiseks, töö rõhuga kuni 10 bar ning töötemperatuuriga kuni 90°C.

1. SISSEJUHATUS

Käesolev magistritöö annab ülevaate Ülemiste kaugkütte piirkonna katlamaja ja soojusvõrkude tööst ning soojusenergia tarbimisest, analüüsib võimalusi energia tarbimise vähendamiseks ja säästlikumaks kasutamiseks ning teeb ettepanekuid soojusmajanduse arendamiseks. Töö tegemisel on kasutatud Utilitase poolt saadud andmeid ning erialakirjandusest, seadusandlusest, avalikest dokumentidest, arendustöödest ja internetist kogutud täiendavat informatsiooni. Saadud andmete analüüsi tehniliste ja majandushinnangute põhjal on koostatud käesolev tehniline arengukava.

Antud töö põhieesmärk on analüüsida kaugkütte perspektiive Eestis Ülemiste City kaugkütte võrgu arendamise näitel. Töö aktuaalsus seisneb kliimaneutraalsuse saavutamise vajaduses Euroopa Liidus riikides ning fossiilsete kütuste hinna ja tarne kriisis. Mitmed fossiilsetel kütustel põhinevaid lokaalküttesüsteeme kasutavad piirkonnad, võivad kaaluda keskkonnasõbralikumale ja jätkusuutlikumale kaugküttele üleminekut ning käesolevas töös kasutatud metoodika võib olla abiks tulevaste kaugkütte piirkondade tehniliste vajaduste kindlaks määramiseks.

Töö koostamise algfaasis 2020. aastal puudus piirkonnas tsentraalne kaugküttesüsteem ning kõik linnaku hooned kasutasid lokaalset küttesüsteemi. Käesoleva töö lõpetamise hetkeks on lõpule viidud kaugkütte soojustrassi ehitus Ülemiste City-ni ning tagatud valmisolek klientide liitumiseks. Uued kliendid liituvad kaugküttevõrguga vastavalt lokaalkatlamajade eluea läbimisele ja uute hoonete valmimisele. Hoonete lokaalsetes katlamajades on kütusena kasutuses peaaesjalikult maagaas. Maagaasi hinna ebastabiilsusest tulenevalt, ei ole käesolevas töös analüüsitud kaugküttele ülemineku majandusliku poolt.

Töö teises peatükis on toodud ülevaade kaugkütte kontseptsioonist ja selle arengust. Erilist tähelepanu on pööratud kaugkütte süsteemidele, nende elementidele ja eeliste teiste küttesüsteemide ees. Teises peatükis on eraldi välja toodud ka kaugkütmise võimalused Tallinna linnas.

Töö kolmas peatükk keskendub juhtumiuuringule ehk kaugkütte süsteemi arendamisele Ülemiste City piirkonnas. On tehtud ülevaade piirkonnast ja selle arengust, olemasolevatest ja tulevastest kaugkütte tarbijatest, nende süsteemidest ja soojuse tarbimisest. Antud peatükis on toodud ülevaade metodoloogiast, mille alusel on analüüsitud küttevõrgu soojusvõimsust, -vajadust ja efektiivsust.

Töö neljandas peatükis on toodud Ülemiste kaugkütte arendamise etapid. On analüüsitud kaugkütte allikate asukohti, kaugkütte torustiku kavandamise metoodikat ja selleks vajalikke arvutusi, torude valiku kriteeriume ja nende maksumust. Antud peatükis on ka lühiülevaade käesoleva magistri töö kirjutamise ajal teostatud ehitustöödest.

Viiendas peatükis on lühidalt väljatoodud Ülemiste City piirkonna juhtumiuuringu tulemused.

2.KAUGKÜTTE ÜLEVAADE

2.1 Kaugküttesüsteemi kontseptsioon

Kaugküte on tsentraliseeritud asukohas toodetud soojuste ning kaugküttevõrkude abil jaotamise süsteem elamutele ja teistele hoonetele [3], milledeks tavaliselt on eluhooned, büroohooned, hotellid ja muud eluhooned. Samuti on põhilisteks tarbijateks asutused, kus peab olema tagatud pidev soojusvahetus. Nende hulka kuuluvad haiglad, koolid, lasteaiad, basseinid. Kaugkütet kasutatakse nii ruumide soojendamiseks ringleva küttevee abil kui ka sooja tarbevee jaoks. Kaugküttele tarbijatel puudub vajadus individuaalsete soojusseadmete järele. Kaugküttesüsteem koosneb kolmest põhikomponendist: kaugkütte jaam või CHP, soojusvõrk ja läbi soojusvahetite ühendatud tarbijad.

Kaugküte ja -jahutus mängivad otsustavat rolli EL-i püüdlustes minna üle puhtale ja süsinikuneutraalsele majandamisele 2050. aastaks. Eriti seetõttu, et hoonete ja tööstuste küttele ja jahutusele kulub ligi pool energia tarbimisest Euroopa Liidus, mis teeb sektorist suurima energia lõpptarbija.

EL-i majapidamistes kulub ainuüksi küttele ja vee soojendamisele 79% nende energia kogutarbimisest. 70,6% tööstuses kasutatavast energiast kulub hoonete ja tööstusprotsesside soojendamisele.

Tänane energiapoliitika üldiselt tuleneb kahest olulisest suunast, millega peab arvestama ka kaugküttele arenduses:

- Energiasäästlikkus, primaarenergia kasutuse vähendamine, energia ülekande kadude vähendamine;
- Keskkonnakaitse (kasvuhoonegaaside emissiooni piiramine, fossiilkütustelt üleminek taastuvatele energia allikatele).

Kaugküttele arendus ja osakaal Euroopa ja maailma suurtes linnades on viimastel aastatel teinud tohutu arenguhüppe. Loodussõbralik taastuvenergia või tööstuse jääsoojuse kasutamine, tõhus elektri- ja soojuste koostootmine üheskoos vähesel soojuskaoga võrkudes on kaugküttest teinud kiiresti areneva energeetikavaldkonna. Kaugküte on säästlik ning tõhus vahend, mis aitab tagada energiajulgeolekut ning vähendab linnade ja kogukondade mõju kliima muutumisele.

Põhjamaades on kaugkütet kogu aeg palju kasutatud. Kuigi uusehitistena lisanduvad hooned tarbivad järjest vähem energiat ja soojust, on soojuse müüki siiski võimalik ka seal kasvatada. Teiste Põhjamaade linnadega sarnaselt, on plaanis kaasata ja arendada Tallinnas asuvaid hetkel kaugkütet mittekasutavaid elamu- ja ärirajooni. Kaugkütet tarbitakse järjest rohkem ja momendil peaaegu 95% tallinlast on oma kodudes tarbimas toru kaudu saadavat soojust. Soojuse müük kaugküttevõrgu kaudu on stabiilsena püsinud nõukogude ajast, kui ehitati esimesed küttevõrgud Tallinnas.



Joonis 2.1. Tallinna soojusvõrkude skeem

2.1.1 Kaugkütte põlvkonnad

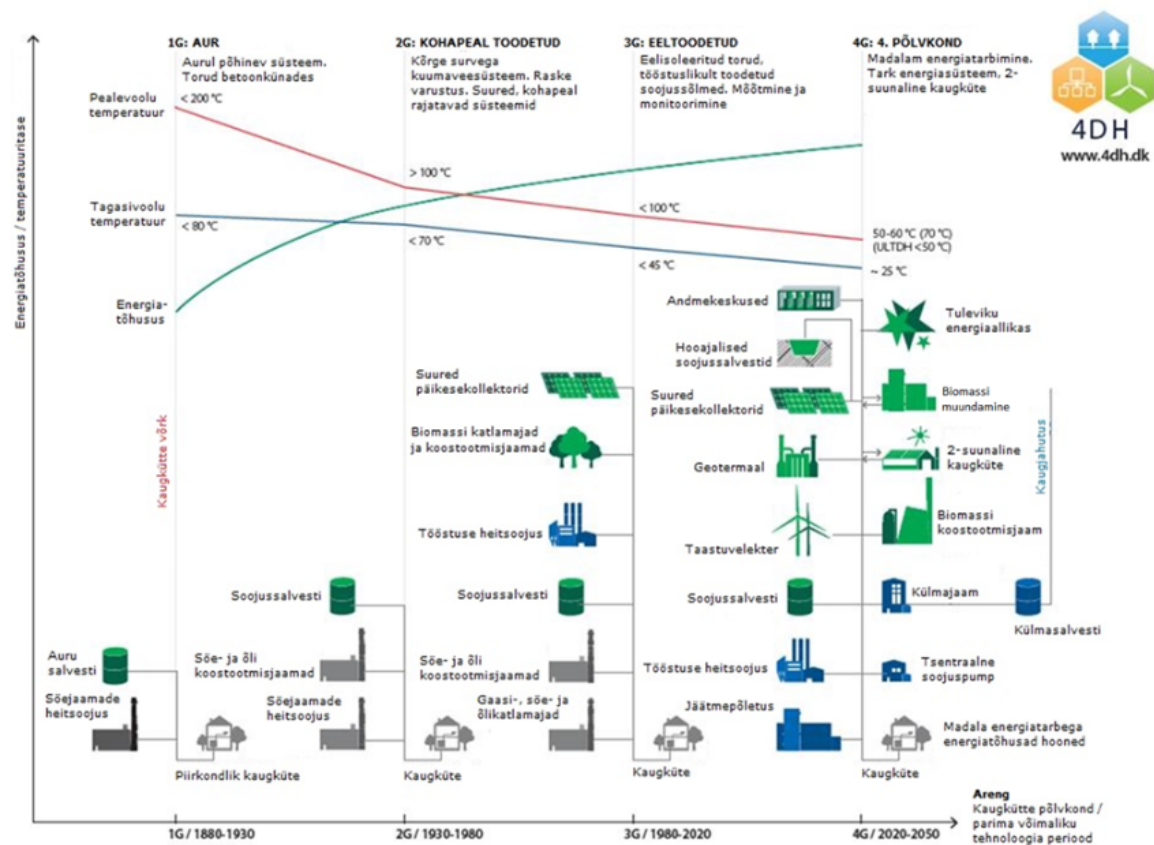
- 1) Esimene põlvkond** - Kaugkütte arengu algusaastad, kus soojuskandjaks oli aur (aurutorustikud, suured kompensatorid). Antud perioodi iseloomustasid suured jaotuskaod torustikel. Tarbijad olid ühendatud lahtise süsteemiga [4].
- 2) Teine põlvkond** – Soojusenergiat edastati rõhu all oleva kuuma veega, tavaliselt üle 100 kraadi. Tarbijad võtsid kasutusele suurte soojusvahetitega soojussõlmesid. Süsteemi efektiivsus oli enamalt madal ja sellel puudus soojuskoormuse kontroll. Kaugkütte teise põlvkonna lõpuks oli eesmärgiks rakendada rohkem soojuse ja elektri koostootmist. Koostootmise rakendamine suurendab süsteemi efektiivsust, sest soojusenergia vajadust on suurel määral võimalik toota elektritootmisest tekkinud heitsoojuse arvelt, mis tõstab jaama üldkasuteguri ja vähendab kütusekulu [4].
- 3) Kolmas põlvkond** – Soojuskandjaks oli rõhu all olev vesi, aga temperatuurid hakkasid langema alla 100 kraadi. Hakati kasutama eelpingestatud ja isoleeritud torustikke, mis paigutati vahetult maa alla, samuti leidsid koha uued kompaktsed plaatsoojusvahetid. Sõltuvalt riigist ja kultuurikeskkonnast oli eesmärgiks ka

siduda kaugküte koostootmisega, kasutades samas odavamaid kütuseid. Algas biomassi ja prügi kasutus kütusena. Esimesed katsed ka päikese ja geotermilise soojuse kasutamiseks [4].

4) Neljas kaugküte põlvkond. Analüüsides eelpool toodud kolme kaugküte põlvkonna arenguid ning üldiseid suundi energeetikas, saab väita, et see on tuleviku arengusuund, milles on eesmärgiks võetud hetkel laialdaselt kasutusel oleva traditsioonilise ehk kolmanda põlvkonna kaugküte efektiivsemaks ja paindlikumaks muutmise [4]. Energeetikas pööratakse rohkem tähelepanu 100% taastuvatele kütustele. S.o. biomassiga kombineerituna tuule-, geotermilise-, päikeseenergiaga. On teada, et biomassi ressurss Euroopas on suhteliselt väike võrreldes kogu energia bilansiga. Ja piiramatut ei ole see tänase kasutuse juures Eestiski. [4]

Neljanda põlvkonna põhimõtted on:

- Kütuse efektiivne kasutamine koostootmisel;
- Madalam soojuskandja jaotustemperatuur;
- Taastuvate allikate rakendamine;
- Tarkade süsteemide rakendamine;
- Infrastruktuuri heitsoojuse rakendamine.



Joonis 2.2. Kaugkütte põlvkonnad.

2.1.2 Soojusvarustuse süsteemid

Tarbijate soojusvarustuse tagamiseks kasutatavaid süsteeme liigitatakse:

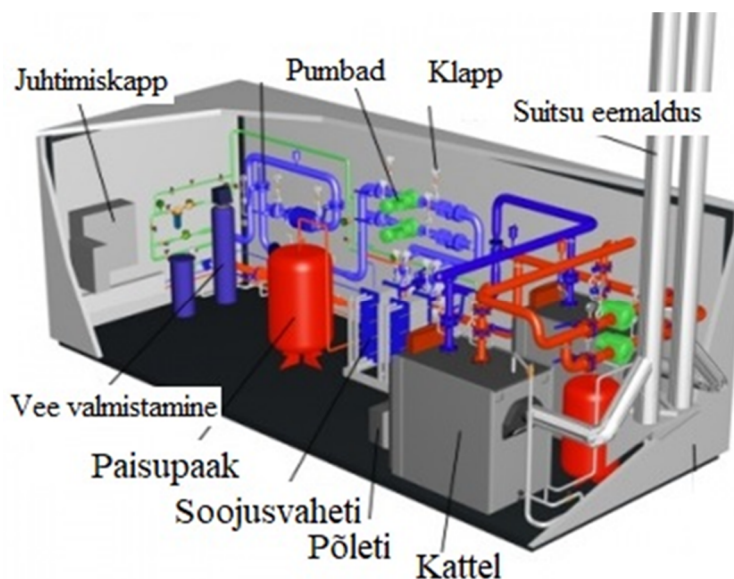
- lokaalne e. kohalik soojusvarustuse süsteem;
- grupiviisilise soojusvarustuse süsteem
- kaugsoojusvarustuse süsteem ehk kaugküttesüsteem.

Esmapilgul, grupiviisiline ja kaugkütte soojusvarustuse süsteemid ei erine üksteisest, kuid grupiviisilise kütte jaotusvõrk on väikeja kohaliku tähtsusega, nn soojussaared, ning kaugkütte jaotusvõrk hõlmab üldiselt tervet linna või suurt osa sellest [4][5].

Lokaalne ja grupiviisiline küttesüsteemid on tundlikumad kasutatava kütuse liigi hinnamuutuste suhtes. Kui kaugküttesüsteemi puhul on võimalik kasutada kombineeritud kütust, nt hakkepuidule lisaks maagaasi või prügi põletust, koostootmist

jne, ning seeläbi minimeerida hinnamuutuste mõju, siis väiksemate küttesüsteemide jaoks nõuaks selline lahendus liiga suuri investeeringuid ning soojustootmiseks kasutatakse valdavalt ühel kütuse liigil põhinevaid katlaid.

Samuti, on väikesed küttesüsteemid tundlikumad avariiliste rikete suhtes. Nende rikete likvideerimine nõuab suurt täiendavat ühekordset ressurssi. Lisaks, jäävad hooned rikke parandamise ajaks vajaliku soojusvarustuseeta. Kaugküttesüsteemi puhul ei avaldu avariiliste rikete likvideerimine lõpptarbija arvetel lisatasudena. Nad on juba algselt küttehinnas planeeritud nagu ka investeeringud uue torustiku ehitamiseks või katlamajade renoveerimiseks.



Joonis 2.3 Lokaalne e. kohalik soojusvarustuse süsteem.

2.2 Kaugküttesüsteemi elemendid

2.2.1 Kaugküttetorud

Tänu sellele, et temperatuur küttetorustikus erineb välise keskkonna temperatuurist (üldjuhul, on see vahemikus 55 – 115°C) on torumaterjalile esitatud temperatuuritaluvusest tulenevad ranged nõuded. Rõhud kaugküttesüsteemis sõltuvad võrgu suurusest, kujust ja muudest faktoritest ning on üldjuhul mitte suuremad kui 16 baari (vahemik on üldjuhul 4 – 16 baari).

Kaugkütte torustiku valimisel on kindlasti omaette teema ka soojuskaod. Tuleb pöörata erilist tähelepanu sellele, et pealevoolu temperatuur ei langeks soojustranspordimisel.

Sellele mõjuvad faktorid on:

- PV temperatuur langeb, vähendades sellega ΔT
- Torustiku liiga väike paigaldussügavus ning talveperioodil vesi jahtub kiiremini

Lähtudes ülalmainitud parameetritest, saab kaugkütte võrgus kasutada järgmiseid torumaterjale:

- Plastist torustikud:
 - PEX torustikud, eelisooleeritud
- Terasest torustikud:
 - Terasest torud, kaetud korrosioonikaitsekatttega (üldjuhul PE)
 - Terasest torud, tehases eelisooleeritud torud

Torustiku valimisel tuleb kindlasti lähtuda kommunikatsiooni valdaja eelistusest ning täpsustada, millised on konkreetsete materjalide omapärasused. Kindlasti tuleb kaaluda ka erinevate materjalide kombineerimist (nt väiksemad läbimõõdud PEX torud, suuremad PE100 või terastorud), aga siin tuleb arvestada asjaoluga, et erineva materjali puhul tulevad mängu ka mitu erinevat Tarnijat ja Tootjat, kelle toodang ei pruugi omavahel kokku sobida ja see teeb paigaldamise protsessi aeglasemaks ja raskemaks. Enamlevinud torud maailmas on terastorud (keevitatavad), vasktorud, tugevast malmist torud, betoonitorud, fiiberklaasist torud, PVC torud, PE100 (PEHD) torud ning ka PE-X voolutorud (*Cross-linked polyethylene*). Eestis ning naaberriikides ei ole kõik need torustikud levinud ning allpool kirjeldatakse ainult asjakohaseid torusid.

Allpool on toodud torustike eelised ja puudused.

- Terastorustik PE kestaga (Joonis 2.4).
 - Eelised: Torustikul on suhteliselt väike seinapaksus. Seega on seda lihtsam paigaldada kitsastes oludes. Torustik talub kõrget rõhku (16 bar) ning, vajadusel, seinapaksuse suurendamisel kuni 110 bar.
 - Puudused: Terasel on suurem karedus võrreldes plastikuga, mis suurendab rõhukadu. Suur soojuskao omadus.



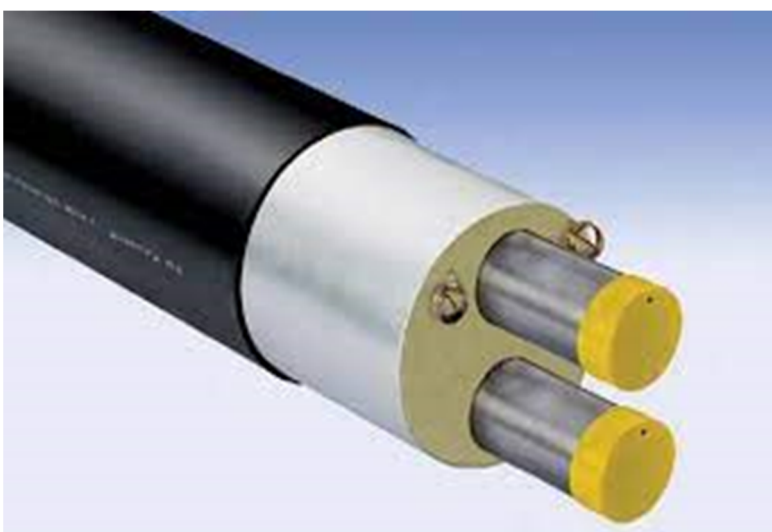
Joonis 2.4 Terastoru PE kestaga.

- Eelisooleeritud terastorustik (Joonis 2.5).
 - Eelised: Torustikul on suhteliselt väike seinapaksus. Seega, on seda lihtsam paigaldada kitsastes oludes. Torustik talub kõrget rõhku (16 bar, vajadusel 25 bar ja veel kõrgem seinapaksuse suurendamisel). Kuna torustik on eelisooleeritud, siis torudel on madal soojuskadu ning sellega kaasneb energia sääst.
 - Puudused: Terasel on suurem karedus võrreldes plastikuga, mis suurendab rõhukao. Terastoru puhul tuleb pöörata tähelepanu korrosiooni kaitsele (nii passiivne kui ka, suuremate võrkude puhul, aktiivne). PE-Xa toruga võrreldes ei ole nii elastne ning nõuab eri spetsiifikat (alates kaeviku suurusest, lõppedes sertifitseeritud keevitajate ja isoleerijatega), mis teeb tööde teostamise kallimaks.



Joonis 2.5 Eelisolleeritud terastoru

- Eelisolleeritud TWIN terastorustik (joonis2.6).
Kahe-toruline element (inglise keeles *twin pipe*) on plastist isoleeritud kütteveetoru, milles on kaks voolutoru. Mitmetorulise elemendi kasutamine mitte ainult ei vähenda soojuskadu vaid ka paigalduskulusid, sest kahetoruline element võtab tunduvalt vähem ruumi, kui kahe eraldiseisva toru kasutamine. [4]
 - Eelised: Paiknemise kaitseala on väike (kaevikus on ainult üks eelisolleeritud toru). Ka soojuskadud on väiksed.
 - Puudused: Paigaldus ning torude omavahel kokku keevitus on üsna keeruline. Ventiiilide ja fittingute ehitamise keerukuse tõttu, on materjal hind kõrge. Maksimaalne läbimõõt on DN 200.



Joonis 2.6 Eelisolleeritud TWIN toru

- Eelisoleeritud PEX (joonis 2.7)
 - Eelised: Polüetüleenist torustikul on väiksem karedus (võrreldes terasega) ehk see vähendab rõhukao. Polüetüleenist torustiku monteerimine on kiirem. Antud tüüpi torustik ei nõua roostetamise vastast kaitset, mis on suur eelis (ei ole vajadust nii korrosioonivastase katte paigaldamise ning aktiivse kaitse juurutamise / ehitamise järele). Lisaks sellele, on torud isoleeritud täies mahus ning on rullides. Mis oluliselt kiirendab ja soodustab montaaži protsessi.
 - Puudused: Suurim läbimõõt antud torudel on 110 mm ning 0,6 MPa



Joonis 2.7 Eelisoleeritud plastik toru

2.2.2 Kaugküttetorude materjal ja soojusisolatsioon

Neljanda põlvkonna torustikusüsteemi koosseisu kuuluvad eelpingestatud ja eelisoleeritud torud ja torustikuelemendid, mis on valmistatud teras- või plastiktorudest, ümbritsetud jäigast polüuretaanvahu soojusisolatsiooni kihist ja polüetüleenümbistorust [6]. Eelisoleeritud torusüsteemi pikaajaline eluiga tuleneb soojusisolatsiooni kihi püsivusest toru ümber ning selle termilisest stabiilsusest, mis vähenevad kõrge temperatuuri pikaajalisel mõjul. [4]

Eelisoleeritud torusüsteemi termiline lagunemine tekib torudele mõjuvatest mehaanilistest koormustest nagu pinnase reaktsioonijõu ja pinnaseliikumise koormus. Mitme toru süsteem ja madalamad soojuskandja temperatuurid aitavad muuta isolatsiooni efektiivsemaks. Jaotustemperatuuride vähenemisega suureneb jäiga polüuretaanvahu mehaanilise tugevuse ja soojusjuhtivuse stabiilsuse vastupidavus [4]

[6]. Torustike soojusjuhtivuse stabiilsust ja vastupidavust mõjutavad samuti töötemperatuurid, difusiooniprotsessid ja termiline vananemine. Madalam soojuskandja temperatuur ja väiksemad soojuskaod tagavad võrgus stabiilsema pealevoolu temperatuuri piki torustikku, mistõttu on kaugkütte torudele mõjuvad termopinged väiksemad võrreldes traditsioonilise kaugküttega. Madalam soojuskandja temperatuur ja sellega kaasnevad madalad termopinged annavad rohkem võimalusi plastist torude kasutamiseks, sest varasemalt kasutati tavaliselt metalle nagu teras ja vask, et kaugküttevõrk peaks vastu kõrgetele temperatuuridele ja sellega kaasnevatele termopingetele. Madalamad termopinged vähendavad lekete tekkimise ohtu ja sellega seotud püsi- ja hoolduskulud on samuti madalamad [5].

2.2.3 Soojussõlmed

Soojussõlm on hoone või hoonerühma seadmestik, mille abil soojusenergia tarbijad on ühenduses soojusvõrguga. Soojussõlmes muudetakse välise soojusvõrgu soojuskandja temperatuur ja rõhk sobivaks hoone kütte- ja ventilatsioonisüsteemile ning põrandaküttele. Soojussõlme abil soojendatakse vajalikule temperatuurile sooja vee süsteemis tarbitavat vett. Igaüks soojussõlme kontuur vajab sekundaarpoolel erineva temperatuuriga soojuskandjat. Soojussõlmede põhikomponentideks on soojusvahetid, pumbad, automaatika ja toruarmatuur- fittingud (sulgventiilid, mudafiltrid, tagasilöögiklapid, torustik) [7].



Joonis 2.8 Tüüpiline soojussõlm

Soojussõlme käitumisel on sotsiaalne ja operatiivne kontekst. Sotsiaalne kontekst tuleneb selle üldisest kasutusmustrist ja majaelanike isiklikest nõudmistest. Operatiivne kontekst tuleneb selle konfiguratsiooniseadetest, mis arvestavad nii ilmastikutingimusi kui ka sotsiaalseid nõudeid. Parameeter, mis hindab soojusenergia nõudluse reaktsiooni välitemperatuuri tingimuste muutumise suhtes, ja nende muutujate vahelise seose tugevus, on soojussõlme efektiivsuse kaks olulist mõõdikut [8].

Kuivõrd soojussõlmed on kaugküttesüsteemi osaks, mõjutab nende toimimise tõhusus kogu kaugküttesüsteemi efektiivsust. Sellest tulenevalt, on oluline tagada soojussõlmede veatu töö. Tänapäeval panustavad kaugkütte teenuse pakkujad pigem soojuse tootmise ja küttevõrgu arendamisse, soojussõlmedega seonduv jääb aga tarbija kanda [9]. Teenusepakkuja vastutus piirdub enamalt jaolt soojussõlme tehniliste tingimuste väljastamisega ning hilisema projektdokumentatsiooni kooskõlastamisega.

2.2.4 Kaugkütte soojuskandja paremeetrid

Kaugkütte soojustarne põhiparameetrid on temperatuur ja rõhk.

Rõhku arvestatakse järgmiste parameetrite järgi:

- Vajalik rõhk tarbija jaoks (soojavee erikulu)
- Torustiku läbimõõt; pikkus; karedus

Võrgu tavaline töö rõhk on 2 kuni 10 baari, võrgu projekteerimisel arvestatakse tavaliselt, et survekatse teostakse rõhuga 16 baari. Selleks, et vee voolavus pealevoolust tagasivoolu oleks optimaalne, piisab 0.6 kuni 1 baarilisest vahest. Tarbijatel, mis asuvad soojusallika lähedal, on rõhuerinevus suurem. Selleks, et vee kiirus tarbija soojussõlmes oleks optimaalne, paigaldatakse diferentsiaalrõhu regulaator, mille ülesanne on hoida rõhku etteantud piirides.

Temperatuuri valik sõltub kliendi soojuse tarbimisest, ümbritseva keskkonna temperatuurist ja niiskusest, torustiku läbimõõdust, tarbimistihedusest.

Üldjuhul tuleb valida materjal, mis kannatab max. temperatuuri s.o. pealevoolu 130° C ning tagasivoolu temperatuuriks 70° C.

2.3 Miks kasutada kaugkütet

Kaugkütte soojus on lõpptarbijatele kättesaadav vajalikul hulgal ja ajal. Kaugküttekliendid saavad olla kindlad, et nende kodu on küttega varustatud ja vastab keskkonnanõuetele ka aastakümnete pärast. Lõpptarbija vastutab vaid majasisese

küttesüsteemi ja soojussõlme eest ning hooldab neid. Kaugkütet on kerge ja mugav kasutada, kuna tarbijal ei ole vaja muretseda kütuse ostmise, katla seadistamise ega hooldamise pärast. Mõnedel juhtudel kütust tuleb kuskil ka ladustada (näiteks hakkpuidu graanuleid või põlevkiviõli mahutid), aga see nõuab ruumi, mida saaks kasutada. Energia kontsern Utilitas AS kasutab võimalikult palju taastuvaid kütuseid, mida saab siitsamast Eestist, kohalikest metsa- ja puidutööstusjäätikutest, mis muidu kasutust ei leia. Hakkpuitu valmistatakse Eestis ja sellega toetatakse kohalikku tööhõivet ning selle kasutamisega jääb raha kohalikku majandusse. Tänu kohalikule toormele on nad sõltumatamad naftahindade kõikumistest. Hakkpuit on roheline ja soodsaim kütus soojusmajanduses, selle hind on ajalooliselt olnud maagaasi ja põlevkiviõli hinnaga võrreldes stabiilsem.

Kaugküttega majas on küttesüsteemi hoolduskulud ja vajalikud investeeringud väiksemad kui mõnd teist kütteviisi kasutades – soojussõlm on odavam ja selle hooldamine on lihtsam. Efektiivsust tõstab ka kaugkütte kasutajate arv – mida rohkem on kasutajaid, seda soodsam see kõigile on.

Viimastel aastatel on jõudsalt arenenud alternatiivenergia süsteemid. Erilist tähelepanu tasuks pöörata kõigil mitte kaugküttepiirkondade elanikel sellele, et lokaalse küttega ei pruugi tulla sugugi odavam. Tihti jäetakse lokaalse kütte hinna arvestustest välja kaasnevad käidu- ja hoolduskulud. Arvestada tuleb ka köetava hoone energiatõhususega.

Arvutused näitavad, et kui kaugküte on läbimõeldult ehitatud ja toimib efektiivselt on see kindlam ja odavam viis soojaenergiat toota, transportida ja tarbida.

Kaugküttesüsteemil on eelised teiste süsteemide ees:

- tsentraalne kontroll heitmete ja saasteainete emissiooni üle, on võimalik tsentraalselt hajutada atmosfääri heitmeid;
- kõrgem varustuskindlus, kohalike kütuste kasutamine;
- suurem potentsiaal soojuse- ja elektri koostootmiseks, tööstuste madalapotentsiaalse heitsoojuse kasutamiseks ja madalapotentsiaalse soojusallika rakendamiseks soojuspumpades [4].

Väljatoodud kaugkütte eelistega kaasnevad ka võimalikud puudused:

- väga suured suhtelised soojuskaod, eriti 2. põlvkonna kaugkütte süsteemi puhul;
- kaugküttevõrgu torude ebakvaliteetne soojusisolatsioon või selle puudumine, vee ja niiskusekahjustusega isolatsioon põhjustab torude korrosiooni [4];

- soojusvarustuse tagamiseks kaugküttega on vaja kõrgeid temperatuure – 130/70°C. [5]

2.3.1 Energiaturu arengutest tulenevad väljakutsed

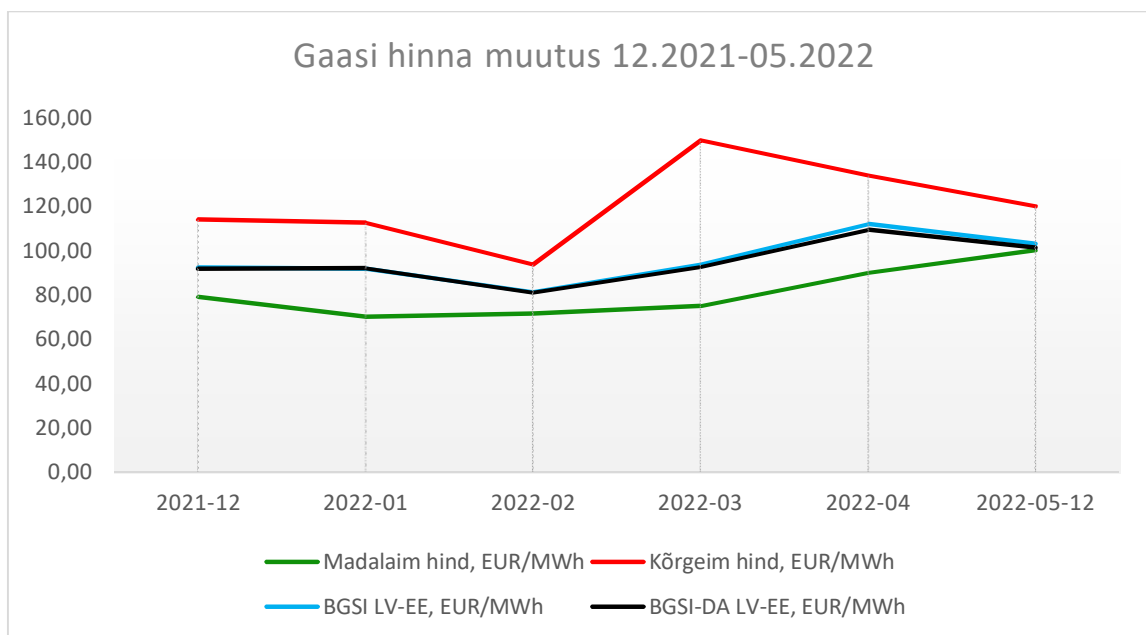
Kaugküttega liitumise kasuks räägivad juba ülal loetletud eelised. Kuid 2021. ja 2022. aasta arengud energiaturgudel on võimendanud hinnasurvet paljudele energia ressurssidele. Käesoleva töö raames on vaatluse all gaasi kui käesoleval hetkel Ülemiste City piirkonnas levinumat kasutust leidvat kütte liiki.

Vastavalt Konkurentsiameti poolt 2021. aasta detsembris avaldatud Maagasi hinnatõusu analüüsile, saavutas maagaasi hind 2021. aasta oktoobris gaasiturgudel rekordilise taseme, küündides Euroopas mõnel päeval turul isegi üle 100€/MWh (TTF börsihind). Keskmine kuuhind saavutas 89,52 €/MWh, mis on üle kuue korra rohkem kui eelneval aastal samal perioodil ja üle 4 korra rohkem arvestades aasta algusest. Baltikumis, Eesti ja Läti ühises bilansitsoonis näitas GET Baltic börsihind oktoobri kohta keskmist hinda 67,05 €/MWh, mis on 5 korda kõrgem kui eelneval aastal samal perioodil ja 4 korda kõrgem võrreldes aasta algusega. Novembris tõusis aga keskmine hind juba 78, 02 €/MWh-ni. Joonisel 2.9 kajastatud gaasibörsi GET Balticu Eesti ja Läti ühise bilansitsooni tehingute statistika näitab gaasihinna kõikumist veelgi kõrgemal tasemel. [11]

Kuid gaasi hinnast veelgi tähtsam on gaasituru turvalisus ja gaasitarnete järjepidevus. Alates Venemaa sissetungist Ukrainasse 2022. aasta veebruaris, on Euroopas toimunud laialdased arutelud vene gaasist loobumisest ja sellele asenduse leidmisest. Iga päev ilmuvad ajakirjanduses uudised gaasitarnete peatamisest Venemaa poolt. Gaasitarnete katkemine mõjutab kõige enam selle kütuse lõpptarbijaid. Kui suveperioodil on võimalik olukorda lahendada olemasolevatest varudest, siis kütteperioodi lähenedes võib tekkida tugev gaasi defitsiit. Majandus- ja taristuministri Taavi Aasa sõnul, sõltub Eesti gaasitarbimine Venemaast 80 protsendi ulatuses ning, lisaks muudele väljakutsetele, tuleb valmis olla ka gaasi pikaajalisteks tarnehäireteks. Kuivõrd antud oht on reaalne ja ajakriitiline, on algatatud maagaasiseaduse, hädaolukorra seaduse ja konkurentsiseaduse muutmist ning vastavad eelnõud on läbinud Riigikogus esimese lugemise. [12].

Kuid ainuüksi poliitilisest valmisolekust ei piisa olukorra lahendamiseks. Iga soojusenergia tootmiseks gaasi kasutav ettevõtte peab olema valmis tekkinud väljakutsete vastuvõtmiseks. Oluline on, et ka lõpptarbijad ei jääks ootama lahendusi teenusepakujatelt, vaid uuriksid turul saadaolevaid alternatiive. Kaugküte on

linnaelanikele üks käepärasemaid ja soodsamaid nendest. Operaatori valimisel, tuleb lõpptarbijal välja selgitada, milliseid kütuse liike ja mil määral teenusepakkujad tema piirkonnas soojust tootmiseks kasutavad.



Graafik 2.1 Gaasi hinna muutus 12.2021-05.2022 [13]

Ülaltoodust tulenevalt, on praegu viimane aeg gaasikütusel põhinevatest lokaalkatlamajadest loobumiseks ning gaasikütusest vähemsõltuva kaugküttega liitumiseks. Saabumas on kütteperioodi vaheline aeg, mis võimaldab aegsasti astuda selleks vajalikke samme, tagamaks valmisolekut järgmiseks talveks. Kaugküttele üleminekuks vajalikke eeltingimusi on põhjalikumalt käsitletud käesoleva magistritöö peatükkides 3. ja 4.

2.4 Võimalused kütmiseks Tallinnas

Soojamajanduses on tõusev trend jääsoojuse kasutamine, näiteks kasutatakse jahutuses või tööstuses tekkiv jääsoojus kodude kütteks – näiteks suurem serveripark võib väiksema linnaku ära kütta. Jääsoojuse kasutamiseks on aga vajalik just kaugküttevõrgu olemasolu.

Soojusettevõtted kasutavad soojusenergia tootmiseks peamiselt biomassi või maagaasi, harvem ka kütteõli. Gaasi ja õli hind sõltub kaudselt maailmamajanduse üldisest olukorrast ning need hinnamuutused väljenduvad ka kliendi arvel. Märksa väiksema hinnakõikumisega on näiteks biokütustest hakkepuit, mis on märgatavalt soodsam, kuid millele lisanduvad suuremad investeerimis- ja opereerimiskulud. Mittetöhusates

kaugküttevõrkudes koosneb soojuse hind suures pildis ligi kaks kolmandikku kütuse ehk maagaasi või õli hinnast ning kolmandiku seadmete investeeringu- ja opereerimiskuludest. See tähendab, et maagaasist või õlist toodetud toasooja hind sõltub suuresti kütuse omahinnast ning lõpptarbija jaoks võib see periooditi muutuda. Hakkepuidust soojuse tootmisel on vastupidi – kütus ehk hakkepuut moodustab hinnast ligi ühe kolmandiku ning kaks kolmandikku investeeringu- ja opereerimiskulud.

Kuna biokütuse omahind mõjutab soojuse hinda vaid kolmandiku ulatuses, ning hakkepuidu hinnakõikumised on oluliselt väiksemad, siis need muutused ei mängi lõpptarbija jaoks enam erilist rolli ehk pikemas perspektiivis on puiduhakkest toodetud soojus soodsam ja stabiilsem kui maagaasist. Lisaks annab hakkepuiduga kütmine tööd kohalikele elanikele.

Tallinna linna suurimaks kaugkütte võrgu ettevõtjaks on energia kontserni Utilitas kuuluv ettevõtte Utilitas Tallinn. Utilitas energiakontsern toetab fossiilkütustest loobumist nii Euroopa Liidu kui ka Eesti kliimaeesmärkide saavutamisel: "Euroopa Komisjon tutvustas eelmise aasta lõpus uut ambitsioonikat plaani, milles nähakse ette kasvuhoonegaaside heitmete vähendamist 2030. aastaks 40 protsendi asemel vähemalt 55 protsendi võrra" [14].

Nõmme, Põhja-Tallinna ja Kesklinn-Pirita küttepiirkondades pakub kaugkütte teenust ka Adven AS, mis kuulub uude 2020. aastal moodustatud energiakontserni Adven/Värmevärden grupp koosseisu. Adven on juhtiv energia- ja veeteenuste pakkuja kogu Põhja -Euroopas. Tööstuste jaoks toodab Adven tööstuslikku auru, soojust ja külma ning pakub kasulikke ja töötlevaid lahendusi energia-, vee- ja materjalitõhususe parandamiseks. Kinnisvarasegmendi jaoks toodab Adven soojust ja jahutust kaugkütte või kinnisvaraspetsiifiliste lahenduste alusel, kasutades näiteks bio- ja geoenergiat. Adven toodab ja edastab toasoojust 19 piirkonnas üle Eesti. Tallinnas on kütuse liigina kasutuses peamiselt maagaas [15].

3.JUHTUMIUURING NING METODOLOOGIA

3.1 Juhtumiuuring

Üha enam arendatakse Tallinnas hoonetesse kaugkütet, kuna see on mugav ja keskkonnasõbralikum viis hoonete kütmiseks. Järgmine kaugkütte projekt on Ülemiste City, kus kaks arendajat liituvad paralleelselt kaugjahutusega ja kaugkütteteenusega [16] ning on mõtet loobuda maagaasi kasutamisest, mis on eriti aktuaalne käesoleva magistritöö p-s 2.3.1. toodut silmas pidades.

Ülemiste linnakusse rajatav kaugenergia lahendus peab vastama kõigile keskkonnanõuetele ka aastakümnete pärast ning fossiilkütustest loobumine toetab nii Euroopa Liidu kui ka Eesti kliima neutraalsete eesmärkide saavutamist.

Ülemiste City esimeses etapis saab kaugküttega liituda üle 100 000 m² netopinda. Klientide seas on peamiselt büroohooned, mitu tööstushoonet, üks kool ning teised piirkonnas olevat hoonet. Nagu igal pool Tallinnas, suurema osa moodustab ruumide kütmine, kuid seda kasutatakse enamasti talvisel perioodil, aga soe tarbevee jaoks aastaringselt. Kahjuks, ei ole Ülemiste Cityl enda kaugkütte katlamaja ning ühendada saab ainult olemasoleva kaugkütte võrguga.

3.2 Ülemiste City



Joonis 3. Ülemiste City 1890 aastatel.

Esimene hoone Ülemiste rajoonis ehitati 1835 a. Raudtee ehitamine 1870. aastal ja tehase „DVIGATEL“ rajamine 1898.aastal on oluliselt mõjutanud piirkonna arengut. 2005. aastal alustati Ülemiste City projektiga ning ehitama tehnoloogia linnakut. Tänapäevaks on sellest tekkinud innovatiivne linnarajoon. Ülemiste Citys, õpib, elab ja töötab ligi 12 000 inimest ning tegutseb pea 500 ettevõtet. AS Technopolis Ülemiste on endise Dvigateli tehase territooriumile loodud kaasaegse linnarajooni Ülemiste City suurarendaja. Technopolis Holding Plc-le kuulub 51 protsendi osalust ning 49 protsendilise osalusega AS-le Mainor Ülemiste. Mainor Ülemiste AS põhitegevus on Ülemiste City ärilinnaku arendamine. Ülemiste City arendajad Technopolis Ülemiste AS ja Mainor Ülemiste AS tegid ettepaneku roheline energeetika arendamiseks ning allkirjastasid lepingu kaugkütet ja -jahutust pakkuva energiakontserniga Utilitas Tallinn AS, Esimeses etapis liitub kaugenergiaga Ülemiste Citys üle 130 000 m² netopinda.

Ülemiste linnaku hoonete kütmine on tänaseni sõltunud 100% maagaasi kasutavatest kütelahendustest, ning põhiline soojuse müüja Ülemistes on Adven Eesti. Aga tulevikus on plaanis kasutada keskkonnasõbralikumaid ning tõhusat kaugkütet, mis põhineb suurel osal taastuvenergial. Linnaku ühendamise minimeerib hoonete CO₂ heite, sest üle 65% Utilitase kaugküttevõrkude kaudu müüdud soojusest toodetakse taastuvkütusest. Lisaks energiaefektiivsuse suurenemisele ja CO₂-neutraalsusele

lähemale jõudmisele, peaksid alanema ka tegutsemiskulud. Kaugküttele üleminek on üks tõhusamaid viise, kuidas parendada hoonete energiaklassi. Linnakut võrku liitvate ehitustöödega alustati juba 2020. aastal, kui ehitati Paepargi tänaval asuvast peamagistraalist väljavõtte. 2021. aastal jätkati soojustorustiku ehitamist. Seejuures viidi kaugküttele torustik raudtee alt läbi Suur-Sõjamäe tänavani. [17]

Praeguseni hoonete kütmiseks fossiilset maagaasi kasutama sunnitud Ülemiste City saab üle minna keskkonnasäästlikule kaugküttele, kuna see asub Utilitas Tallinn haldusalas.

Suurtes asulates, kus soojusvõrkude tarbimistihedus ja -maht on suurem ning soojust toodetakse koostootmisjaamades, saab kindlasti pakkuda ka paremat hinda. Paljudele asulatele on tänaseks valminud soojusmajanduse arengukavad. Nendes analüüsitakse konkreetse asula olukorda ja arenguperspektiivi ning antakse pädevaid soovitusi – kas mõistlik on kasutada kaugkütet või lokaalseid lahendusi.

Kaugküttepiirkonnas valvab õiglase soojahinna üle Konkurentsiamet, kes kehtestab igale võrgupiirkonnale, selle iseärasusi arvesse võttes, sobiva soojusenergia piirhinna. Hinna kujundavad nii soojatootmiseks tehtud investeeringud, püsikulud kui ka kulutused kütusele – kõik kulud kuuluvad hinna sisse.

Tulevane Ülemiste kaugküttevõrk asub Utilitas Tallinn haldusalas, kus alates 29.12.2021 kehtib soojusenergia müügihind 97,15 €/MWh, millele lisandub seaduses ettenähtud käibemaks. Kui võrrelda näiteks oktoobri 2021 müügihinda, see oli 50,14 €/MWh. Aga tänu riikliku toetusele on lõplik hind tarbijatele 66,59 €/MWh.

Konkurentsiameti hinnaregulatsiooni järgi võib välja tuua, et võrgupiirkondades võib piirhind kujuneda väga erinevaks. Peamised tegurid, mis mõjutavad piirhinna suurust, on soojuse müügimaht, kütuste struktuur, võrgu soojuskadu ja põhivara investeeringud. Mida väiksem on soojuse müügimaht, seda kõrgemaks kujuneb soojuse piirhind ja vastupidi. Seega, mida rohkem soojust tarbivaid kliente ühes võrgupiirkonnas on, seda väiksemad on kokkuvõttes soojusettevõttes tehtavad kulud tarbija kohta ja madalam soojuse piirhind. Kui soojust toodetakse täielikult maagaasist või põlevkiviõlist, siis nende kõrgema maksumuse tõttu kujuneb soojuse piirhind kõrgemaks võrreldes võrgupiirkonnaga, kus soojust toodetakse 80-85 protsendi ulatuses madalama hinnaga puiduhakkest ja näiteks 15-20 protsendi ulatuses maagaasist või põlevkiviõlist. Piirhinda mõjutab ka soojuskadu, mis sõltub eelkõige

kaugküttevõrkude tehnilisest seisukorrast. Mida suurem on kadu, seda rohkem kulub kütust ühe MWh tootmiseks ja vastupidi. [19]

3.2.1 Põhilised kliendid

- Ülemiste keskus

Keskuse laiendusega lisandus 13 000 m² kaubanduspinda: kauplused, meelelahutus- ja söögikohad. Avatav ka Euroopa moodsaim kinokompleks ning suur spordiklubi. Lisaks rajati mahukas maa-alune parkla. Koos laiendusega on keskuse suuruseks ligi 82 000 m² [20]. Ka peale kaubanduskeskuse laiendust lahendatakse soojusvarustus olemasoleva lokaal gaasikatlamajaga. Potentsiaalne võimsus antud hoone jaoks on 3,8 MW.

- Lennujaam

Tallinna Lennujaama tegevuse eesmärk on pakkuda rahvusvahelisi lennuühendusi, mis aitavad kaasa Eesti riigi ettevõtluse ja turismi arengule ning sedakaudu konkurentsivõime kasvule. Tallinna Lennujaama visioon aastaks 2035 näeb ette reisiterminali laiendamist kuni 6 miljoni reisija teenindamiseks ning lennujaama linnaku rajamist. Tallinna lennujaama pikaajaline arenguvision annab suuna kogu Ülemiste piirkonna edasiseks arenguks. Terminali pindala on aastaks 2035 pea kolm korda suurem, ulatudes 85 000 ruutmeetrit 2019. aasta 34 000 ruutmeetri asemel. Lisaks, planeeritakse lennujaama linnakusse ehitada kuni 150 000 ruutmeetri peamiselt lennureisijate teenindamiseks vajalikke äri-, teenindus- ja majutuspindasid. Hoone pindala suurendamisega, suurened ka soojusvajadus. On arvestatud, et tulevase hoone ja olemasoleva hoone küttevajadus on 10,9 MW. [21]

- Hotellid

Praegu on sellel piirkonnal kokku 3 hotelli. Need on:

Hestia Hotel Susi; Hotel Tallinn By Mercure; Ülemiste city Residences

- Tulevane Ülemiste raudteejaam

Ülemiste terminalihoone hakkab koosnema neljast maapealsest korrusest ning ühe maa all oleva korrusest. Moodustuva terminalihoone netopinnaks on projekti järgi ca 10000m².

- Elamumajad
- Tervisemaja

Samuti, Utilitas Tallinn AS andmetel, on kaugküttega liitumas uusi tarbijaid. Nendeks on:

- Hariduskompleks, millesse kuulub riigigümnaasium,
- Mitmeid büroohooneid
- Lasteaed
- Kaubandus ja vabaaja keskused

3.2.2 Kaugküttevõrgu üldkirjeldus

Ülemiste kaugküttevõrk on planeeritud eesmärgiga hakata kaugküttesoojusega varustama endise Dvigatel hooneid, Ülemiste Keskust vaba- ja puhkeaja keskusena ja Ülemiste City kasutuses olevaid lokaalküttega hooneid. Ehitatud maa-aluse eelisoleeritud torudega töös oleva soojustorustiku kogupikkus on 1757 m. Soojusvõrgu skeem on esitatud lisas 2, Ülemiste City kaugküttevõrk on projekteeritud temperatuurigraafikule 130/70°C. Tulenevalt sooja tarbevee tarbimisest kütteperioodil on katlamajast soojusvõrku väljastatava küttevee temperatuur minimaalselt 65–70°C. Alates välisõhu temperatuuri langemisest –5 °C-ni, reguleeritakse katlamajas küttevee pealevoolu temperatuuri vastavalt välisõhu temperatuurile. Välisõhu temperatuuril –15°C on küttevee pealevoolu temperatuur olnud 90–105°C. Välisõhu temperatuuri edasisel langemisel, küttevee temperatuuri üldiselt üle 110°C ei ole tõstetud.

Ülemiste keskmine tegelik soojuse tarbimise koormus 2019. aastal on olnud 8 MW. Antud kaugküttevõrku on planeeritud liita veel 53 MW. Lõõtsa 2 liitumiseks kaugküttevõrguga on projekteeritud hoonesse uus küttesüsteem, kuna selle hoone nagu enamustel hoonetel liitumispunkt asub katusel.

Kokku on plaanis liita uue kaugküttevõrguga 18 hoonet, kõik hooned kuuluvad Ülemiste haldusesse. Hooned on Ehitisregistri andmetel ehitatud ajavahemikul 1989–2020. Detailsemad andmed hoonete kasutuse, mahu, suletud netopinna ja energiamärgise kohta on esitatud tabelis 3.1.

Kõik praegused soojustarbijad on varustatud gaasi põletamistüüpi soojuskateldega (lokaalsete soojusallikatega). Soojustarbijate maksimaalseks summaarseks soojuskoormuseks on arvestatud 60–67 MW. Ülemiste City hooneid on renoveeritud ning need ei vaja energiatõhusamaks muutmiseks täiendavat olulist renoveerimist.

3.2.3 Soojuse tarbimine

Uue kaugküttevõrguga ühendatud soojustarbijate arvestatud soojuse nõue on 34 MW ning peaaegu sama palju on jäetud reservi. Välisõhu temperatuur on viimastel aastatel olnud erinev. Selleks, et soojuse tarbimise andmed oleksid võrreldavad erinevate aastate kaupa, on soojustarbimised üle viidud normaalaasta kliimatingimustele. Normaalaasta kliimatingimustele taandamiseks on kasutusel TTÜ teadlaste ja Kredex-i poolt soovitatud metoodika ja arvutusvalem. Normaalaastana on arvestatud 30 aasta (1975–2004) keskmist kraadpäevade arvu. Kolme viimase aasta tegelikud ja normaalaasta kliimatingimustele taandatud soojuse tarbimised on esitatud tabelis 3.3 ning joonisel 3.2. Tabelis 3.4 on esitatud normaalaastale taandatud soojuse tarbimine tarbijate lõikes.[22]

3.3 Metodoloogia

Ülemiste Citys planeeritud kaugkütte võrk on analüüsitud kogu mahus, ehk selle koosseisus on:

- kaugkütte liitumiskoht;
- kaugkütte torustik (soojusallika ja tarbijate vahel);
- kaugkütte tarbijate ühendused.

Eesmärk on tarnida soojusenergiat kaugkütte võrgu kaudu kuid arvestades, et hoonete sisesed lahendused jäävad samaks. Kuivõrd Ülemiste City on alles arenev piirkond, siis olemasolevad hooned moodustavad ainult osa kogu planeeritavast hoonestusest. Ehk suurem osa hoonetest on alles planeerimise staadiumis. Soojusvõrk on planeeritud nii juba ehitatud hoonete jaoks kui ka edaspidi ehitatavatele hoonetele, mis saavad juba projekteerimise käigus arvestada kaugkütte võrguga.

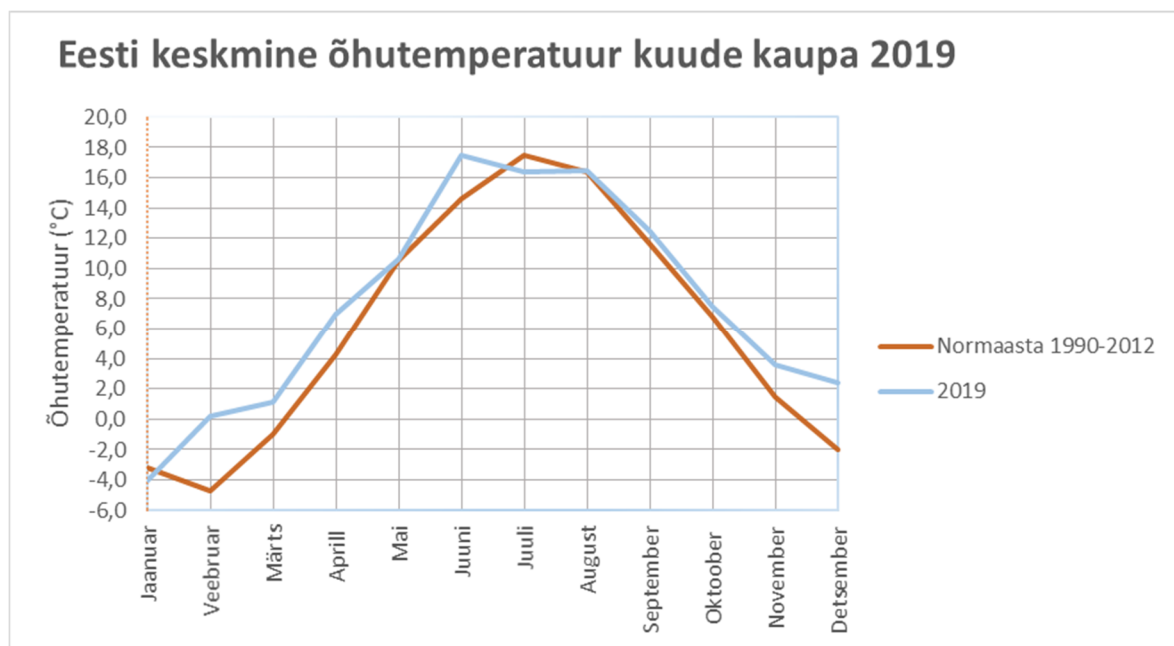
Seega on oluline välja tuua parameetrid, mille järgi saab vaadata ja hinnata kaugkütte võrgu juurutamise otstarbekust ning võrrelda omavahel erinevaid lahendusi, et leida optimaalne konkreetse olukorra jaoks.

3.3.1 Ülemiste City tarbijate soojusvõimsuse määramine

Kaugkütte võimsuse määramisel tuleb lähtuda nii olemasolevatest, kui ka projekteeritavatest ning planeeritavatest hoonetest.

Küttevõimsuste määramine on põhiline alus kogu kaugküttevõrgu edasiseks arenguks ja projekteerimiseks.

Olemasolevad hooned kasutavad gaasi soojusenergia tootmiseks. Sellest lähtuvalt, on vaja hinnata kogu gaasi tarbimise mahu. Kuna soojuse tarbimine sõltub otseselt välisõhu temperatuurist ei ole võimalik kuude kaupa täpselt hinnata maksimaalseid võimsusi, kuid annab võimaluse vaadata, mis on reaalsed keskmised soojusenergia vajadused.



Graafik 3.1. Eesti keskmine õhutemperatuur kuude kaupa aastal 2019 ja 1990-2012

Graafik 3.1 näitab Eesti keskmise temperatuuri erinevatel kuudel. Kui päeva keskmine temperatuur langeb alla 15°C, siis hakatakse kasutama kaugkütet. Toetudes sellele, võib teha järeldusi, et põhiline soojustarbimine on ikkagi septembri kuust kuni mai kuuni. Lisaks, tuleb meele pidada, et kaasaegsed hooned kasutavad kaugkütet soojatarbe vee soojendamiseks aastaringelt.

Seega on võimalik hinnata keskmise soojusenergia koormust, kuid info maksimaalsete (tippkoormuste) võimsuste leidmiseks on puudulik. Seega maksimaalsete võimsuste määramiseks on kasutatud teisi põhimõtteid ning meetodikaid.

Tänapäevaseid soojussõlmeid saab kasutada mitte ainult ruumide kütmiseks, vaid ka tarbevee soojendamiseks. Seoses sellega tuleb projekteerimisel arvestada asjaoluga, et soojuskoormus esineb isegi suvekuudel, mis on näidatud graafikus 3.3.

3.3.2 Arvutusnäide

Näitena või tuua uut teoreetilist büroohoone arvutust. Selle hoone köetav pindala on 22000 m². Tavaliselt energiatarve uue ehitise korral võetakse 120 kWh/m²a, mis hõlmab kütte ja soojatarbevee koormuse. Hoone energiatarve on võetud Riigiteatajas avaldatud Hoone energiatõhususe miinimumnõuete järgi [23]. KredEx-i poolt mõõdetud andmete kohaselt, on uute hoonete puhul soovitatud tasakaalutemperatuuriks võtta 13°C. Sellel tasakaalutemperatuuril on valitud ka 2020 aasta kraadpäevade arv ja normaalaasta kraadpäevade arv (viimase 10 aasta keskmine) Tallinna piirkonnas. [4][24]

Parameeter	Tähis	Väärtus	Ühik
Hoonete köetava pinna pindala	A _H	22000	m ²
Energiatõhususe soojusenergiatarve	E	120	kWh/m ² a
Tasakaalutemperatuur	t _k	13	°C
Arvutuslik välisõhutemperatuur	t _v	-23	°C
2020 aasta kraadpäevade arv - KRP	S _{teg}	2143	°C öp
Normaalaasta kraadpäevade arv	S _N	2604	°C öp
Soojatarbevee tarbimise osakaal	-	15	%
Kütte ja ventilatsiooni tarbimise	-	85	%

Soojusvõrguga liitunud hoonete arvutuslik soojustarbimine saadakse:

$$Q_A = E \cdot A_H \quad Q_A = E \cdot A_H \quad (3.1)$$

kus Q_A – aastane arvutuslik soojustarbimine, kWh/a;

E – energiatõhususe soojusenergiatarve, kW/m²a;

A_H – hoonete köetava pinna pindala, m².

Tarbijate soojatarbevee tarbimine ei sõltu välisõhutemperatuuridest ning loetakse pidevaks aastaringseks. Toodud näite korral võib kogemuslikult arvestada soojatarbevee tarbimise osakaaluks 15% arvutuslikust soojustarbimisest [4].

Tarbijate tegelik soojustarbimine saadakse välisõhu temperatuuri kõikumise kompenseerimisega:

$$Q_{teg} = (Q_A - Q_{tv}) \cdot \frac{S_N}{S_{teg}} + Q_{tv} \quad (3.2)$$

kus Q_{teg} – normaalaasta tegelik soojustarbimine, kWh/a;

Q_A – arvutuslik aastane soojustarbimine, kWh/a;
 Q_{tv} – soojatarbevee soojustarbimine, kWh/a;
 S_N – normaalaasta kraadpäevade arv tasakaalutemperatuuril, °Cöp;
 S_{teg} – 2020 aasta kraadpäevade arv tasakaalutemperatuuril, °Cöp.

Kraadtundide arvu kraadpäevadest saadakse kraadpäevade arvu korrutamisel 24-ga:

$$KRT = KRP \cdot 24 \quad (3.3)$$

Tarbijate soojustarbimine ilma soojatarbeveeta arvutatakse:

$$N_{sk} = \frac{Q_{kv}}{KRT} \quad (3.4)$$

kus N_{sk} – süsteemi soojustarbimine sõltuvalt välisõhu- ja tasakaalutemperatuuri vahest;
 kW/°C

Q_{kv} – kütte ja ventilatsiooni soojustarbimine, kWh/a;
 KRT – kraadtundide arv aastas, °Ch/a.

Valemist (3.4) järeldub, et büroohoonete hoonete summaarne erisoojustarbimine on 51 kW/°C.

Tabel 3.1.2. Soojusvõrgu soojuskoormuse parameetrid.

Parameeter	Tähis	Väärtus	Ühik
Aastane arvutuslik soojustarbimine	Q_A	2640000	kWh/a
Soojatarbevee soojustarbimine	Q_{tv}	396000	kWh/a
Soojatarbevee keskmine võimsus	N_v	50	kW
Normaalaasta tegelik soojustarbimine	Q_{teg}	3088800	kWh/a
Kütte ja ventilatsiooni soojustarbimine	Q_{kv}	2625480	kWh/a

Süsteemi soojusvõimsuse tipu arvutamine arvutusliku välisõhu- ja tasakaalutemperatuuri vahel arvutatakse:

$$N_k = N_{sk} \cdot (t_K - t_v) + N_v \quad (3.5)$$

kus N_k – soojustarbimise koguvõimsus, kW;

N_{sk} – soojustarbimine, kW/°C;

t_K – tasakaalutemperatuur, °C;

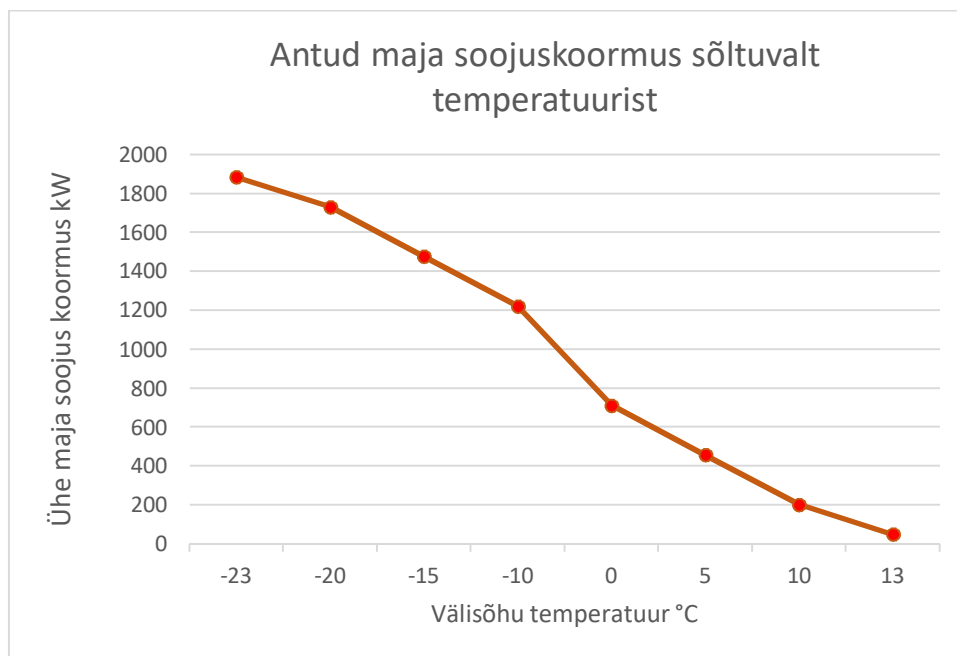
t_V – arvutuslik välisõhutemperatuur, °C;

N_V – soojatarbevee võimsus; kW.

Eesti tingimustes soojusvarustuse tipukoormuse projekteerimiseks kasutan välisõhutemperatuuri -23°C ning tasakaalutemperatuuri +13°C.

Valemist (3.5) järeldeb, et büroohoonete tarbijate soojusvõimsuse tippkoormus on 1886 kW.

Välisõhu temperatuur, °C	Soojustarbimise- Võimsus, kW
-23	1886
-20	1733
-15	1478
-10	1223
0	713
5	458
10	203
13	50



Graafik 3.2 Teatud maja soojuskoormus temperatuuri sõltuvuses

Soojusvõrgule soojuskoormuse kestvusgraafiku määramiseks on vaja teada aasta kuu lõikes kraadpäevade või kraadtundide arvu. Kestvusgraafikule märgitakse

soojatarbevee võimsus eraldi kütte ja ventilatsiooni koormusest. Kütte ja ventilatsiooni soojuskoormus arvutatakse:

$$Q_{kv} = N_{sk} \cdot \Delta t \cdot K_p \cdot 24 = N_{sk} \cdot KRP \cdot 24 = N_{sk} \cdot KRT$$

kus Q_{kv} – kütte ja ventilatsiooni soojuskoormus kuus, kWh;

N_{sk} – soojustabrimine, kW/°C;

KRT – kraadtundide arv kindlas kuus tasakaalutemperatuuril, °Ch.

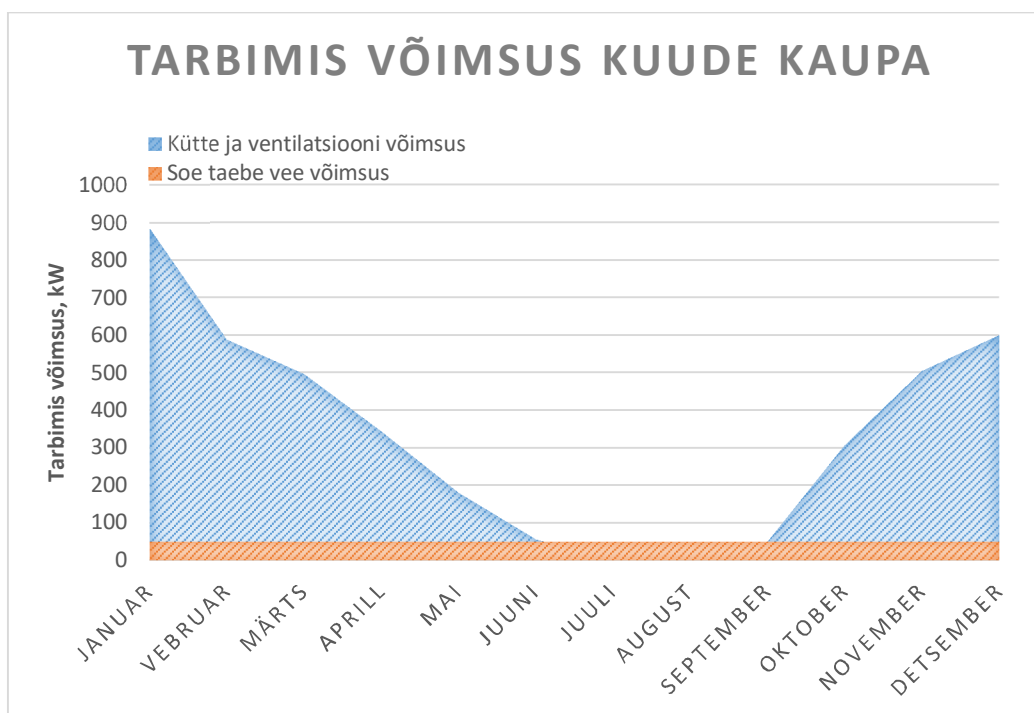
Igakuise soojuskoormuse võimsus kütte ja ventilatsioonile arvutatakse:

$$N_{kv} = Q_{kv} K_p \cdot 24$$

kus N_{kv} – soojuskoormuse võimsus ühes kuus, kW;

Q_{kv} – kütte ja ventilatsiooni soojuskoormus kuus, kWh;

K_p – kuupäevade arv ühes kuus, öp.



Graafik 3.3 Ühe teatud hoone tarbimisvõimsused kuude kaupa.

3.3.3 Kaugküttevõrgu efektiivsus.

Kaugküttevõrgu efektiivsust on võimalik hinnata soojuskaoteguriga, mis näitab võrgu suhtelist soojuskadu. Suhtelist soojuskadu on lihtsasti leitav võrgusoojuskao ja võrku toodetud soojusenergia suhtena. Suhteline soojuskadu oleneb kaugküttevõrgu isolatsioonist, torude läbimõõdust, pikkusest ning temperatuurirežiimist [4].

Soojuskaotegur ehk võrgu suhteline soojuskadu on järgmine:

$$q_{ssk} = \frac{Q_{sk}}{Q_A} = \frac{K_{\ddot{u}} * \left(\frac{A}{L}\right) * \int \theta d\tau}{\left(\frac{Q_A}{L}\right)}$$

kus Q_{sk} – võrgu soojuskadu aastas, MWh/a;

Q_A – aastas toodetud soojusenergia, MWh/a;

$K_{\ddot{u}}$ – võrgu soojuslähikandetegur, W/m²K;

A – torustiku pindala, m²;

L – torustiku pikkus, m;

θ – temperatuuriintegraal, °Ch.

Mida madalam on kaugküttevõrgu jaotustemperatuurid, seda väiksemad on soojuskaod ning temperatuurirežiimi temperatuuriintegraal:

$$\int \theta d\tau = \left(\frac{t_p + t_t}{2}\right) * \tau$$

kus θ – temperatuuriintegraal ehk kraadtundide arv, °Ch;

t_p – pealevoolu temperatuur, °C;

t_t – tagasivoolu temperatuur, °C;

$t_{\ddot{o}}$ – keskmine välisõhutemperatuur aastas, °C;

τ – kütteperioodi aeg aastas, h.

Kaugkütte võrgu keskmine diameeter on järgmine:

$$d_k = \frac{\frac{A}{L}}{2 * \pi}, \text{ meetrit}$$

Kaugküttevõrgu soojusisolatsiooni efektiivsust on võimalik hinnata soojuslähikandeteguriga. Mida väiksem soojuslähikandetegur, seda efektiivsem soojusisolatsioon ja soojuskaod. Soojusvõrgu üldine soojuslähikandetegur on leitav järgmiselt [4]:

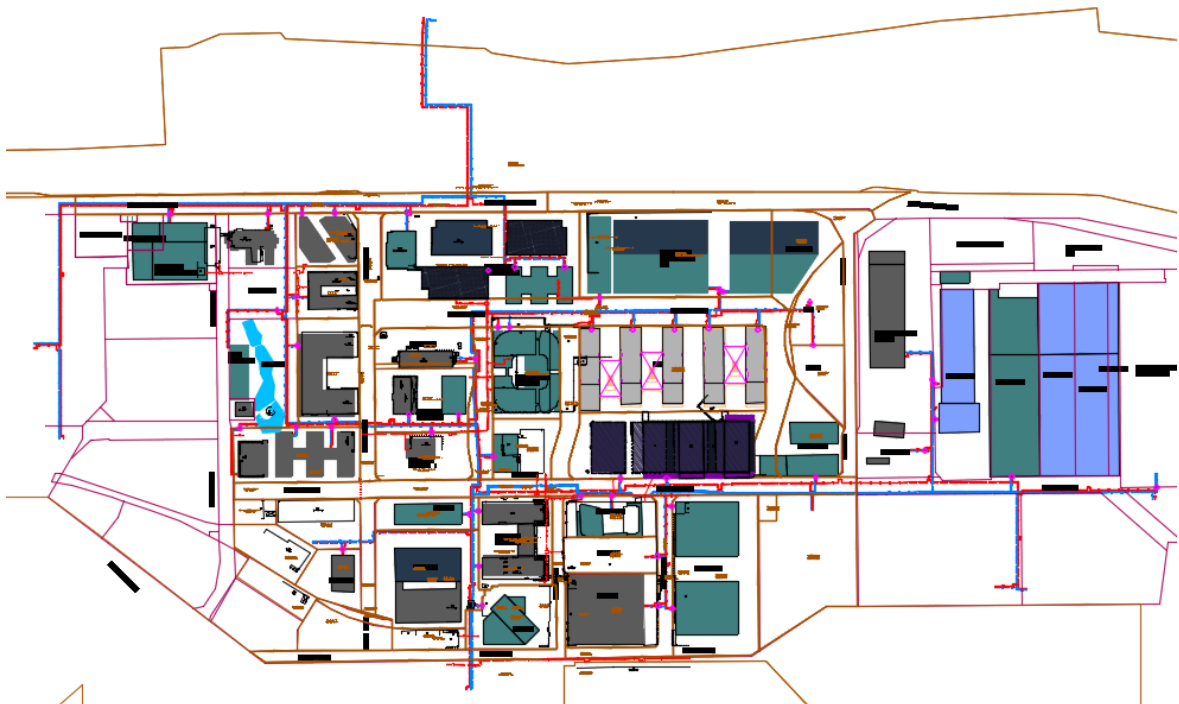
$$K_{\ddot{u}} = \frac{q_{ssk}}{\frac{\left(\frac{A}{L}\right) * \int \theta d\tau}{\frac{Q}{L}}}, \quad \frac{W}{m^2 K}$$

Jaotustegur on kaugkütte proportsionaalsustegur, mis väljendab soojuskadude vähendamise võimalust soojusisolatsiooniga. Mida väiksem on jaotustegur, seda väiksem on soojuskaotegur. Üldine jaotustegur on arvutatav [4]:

$$q_{jt} = \frac{\frac{A}{L} \cdot \int \theta d\tau}{\frac{Q_A}{L}}, \quad \frac{m^2 K}{W}.$$

Vastavalt nendele arvutustule saime tulemused Ülemiste piirkonna hoonete jaoks vajaliku võimsuse.

Käesoleva juhtumi puhul on kaugküttevõrgu torude läbimõõdud arvestatud Logstor A/S programmi abil. Programmi abil läbimõõtude arvestamiseks tuleb sisestada planeeritava piirkonna võimsused, kaugküttevõrgu lõikude pikkused ning valida soovitud toru. Pärast lähteandmete sisestamist, optimeerib programm kaugküttevõrgu läbimõõdud vastavalt sisestatud võimsusele, pikkusele ning toru valikule [25].



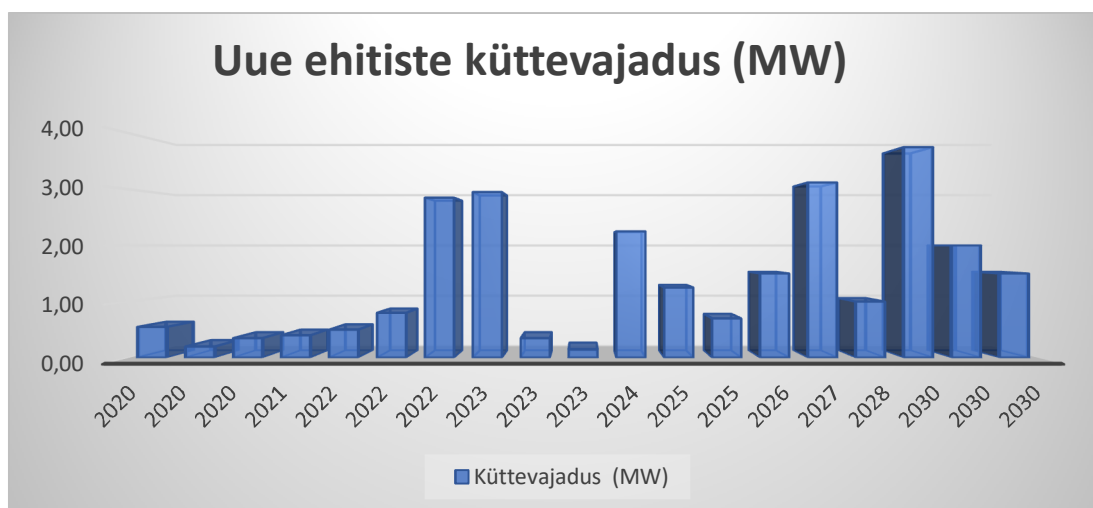
Joonis 3.1 Ülemiste City masterplan.

3.4 Tulevased hooned Ülemiste Cityl

Esiialgu võib üle vaadata tulevikus planeeritavaid hooned ning nende küttevajadus.

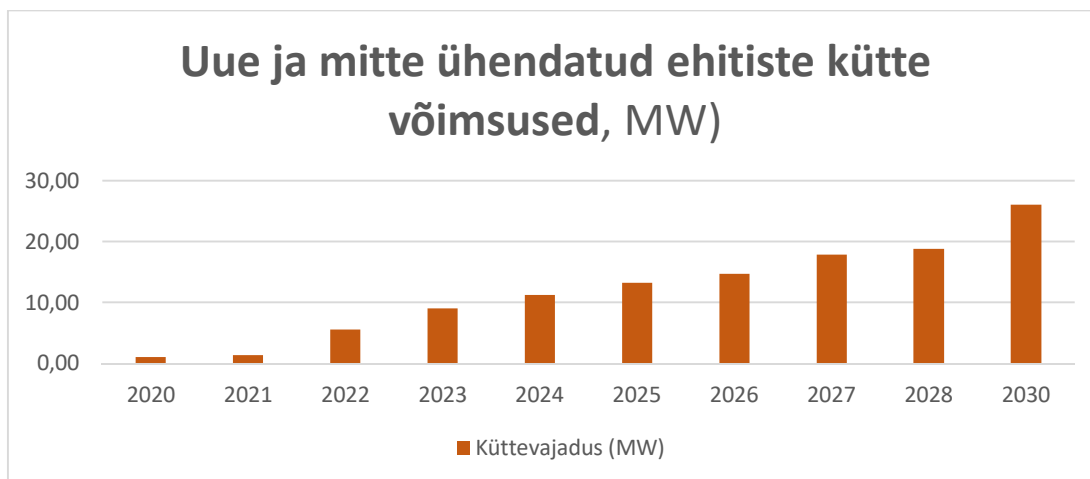
Aadress	Ehitusaasta	Hoone pindala (m2)	Kütte vajadus (MW)
Sepapaja 1	2020	11 000	0,55
Valukoja 10/1	2020	4 000	0,20
Valukoja 10/2	2020	7 000	0,35
Valukoja 23	2021	8 000	0,40
Valukoja 7	2022	10 000	0,50
Sepise 7	2022	16 000	0,80
Lõõtsa 1 (2-3 etapp)	2022	57 000	2,85
Valukoja 25-31	2023	59 000	2,95
Lõõtsa 5	2023	7 000	0,35
Keevise 3	2023	3 000	0,15
Sepapaja 10	2024	45 000	2,25
Valukoja 9 büroo	2025	25 000	1,25
Lõõtsa 9	2025	14 000	0,70
Lõõtsa 1 (4-6 etapp)	2026	30 000	1,50
Valukoja 9	2027	62 408	3,12
Valukoja 12	2028	20 000	1,00
Sepapaja 3	2030	75 000	3,75
Sepapaja 5	2030	40 000	2,00
Keevise 2	2030	30 000	1,50
TOTAL	TOTAL		26,17

Tabel 3.2 Ülemiste City tulevaste hoonete pindala ja võimsused.



Graafik 3.1 Ülemiste City perspektiivsed kaugkütte tarbijad ning nende võimalik maksimaalne soojusvõimsus, MW.

Graafik 3.1 näitab, millise kaugkütte vajadusega on Ülemiste City linnakul plaanis ehitada.



Graafik 3.2 summaarne kütte vajadus 2030 aastaks.

Soojustrassi projekteerimisel tuli arvestada, et peale olemasolevate hoonete, võivad lisanduda kuni 27MW tarbimisvõimsusega ehitised. Kuna suurem osa tarbijatest on planeeritud hooned, mille kohta täpsed andmed puuduvad, siis on võetud arvesse et nende soojusvõimsus on keskmiselt 20 – 55 KW/m². Antud väärtused on võetud Utilitas Tallinn AS kaugkütte teenuse pakkujal, mis on arvestatud keskmist kontorihoonete kütte vajadust.

3.5 Olemasolevad potentsiaalsed klindid

Aadress	Ehitusaasta	Hoone pindala (m ²)	Kütte vajadus (MW)
Valukoja 8/1 Öpik 1	2016	19 608	0,98
Valukoja 8/2 Öpik 2	2019	18 949	0,95
Sepise 10		3 193	0,16
Sepise 8		1 250	0,06
Valukoja 10		3 310	0,17
Valukoja 7		1 244	0,06
Valukoja 7/2		3 427	0,17
Valukoja 23	2014	2 300	0,12
Lõdtsa 2a / Lõdtsa 2b	2008	18 766	0,94
Lõdtsa 4		5 205	0,26
Lõdtsa 6		10 422	0,52
Lõdtsa 8/8A		34 451	1,72
Lõdtsa 12		10 809	0,54
Sepapaja 1 / Suur-Sõjamäe 12		14 600	0,73
Sepapaja 2		3 050	0,15
Lõdtsa 5 /Sepapaja 4		10 817	0,54
Sepapaja 6		948	0,05
TOTAL		162 349	8,12

Tabel 3.2 Ülemiste City olemasolevate hoonete pindala ja võimsused.

4. ÜLEMISTE KAUGKÜTTE ARENDUSE ETAPID

Arengukava üldine eesmärk oli täiendada olemasolevat arengukava uute potentsiaalsete kaugkütte tarbijate liitumise tõttu.



Joonis 4.1 on näidatud planeeritav areng Ülemiste Citys.

Arenevat Ülemiste City piirkonda, mis on piiratud Tallinna Lennujaama, Suursõjamäe ning Tartu maanteeaga, vaadates selgub, et seda linnakut on plaanis kõvasti edasi arendada. Siia tulevad uued büroohooned, uued elamuhood, Rail-Balticu terminal jne, ning raske on endale ette kujutada, et kuskil ilusate majade vahele saab ehitada vajalikku lokaalset katlamaja. See pärast oli vaja leida lahendus soojusenergia tarnimiseks Ülemiste piirkonda.

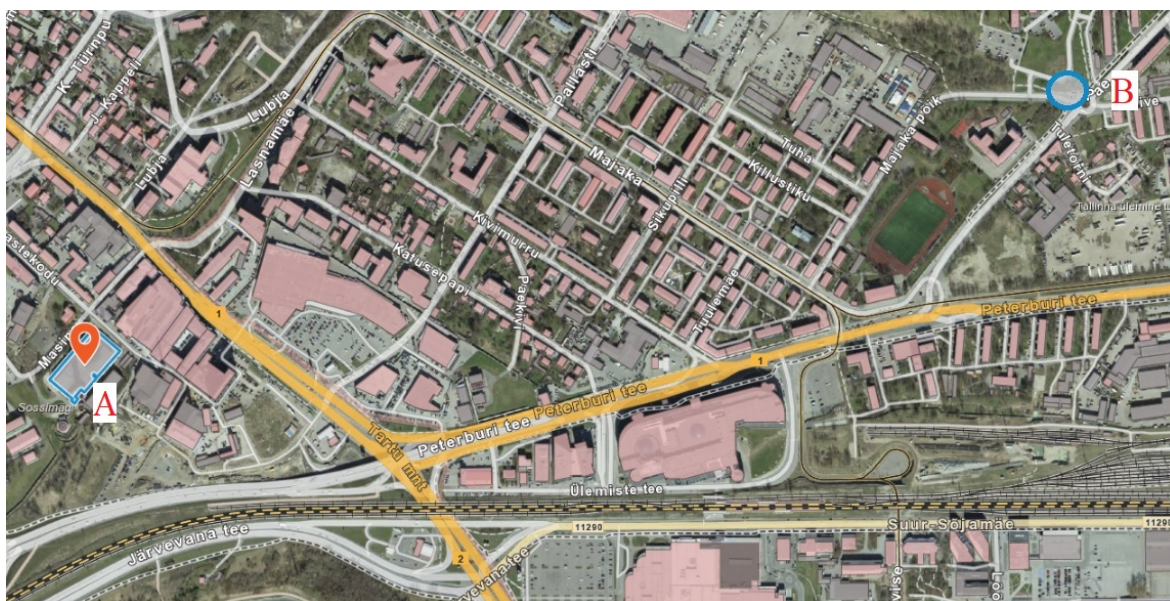
4.1 Kaugkütte allikate asukoht ja võimalused

Kaugkütte energiaallikateks antud piirkonnas on võimalik valida:

- Lokaalne katlamaja, mis peab asuma kvartali lähedal, selleks et vähendada soojuskadude ning soojustorustiku ja pumpamise maksumuse vähendamiseks. Aga samas, peab omandama pideva kütuse varustuse. See võib olla nii gaasitorustik kui ka põlevkiviõli või hakkepuidu mahuti.
- Olemasolev soojustrass, mis võib välja anda nõutud võimsuse.
- Soojuspumba ja jääksoojuse kasutamine.

Kaugkütte allikate valimisel tuleb arvestada Ülemiste City planeeringuga. Nagu eelnevalt oli öeldud, Ülemiste ei ole sobilik koht kaugküte katlamaja ehitamiseks. Samas, soojuspumba ja jääksoojuse kasutamine ei anna välja nõutud võimsuse.

Lõpuks oli valitud ainuke variant, mis pidi olema ühendatud olemasoleva soojustrassiga. Uue soojustrassi ehitamise ning projekteerimisega kaasnevad ka täiendavad nõuded.



Joonis 4.2 Ülemiste City ühenduse võimalused.

Joonise 4.2 peal on näha kaugkütte ühendamiseks sobivad soojuse allikad antud piirkonnas.

1) Esimesena on uuritud võimalust kasutada soojusallikana Ülemiste Katlamaja (joonise 4.2 peal punkt A), mis asub aadressil Masina 18. Ülemiste katlamaja on käigus alates 1962 aastast ning jaama võimsus on 238MW. Praegu on see katlamaja Utilitas AS reservis ning seda käivitatakse ainult lisasoojuse tootmise vajadusel. Praegu samas majas asub ka päikeseelektrijaam ja kaugjahutusjaam, mille võimsus on 10MW.

2) Järgmine võimalus on Paepargi tänaval asuv olemasolev trass (joonise 4.2 peal punkt B). Punktis B asub soojustrassi tehniline soojuskamber I33, mille sees on teras toru DN1200 (Tallinna soojustorustiku peamagistraal), millest saab võtta nõutud soojuskoormust.

Oletame, et Ülemiste City liitumispunkt asub Lõõtsa 2b tänaval ning sealt lähevad torud edasi üle terve linnaku.

Variandi A ja liitumispunkti vahel paigaldavate torude pikkus tuleb umbes 2km. Siin tuleb kindlasti arvesse võtta, et tuleb ületada Tartu maanteed ja Peterburi teed. Lisaks, nõuaks variandi A kasutamine pidevat Ülemiste Katlamaja kasutamist. See aga tõstab teenusepakkuja kulutusi, mis avaldub kindlasti ka lõpptarbijatel, eriti kui kaugküttele ülemineku algfaasis on nende lõpptarbijate hulk väike. Eraldi katlamaja käigus hoidmine soojusvarustuse tagamiseks vaid Ülemiste piirkonna jaoks, ei ole ka kõige keskkonnasõbralikum lahendus, sest CO₂ heited oluliselt suureneksid.

Kui vaadata Varianti B, siis sama liitumispunktini on ainult 1,1 km. Trassi ehitamine puudutab, olulistest transpordi soontest, vaid Peterburi teed. Selle variandi puhul ühendatakse Ülemiste City piirkond toimiva küttevõrguga, mis on lõpptarbijaja jaoks soodsam ja ei tekita täiendavat koormust keskkonnale või on see viidud miinimumini.

Ülaltoodust tulenevalt, on Ülemiste City piirkonna kaugküttevõrguga ühendamise ratsionaalseimaks lahenduseks variant B, mis on ressursi säästvaim nii ehituse kui ka hilisema eksploatatsiooni faasis.

4.2 Kaugküttevõrgu torustik, kavandamise meetodika

Kaugküte võrgu planeerimise üks tähtis osa on torustiku ja liitmikute materjali valimine. Nagu oli mainitud käesoleva töö p-s 2.2.1, kaugküttevõrgus saab kasutada erinevaid torusid. Põhilised erinevused on töötoru materjalis ning isolatsioonis (isoleeritud, ilma jne). Ülemiste City võrgu kavandamisel lähtutakse nii tehnilis-majanduslikust analüüsist, Eesti võrguvaldaja kogemusest ja harjumustest ning ka konkreetse asukoha omapärasustest.

Lähtudes sellest on planeeritud kasutada järgmist meetodikat:

1. Vaadata, millised torud sobivad kaugkütte võrgu kasutamiseks;
2. Määrata, töötoru materjali, hinnaklassi ja montaažitöö teostamise hinda;
3. Määrata, torude soojusisolatsiooni vajadust.

4.3 Kaugküttevõrgu torude valik

Antud punktis on toodud välja erinevate torude maksumused. Torude montaažitööde maksumust saab hinnanguliselt määrata vahemikus 40 – 80% torude maksumusest. Siin tuleb võtta arvesse, et eelisooleeritud torude montaaž on märksa kallim, kuna see nõuab täiendavate nõuete täitmist (näiteks isolatsiooni jätkupakendite paigaldamist). Seega, saab ligikaudselt määrata, et isoleerimata torude montaaži hind jääb vahemikku 40 – 50% torude maksumusest ning eelisooleeritud torude montaaži hind jääb vahemikku 70 – 80% torude maksumusest.

Allpool tabelis 4.1 on toodud erinevate torude variandid ja läbimõõdud

	Terastoru PE kestaga	Eelisooleeritud terastoru	Eelisooleeritud TWIN terastoru	Eelisooleeritud Pex toru
DN50	60,3	60,3/140/150	2*60,3/200	50/110/125
DN 65	76,1	76,1/160/180	2*76,1/225	63/125/140
DN 80	88,9	88,9/180/200	2*88,9/250	90/160/180
DN 100	114,3	114,3/225/250	2*114,3/315	110/180
DN 125	139,7	139,7/250/280	2*139,7/400	-
DN 150	168,3	168,3/280/315	2*168,3/500	-
DN 200	219,1	219,1/355/400	2*219,1/630	-
DN 250	273,0	273,0/400/450	-	-
DN 300	323,9	323,9/450/500	-	-
DN 400	406,4	406,4/560/630	-	-
DN 500	508	508/630	-	-
DN 600	610	610	-	-
DN 700	711	711	-	-
DN 800	813	813	-	-
DN 900	914	914	-	-
DN 1000	1016	1016	-	-
DN 1200	1220	1220	-	-

Tabel 4.1 Paigaldavate kaugkütte toru variandid

Tabelis 4.2 on toodud torude hinnangulised maksumused.

Läbimõõt	Terastoru PE kestaga	Eelisooleeritud terastoru	Eelisooleeritud TWIN terastoru	Eelisooleeritud Pex toru
DN 100	19	29	52	
DN 125	24	37	67	-
DN 150	28	43	79	-
DN 200	44	72	125	-
DN 250	55	89	-	-
DN 300	83	128	-	-
DN 400	116	187	-	-
DN 500	171	275	-	-

Torude maksumused on võetud erinevate projektide eelarvetest (enne 2022), kus oli tegemist eelisooleeritud terasest torudega, tavalistega terastorudega, Twin ja Pex torudega (Tabel 4.2). Nende objektide baasil oli koostatud keskmine hinnanguline torude maksumus.

Eestis, üldjuhul, on hetkel levinud eelisooleeritud torustiku kasutamine. Põhjamaade riikides isolatsioonita soojustorustiku kasutamine ei ole ratsionaalne.

A.M Calance magistriöös olid tehtud arvutused Rootsi võrguvaldaja „Gavle Energi AB” näitel, kus olid kasutatud kolm põhivarianti: eelisooleerimata torustikud, eelisooleeritud torustikud, isoleeritud pealevoolutorustik + isoleerimata tagasivoolutorustik [26]. Võrdlemise tulemused on näidanud, et soojuskaod on otseselt seotud toru läbimõõduga (mida rohkem suureneb toru läbimõõt, seda suurem on soojuskadu). Samuti, eelisooleerimata torude puhul on soojuskadu kõige suurem (kui võtta aasta keskmine väärtus) ning juhul, kui kasutada isoleeritud toru pealevoolul ning tagasivoolul, siis aasta keskmine soojuskadu on kõige väiksem. See on tingitud sellest, et kaotada soojus isoleeritud torult on palju keerulisem, kuna toru ümbritseb soojusisolatsioon. Isegi suvel, kui välisõhutemperatuur on kõrge, ei tõuse maapinna temperatuur kõrgemaks kui tagasivoolu temperatuur (45°C) ning isolatsioonita torustikel tekkivad soojuskaod. Võttes arvesse antud tulemuse, võib väita et Põhjamaades ja Baltimaades peab soojustorustikel isolatsioon peal olema. Seega, isoleerimata terastorustik ei sobi Ülemiste City kaugküttesse. Isoleerimata torustik sobib ja on levinud geotermaalallikatega riikides, kus on looduslikud maa-alused soojusallikad.

Kuna Ülemiste City soojustarbimise võimsus on suur, võib kohe väita, et eelisooleeritud Twin terastoru ja eelisooleeritud Pex toru ei sobi linnaku arendamiseks nende väiksema läbimõõdu tõttu.

Olid võrreldud ka erinevate paigaldussügavuste mõjud soojuskaole. Mida sügavam on torustiku paigaldussügavus, seda vähem mõjutab seda õhutemperatuur kuna pinnase temperatuur suuremal sügavusel on suhteliselt ühtlane aasta lõikes.

Kaugkütte torustiku paigaldamise viise saab jaotada järgmiselt:

- Maa-alune torustik – on torustik, mis on paigaldatud maa sisse, kas lahtisel või kinnisel meetodil. Maa-alusel paigaldamise viisil võib kasutada nii eelisooleeritud kui ka tavalised terastorud, mis edaspidi tuleb isoleerida. Sellisel juhul paigaldatakse torud raudbetoon künadesse. Kuna see meetod on vanaaegne on plaanis ehitada Ülemiste City eelisooleeritud torustikuga.
- Maapealne torustik tavaliselt ehitatakse isoleerimata terastorust ning hiljem isoleeritakse kohapeal. Maapealse torustiku projekteerimisel kindlasti tuleb meeles pidada, et nendel puudub hõõrdetegur ning on vaja arvestada erinevate tugevate ehitamisega (kinnis- ja liugtoed). Samas, kui kasutada eelisooleeritud maapealsed torud tuleb veel lisaks pöörata tähelepanu isolatsiooni väliskestale ning tugevate pindala ja kogus suureneb.
- Hoonete siseselt paigaldatakse tavaliselt isoleerimata torud ning peale paigaldust isoleeritakse kohapeal.

Paigalduse viis valitakse sõltuvalt asukoha omapärasusest. Aga Eestis kaugkütte arendamiseks või renoveerimiseks kasutatakse eelisooleeritud materjali. Tavaliselt on need Uponori, Logstori või Isoplussi tooted. Antud juhul soojusenergia tootja (Utilitas Tallinn) on andnud enda poolt tehnilised lähteandmed, millega pidi arvestama soojustorustiku valimisel (tabel4.3)

Tabel 4.3 projekteeritava torustiku normatiivid.

Nimetus		Ühik	Suurus
Soojustorustiku arvestuslik tööiga		aasta t	30
Pealevoolu maksimaalne temperatuur		°C	130
Tagasivoolu maksimaalne temperatuur		°C	70
Rõhk survekatsel		MPa	1,6
Toruterasele lubatavad telgpinged; olub		MPa	190 (150)
Soovitav paigaldussügavus (toru PE-kesta pealt) ²	magistraal- ja jaotustorustikud	m	0,9 ÷ 1,2
	majaühendused		0,7 ÷ 0,9
Hõõrdekihi paksus / liivapadi toru all ja peal ³	Liivalus toru all	mm	150
	Liivalus toru peal		200
Soovitav peale- ja tagasivoolutoru PE-kestade vahe	PE-kesta Ø ≤ 225 mm	mm	150
	Ø 225 mm kuni Ø 560 mm		250
	Ø 630 mm kuni Ø 900 mm		300
	> Ø 900 mm		500

Ülemiste City kaugkütte võrgu kavandamisel oli torude paigalduse viisiks valitud lahtine maa-alune meetod. Sellest tulenevalt, on majanduslikult kõige otstarbekam teostada võimalikult vähe kaevetöid ning toru paigaldussügavus on vahemikus 1,5 – 0,8m toru peale. Kaevetöid raskendab suhteliselt kõrge paekivikiht, mis asub vahemikus 1,0 – 2,0m maa sees. Kinnine meetod ei osutunud antud olukorras valituks liiga suure keerukuse tõttu (ehk puurimine paekivis ning suur vibratsioon vanade hoonete piirkonnas).

Kuna Ülemiste piirkonnas on palju büroohooneid ning nende hulgas ka Eesti Tolli- ja Maksuamet, kus asuvad olulised serveri ruumid, oli Mainori ja Tehnopoly nõue teha vibratsiooni testi, et uurida ja tagada serverite stabiilset tööd. Paasi lahtise meetodiga lõhkumise ajal oli mõõdetud ruumides vibratsiooni tase. (Tulemused on Lisa 3)

Maailmas on serverikeskuste vaates olemas praktikad loodusliku vibratsiooni käsitlemise osas, aga mitte niiväga inimtekkelise vibratsiooni suhtes. Eestis paiksetes serveriruumides vibratsiooni ennetavaid meetmeid seadmekappide (rackide) osas üldjuhul ei rakendata, kuna asume seismiliselt väga stabiilses piirkonnas.

Planeerimisel peab lähtuma kasutatavate IKT seadmete spetsifikatsioonides toodud nõutest, kui need on välja toodud. Järgnevalt mõned näited IKT seadmete vibratsioonitaluvuse kohta väliste vibratsioonitekitajate suhtes:

- **HPE 3PAR 7k**

Operating Vibration 0.25 G, Sine, 5-500 Hz, 0.1 Grms, Random 10-100Hz

Non-operating Vibration 0.5 G, 5 - 500 Hz, Sine

Operating Shock 2 G, 11ms, half-sine

Non-operating Shock 10 G, 11ms, half-sine

- **HPE P2000 MSA**

Shock, Operational 10G's for 10 milliseconds

Shock, Non-Operational 15G 11ms half sine

Vibration, Operational 5-500Hz, 0.21Grms flat

Vibration, Non-Operational 3-365-3Hz, 1.22 Grms,z-axis,0.85 Grms, X&Y axis shaped spectrum

- **HPE Primera**

Operating Vibration 0.25 G, Sine, 5-500 Hz; 0.25 GRMS, Random 5-500 Hz

Non-operating Vibration 0.5 G, 5 - 500 Hz, Sine; 0.5 GRMS, Random, 5-500Hz

Operating Shock 5G, 11ms, half-sine

Non-operating Shock 10 G, 11ms, half-sine

- **Dell Poweredge R640 server**

Maximum vibration

Operating 0.26 G rms at 5 Hz to 350 Hz (all operation orientations).

Storage 1.88 G rms at 10 Hz to 500 Hz for 15 min (all six sides tested).

Maximum shock specifications

Operating Six consecutively executed shock pulses in the positive and negative x, y, and z axes of 6 G for up to 11 ms.

Storage Six consecutively executed shock pulses in the positive and negative x, y, and z axes (one pulse on each side of the system) of 71 G for up to 2 ms.

IKT-seadmetes peetakse kõige vibratsiooni ja šokkitundlikumateks komponentideks tavalisi ehk nn spindel-kõvakettaid. Muus osas kardavad seadmed sellist vibratsiooni, mis võib mõjutada komponentide vahelisi kontaktühendusi või tekitada mikroskeemides mikromõrasiid.

4.4 Arvutused soojustorustiku süsteemi projekteerimise

- 1) Hüdrauliline arvutus, mis on projekti väga tähtis osa, mille käigus tuleb arvutada optimaalne soojuskandja läbimõõt ja vedeliku rõhk tarbijatele vajaliku energia koguse edastamiseks. Mida väiksem toru läbimõõt on, seda kõrgem surve peab olema ja seda suurem peab olema pumpade võimsus ja samas on suurem elektrienergia tarbe pumpamiseks. Tavaliselt Eestis kasutatakse eelisoleeritud terastorusid. Võrreldes PE100 torudega terastorud peavad vastu üle 16 baari ning nende seinapaksust ei pea suurendama. Torude sisemine läbimõõt on väiksemate seinapaksuste puhul suurem, mis omaette mõjub hüdraulikale ning vähendab takistust.

Hüdraulilise arvutuse teostamisel oli võetud arvesse, et rõhu gradient (ehk rõhukadu jooksva meetri kohta) ei ületaks 100 Pa/m. Need on üldised soovitusel kaugküttetrasside projekteerimisel. Vee kiirus torudes antud juhul on piirides 0,4 kuni 2,2 m/s. Üldiselt on nii, et väiksemates torudes on kiirus madalam ning suuremates magistraalides on kiirus suurem. Üldised soovitusel projekteerimisel on, et keskmine kiirus oleks 1,5 m/s piirides ja maksimaalne ei ületaks 2,5 m/s. See on seotud ka torude materjaliga ning, terastorude puhul, ülemine piir 2,5 m/s arvestab ka sellega, et tuleb vältida erosiooni tekkimist torudes.

- 2) Tugevusarvutuse käigus võetakse arvesse kõiki mõjusid torusüsteemile, mis on tingitud torustiku soojenemisest, omakaalust, pinnasest jne. Sõltuvalt projekti klassist on olemas ka nõuded arvutuse detailsusele. Näiteks A-projektiklassi puhul on lubatud nn käsitsi-arvutused, kasutades lihtsamaid valemeid ja mõned gramme, kuid C-klassi torustiku korral tuleb viia läbi detailne arvutus, kasutades tugevusarvutuse programme. Arvutused peavad näitama ka valitud torustiku konfiguratsiooni, mis võimaldab tagada ohutu töö kogu tööea vältel ja valida optimaalse majandus-tehnilise lahenduse.

4.5 Ehituse etapid

4.5.1 Esimene etapp

Ülemiste City liitmiseks kaugenergia võrguga on esimese etapi käigus ehitatud kaugküttevõrk suurt piirkonda varustavast peamagistraalst Paepargi tänaval Peterburi maantee alt kuni Peterburi tee 32a. See on endine Utilitas Tallinn katlamaja, mida ehitatakse praegu ümber uueks jahutusjaamaks. Projekti käigus olid vahetatud vanad

soojustrassid, mis asusid Pae tn alguses ja Peterburi mnt 4-28. Kuna Ülemiste City asub kesklinna lähedal ning seda ühendati peamagistraaliga, ei tulnud peamagistraalil võimsuse puudumist. Samal ajal hakati koostama teise etapi ehitusprojekti. Projekti koostamisel pidi arvestama järgmiste normatiividega ja standardiga:

Eelisoleeritud kaugküttetorustike projekteerimine, insenertehnilised arvutused ja paigaldamine	EVS-EN 13941-1 EVS-EN 13941-2
„Kaugkütte käsiraamatu“ soovitusel (väljaandja Euroopa Kaugkütte Torude Tootjate Ühing)	ISBN 87-90488-00-8 (ISBN 87-90488-05-9)
Eelisoleeritud torumaterjal (toru, elemendid, armatuur ja jätkupakendid)	EN 253, 448, 488, 489
Ehitusprojekt	EVS 932
Linnatänavate projekteerimine	EVS 843
Tehniliste paigaldiste terminiline isoleerimine	EVS 860
Sõidukite ja jalakäijate liiklemispiirkonnas paiknevate kaevude kaaned	EN 124
Tallinna linnavalitsuse asjakohased dokumendid (kaevetööd, liikluskorraldus, heakord, jäätmekäitlus jms)	
Keskkonnajuhtimise standard	ISO 14001

4.5.2 Teine etapp

Teise etapi ehitus kulges Peterburi mnt 32 ja Suur-Sõjamäe tänava vaheliste raudteeharude alt. Torustike ehitust alustati Valukoja ja Sepise vahelisel alal. Kogu kvartalisisene kaugkütte- ja -jahutustorustik paigaldatakse paralleelselt, mis aitab optimeerida ehituskulusid. Selle etapi lõpus on Ülemiste Citys valmis kaugenergiaga liitumiseks üle 100 000 m² netopinda. Linnaku kaugkütte ja -jahutuse arendamisse investeerivad osapooled 11 miljonit eurot ning investeeringud jätkuvad vastavalt hoonete liitumistele. Kaugkütte- ja jahutusvõrgu projekteeris HeatConsult OÜ.

4.5.3 Kolmas etapp

Kolmanda etapiga on plaanis ühendada potentsiaalseid kliente. Suurimad nende hulgas on Ülemiste kaubanduskeskus (3800kW), Lennart Meri lennujaam (10914 kW), Sepise 7 (1880kW); Valukoja 25 (2500kW), Valukoja 9(4565kW), Sepapaja 10-12 (7400kW) ja teised büroo- ja tööstushooned.

4.6 Üleviimine lokaalsest süsteemist kaugküttesüsteemile

Antud töös on arvestatud sellega, et kõik olemasolevad tarbijad saavad minna üle kaugküttesüsteemile. Oli arvestatud kõikide olemasolevate ja lisaks planeeritavate tarbijate nõudmistega. Iga konkreetse olemasoleva tarbija ühendamisel kaugkütevõrguga tuleb detailselt planeerida, kuidas on seda võimalik teostada:

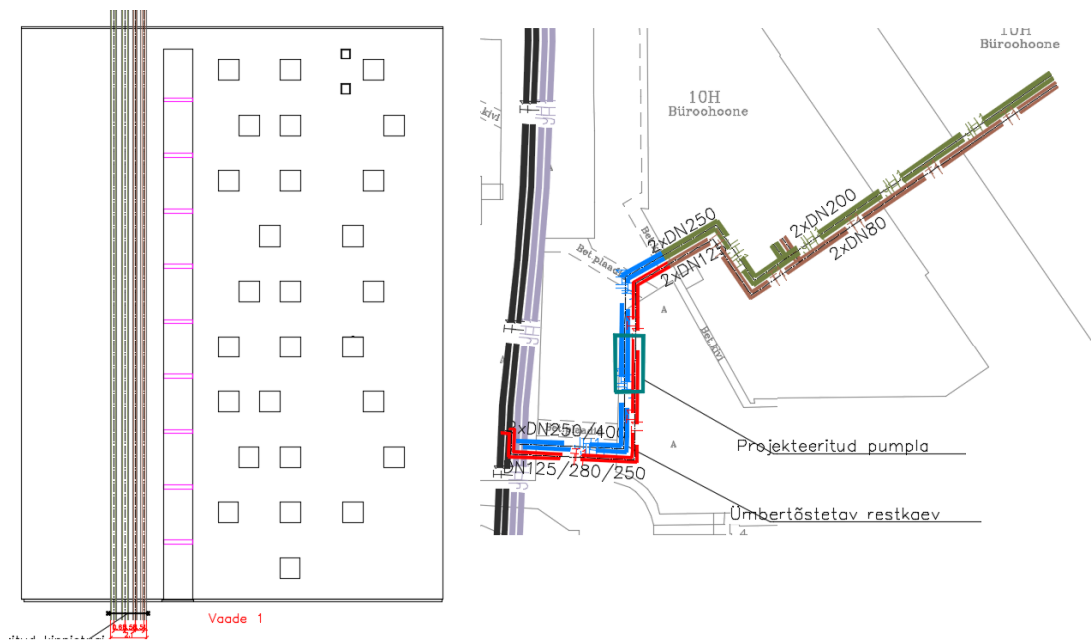
- Lokaalse kütteseadme asendamine soojussõlmega, säilitades hoone olemasolevat süsteemi rekonstrueerimiseta (demonteeritakse ainult lokaalne allikas);
- Lokaalse kütteseadme asendamine soojussõlmega, hoone olemasoleva soojussüsteemi rekonstrueerimisega.

Esimene variant leiab aset juhul, kui olemasolev küttekontuur ei ole veel enda projekteeritud eluea läbinud.

Teist varianti on otstarbekas realiseerida juhul, kui olemasolev küttesüsteem nõuab ka uuendamist/rekonstrueerimist, või asub alles ehitamisstaadiumis. Sellisel korral, tuleb projekteerimise käigus kindlasti väga hästi läbi mõelda soojussõlme paigaldamise asukoha.

Põhiline probleem Ülemiste tarbijate kaugküttega üleminekuks on asjaolu, et enamikul kinnistutel asub soojussõlm katuste või viimaste korruste peal. Näitena võib tuua Lõõtsa 2a ja Lõõtsa 2b majad (joonis 4.3).

Kuna soojussõlm asub katusel tuleb arvestada, et primaarkontuuri torud tuleb mööda maja fassaadi ülesse viia. Maja kõrgus on 33m ning soojustrassi surve ei saa nii kõrgele ulatuda. Selleks olid tehtud hüdraulika lisaarvestused ja selgus, et surve tõstmiseks tuleb panna vahele pump tootlikkusega 20m³/h, mis hakkab vett ülesse pumpama. Selleks tuleb maja kõrvale pumplat ehitada. See on unikaalne lahendus, mis varem ei ole kunagi kasutanud Eestis. Eelis on see, et majad asuvad üksteise kõrval ning teise maja ühendamiseks saab veeta torustiku ühest majast teisse juba üleval. Joonis 4.3



Joonis 4.3 Lõõtsa 2a ja 2b soojus ja jahutus trassiga ühendus.

Võttes arvesse, et nii kaugkütte torustik kui ka kaugjahutuse torustik asuvad kõrvuti ning jahutuse sõlm asub samuti katusel, on loogiline projekteeritud pumplas paigaldada survepump ka jahutustrassile ning fassaadi peal veeta 4 toru. Teiste majade puhul tuleb kõik arvestada ja planeerida individuaalselt, kuna kõik majad on erinevad.

5. TULEMUSED

5.1 Üleviimine lokaalsest süsteemist kaugküttesüsteemile

Võttes arvesse eelmises peatükis kirjeldatud metoodikat, on koostatud Ülemiste City piirkonna tarbijate nimekiri ning arvutatud soojusvõimsused, mis on toodud alljärgnevas tabelis 5.1.

Tabel 5.1 Kogu Ülemiste City piirkonna soojusvõimsus hoonete kaupa.

Kliendi aadress	Totu läbimõõt	kW
Lõõtsa 1	DN 80	822
Lõõtsa 2b	DN 80	528
Lõõtsa 2a	DN 80	528
Keevise 1	DN 80	600
Keevise 2	DN 125	1688
Ülemiste keskus	DN 150	3800
Varu ühendus 1	DN 100	975
Lõõtsa 4	DN 80	381
Keevise 3	DN 65	203
Lõõtsa 6/1	DN 80	422
Lõõtsa 8a	DN 80	750
Lõõtsa 8	DN 80	750
Lõõtsa 8b,c	DN 100	1350
Lõõtsa 6/2	DN 80	422
Lõõtsa 7	DN 50	150
Sepapaja 4	DN 100	876
Lõõtsa 5	DN 80	394
Valukoja 5	DN 50	250
Lõõtsa 9	DN 100	800
Valukoja 8/1	DN 100	1150
Valukoja 8/2	DN 100	1150
Lõõtsa tn. varu	DN 100	975
Lõõtsa 12	DN 80	591
Sepise 7	DN 125	1880
Lennujaam	DN 250	10914
Valukoja 10	DN 65	350

Valukoja 7-1	DN 80	585
Valukoja 10-1,2	2DN 80	800
Valukoja 7	DN 100	600
Valukoja 12-1	DN 100	1125
Sepise 10	DN 100	892
Sepise 8	DN 50	150
Valukoja 12-2	DN 100	1125
Valukoja 9	DN 150	4564
Valukoja 22	DN 80	700
Valukoja 21	DN 80	550
Valukoja 23	2 DN 65	700
Suursõjamäe 14	DN 80	650
Valukoja 25	DN 125	2500
Valukoja 24	DN 80	650
Valukoja 26	DN 80	650
Valukoja 35	DN 50	150
Sepapaja 2	DN 65	275
Sepapaja 10	DN 125	2531
Sepapaja 12-1,2,3,4,5	5 DN 100	5435
Sepapaja 1	DN 80	619
Sepapaja 3	DN 100	1500
Sepapaja 5	DN 100	1500
Ääsi 2	DN 80	750
Ääsi 4	DN 80	750
Lõõtsa 1b,c,d,e	4 DN 100	4980
Lõõtsa 3	DN 80	500
Kokku		67930

Tabelis 5.1 on arvestatud kõikide võimalikke tarbijatega, kes asuvad antud piirkonnas, ehk nii Ülemiste Citys kui ka kohe selle kõrval nagu, näiteks, Tallinna Lennujaam. On võetud arvesse ka kõik võimalikud arenguplaanid, et oleks võimalik tagada kaugkütet kõikidele soovijatele. Kindlasti arvestatakse ka sellega, et areng võtab mitu aastat ning jaamade ning torustiku planeerimist on otstarbekas realiseerida etappidena vastavalt kinnisvaraarengule.

5.2 Kaugkütte torustiku variandid Ülemiste City võrgus

Ülemiste City kaugkütte esimese sammuga ehitatakse kogu magistraaltorustik ning suuremad hargnemised, aga tarbijad liituvad hiljem.

Hüdraulilise arvutuse tulemuseks on saadud järgnevad andmed mis on koondatud Tabelisse 5.2:

Tabel 5.2. Hüdrauliliste arvutuste tulemus

Maksimaalne vee kiirus torustikus, m/s	2,02
Minimaalne vee kiirus torustikus, m/s	0,43
Maksimaalne vooluhulk torustikus, kg/h	816
Minimaalne vooluhulk torustikus, kg/h	2,0
Maksimaalne rõhukadu torustikus, Pa/m	85,6
Minimaalne rõhukadu torustikus, Pa/m	5,2
Maksimaalne torustiku DN	450
Minimaalne torustiku DN	50
Rõhukadu võrgus, kPa	250

Antud töös vaadatakse ainult varianti, mille puhul planeeritav kaugkütte võrk ühendatakse Paepargi tänaval olevat soojus peamagistraaliga, mis edastab soojusenergiat kogu linna kaugkütte võrgu kaudu.

Tabel 5.3 on näidatud saadud II etapi trasside pikkus torude läbimõõtude kaupa.

Toru läbimõõt	Pikkus
DN 50	269,4
DN 65	227
DN 80	706,3
DN 100	693,7
DN 125	533,23
DN 150	515,72
DN 200	556,7
DN 250	785,02
DN 350	75,3
DN 400	427,2
DN 450	239,2
Kokku	5028,77

Lähtudes kogutud informatsioonist saame arvutada (vt Tabel 5.4) rajatava soojustrassi maksumust, mis arvestab torustiku hinda ning montaažitööde teostamist.

Tabel 5.4 Kaugkütte torustiku montaaži orienteeruv maksumus.

Toru läbimõõt	Pikkus m	Toru hind eur/jm	Montaaži hind eur/jm	Hind kokku, eur
DN 50	538,8	13,5	18,9	17457,12
DN 65	454	15,2	18,9	15481,4
DN 80	1412,6	17,85	19	52054,31
DN 100	1387,4	24,76	20,5	62793,72
DN 125	1066,46	28,42	26,1	58143,4
DN 150	1031,44	37,3	31	70447,35
DN 200	1113,4	43,5	53	107443,1
DN 250	1570,04	61,23	79	220166,71
DN 350	150,6	99,1	124	33598,86
DN 400	854,4	147,25	139	244572
DN 450	478,4	186,3	179	174759,52
Kokku	10057,54			1056917,5

5.3 Kaugkütte ja kaugjahutuse koostöö

Nagu ees pool oli mainitud, Ülemiste Cityl kasutatakse soojusenergiat valdavalt septembrist kuni mai kuuni ning kütte välisel perioodil kasutatakse ainult tarbevee soojendamiseks. Kuna koos kaugkütte trassiga arendatakse ja ehitakse Ülemistel ka kaugjahutust ning selleks, et kasutada kaugkütte potentsiaali ka suve kuudel, oli plaanis ühendada kaugkütet jahutusjaamaga.

H.Pieperi, T.Kirsi, I.Krupenski, A.Ledvanovi, K.Lepiksaare ja A.Volkova teadusuuringu [27] tulemusena on jõutud tõendatud järeldusteni, et kaugjahutuse ühendamine soojusvõrguga tõstab mõlema energiasüsteemi kasutegurit. Antud lahendus aitab vähendada soojuskadusid ning elektri tarbimist, mis avaldab positiivset mõju keskkonnale nii CO₂ heitmete kui atmosfääri eralduva soojuse vähenemise näol. Olid võrreldud 3 stsenaariumi ning nende tulemused on tabelis 5.5

Tabel 5.5 Kaugkütte tehnilised parameetrid kolme temperatuuriliste stsenaariumite puhul.

Parameeter	70°C stsenaarium	80°C stsenaarium	90°C stsenaarium
Soojuskadu, MWh	37,535	42,169	46,804
Soojuskadu suurenemine, MWh	0	4,634	9,269
Vooluhulk, kg/h	2 012 410	1 508 435	1 205 902
Elekter pumpamiseks, MWh	1 008	755	602
Soojus kaugjahutuse tootmiseks, MWh	4963	6124	8195
EECHP-DHC, %	35.12%	35.55%	36.31%
Elektritarbimine, MWh	1831	1653	1365
CO2 elektrist, tonn CO2	1631	1473	1216
Elektrilise kompressori osakaal, %	48,5	42,4	32,3

Kahjuks ei ole võimalik tõsta kaugkütte süsteemi temperatuuri ainult ühes piirkonnas, ning tuleb siis tõsta temperatuuri kogu võrgus, mis omaette toob suuri soojuskadusid. Jahutuse juurutamine suurendab utiliseeritava soojuse hulka ning parandab süsteemi efektiivsust. Lisaks, temperatuuri suurendamine toob kaasa kaugkütte võrgus vooluhulga vähendamise, mis omakorda vähendab elektritarbimist pumpamiseks, mis ka näha tabelis 5.6

KOKKUVÕTE

Kaugkütet võib julgelt pidada üheks tõhusaimaks ja mugavaimaks soojusvarustuse süsteemiks tiheasustusega piirkondades. Kaugküttega liitumine garanteerib tarbijale sooja kodu kütteperioodil ning sooja vett aastaringselt ja seda suhteliselt madalate püsikuludega. Kuigi Eestis on mitmeid kaugküttega liitunud piirkondi, on paljudes tiheasustusega asulates kasutuses lokaal- ja grupiviisilised küttesüsteemid. Käesolevast tööst selgub, et antud lahendustel on mitmeid puudusi, mis peegelduvad nende ilmnemisel soojuse lõpptarbijatel.

Magistritöö põhieesmärgiks oli analüüsida kaugkütte arendamise võimalusi Eestis Ülemiste City näitel. Selle piirkonna põhjal uurimuse teostamine oli autorile huvitav mitte ainult selle hoonestuse iseärasuste tõttu, kus arvestada tuli nii vanade, renoveeritud, uute kui ka ehituse ja planeerimise faasis olevate hoonetega, vaid ka soojussõlmede paigutusest tuleneva keerukuse ja samaaegse kaugjahutuse arendamise tõttu. Olukorda, kus soojusvõrguga ühendatakse mitmekorruselise hoone katusel asuvat soojussõlme, võib pidada Eesti kohta ainulaadseks. Sellest tulenevalt, on unikaalne ka antud töös kirjeldatud lahendus, kus soojuskandja soojussõlmeni toimetamiseks kasutatakse kõrgsurvepumpa.

Kaugkütte arendamisel tuleb arvesse võtta mitmeid käesolevas töös kirjeldatud asjaolusid ning tehnilisi parameetreid. Oluline on valida sobiv kaugkütte allika asukoht. Ülemiste City piirkonna puhul oli ratsionaalseimaks valikuks piirkonna ühendamine olemasoleva soojustrassiga Paepargi tänaval. Kogu piirkonna, k.a planeeritud hoonete, ühendamisele kaugküttevõrguga kulub ligi 10 057,54 m. Käesoleva magistritöö lõpetamise hetkeks on valmis ehitatud 5028,77 m torustikku, millest suurema osa moodustavad peamagistraalid. Ülemiste City piirkonna soojusvõimsus, koos planeeritud kinnisvara arendustega, on 67 930 kW.

Kuigi praeguse seisuga on kaugküttevõrguga liitunud vaid üks hoone, on võrguga peagi liitumas ka uusi kliente. Osa potentsiaalseid kliente ootab olemasolevate lokaalsüsteemide kasutusea läbimist, osa on ehitusjärgus ning mitmeid hooneid lisandub järgneva kümne aasta jooksul. 2022. aastal on plaanis kaugküttega ühendada Lõõtsa 2a ja Lõõtsa 2b majad. Kuivõrd kaugkütte arendamise majandusliku analüüsi teostamine ühe võrguga liitunud hoone alusel, ei anna korrektset tulemust kogu piirkonna kohta ning piirkonnas praegusel hetkel peamise kütuseliigina kasutuses oleva maagaasi hind on ebastabiilne, on käesolevas töös keskendutud põhiliselt tehnilistele arvutustele.

Fossiilsete kütuste hinnakõikumised ning võimalikud tarneraskused avaldavad survet lõpptarbijatele ja on ajendiks alternatiivsete lahenduste otsimisele. Käesolevas magistritöös kasutatud meetodika põhjal on võimalik teistel grupiviisilist või lokaalset soojusvarustuse süsteemi kasutavatel piirkondadel teostada vajalikke tehnilisi arvutusi kaugküttele ülemineku ettevalmistamiseks. Õigete ja võimalikult täpsete arvutuste tegemine on vajalik nii soojusvõrgu efektiivseimaks kasutamiseks ja ressursside optimeerimiseks, kui ka võimalike keskkonnakahjude minimeerimiseks.

ABSTRACT

District heating can be considered as one of the most efficient and convenient heat supply systems in densely populated areas. Connecting to district heating guarantees the consumer a warm home during the heating season and hot water all year round at relatively low fixed costs. Although there are several areas connected to district heating in Estonia, local and group heating systems are used in many densely populated settlements. The present work shows that these solutions have several disadvantages, which are reflected in their appearance to the final customers of heat.

The main goal of the master's thesis was to analyze the possibilities of developing district heating in Estonia on the example of Ülemiste City. Carrying out the study based on this area was interesting for the author not only due to the peculiarities of the building, which had to take into account old, renovated, and new, in the stages of construction and planning buildings, but also due to the complexity and simultaneous development of district cooling. The situation where the heating unit on the roof of a multi-story building is connected to the heating network can be considered unique in Estonia. Consequently, the solution described in this work is also unique, where a high-pressure pump is used to deliver the heat carrier to the heating unit.

When developing district heating, several circumstances and technical parameters described in this work must be taken into account. It is important to choose a suitable location for the district heating source. In the case of the Ülemiste City area, the most rational choice was to connect the area to the existing heat pipeline on Paepargi Street. It will take about 10,057.54 m to connect the entire area, including the planned buildings, to the district heating network. By the time of completing this master's thesis, 5028.77 m of pipelines have been completed, most of which are mains. The heat capacity of the Ülemiste City area, together with the planned real estate developments, is 67,930 kW.

Although only one building is currently connected to the district heating network, new customers will soon join the network. Some potential customers expect the existing local systems to reach an end of service life, some are under construction and several buildings will be added over the next ten years. In 2022, it is planned to connect Lõõtsa 2a and Lõõtsa 2b houses with district heating. As the economic analysis of the development of district heating based on a single networked building does not give a correct result for the whole area and the price of natural gas currently used as the main fuel in the area is unstable, the main focus of this work is on technical calculations.

Fluctuations in fossil fuel prices and possible supply difficulties are putting pressure on end-users and driving the search for alternative solutions. Based on the methodology used in this master's thesis, it is possible to perform the necessary technical calculations in other areas using a group or local heat supply system to prepare for the transition to district heating. Making the correct and as accurate calculations as possible is necessary both for the most efficient use of the heating network and for the optimization of resources, as well as for the minimization of possible environmental damage.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] Kaugkütteseadus.
- [2] Eesti Arengufond, uuring „Kaugkütte energiasääst“, 2013.
- [3] <https://et.wikipedia.org/wiki/Kaugk%C3%BCte>
- [4] Enar Kraav 2015, Neljanda põlvkonna kaugküte. Thorsen, J. E., Lund, H., & Mathiesen, B. V. 2018, "Progression of District Heating – 1st to 4th generation".
- [5] Ingermann, Karl. Soojusvarustussüsteemid. Tallinn: Tallinna Tehnikaülikooli Kirjastus, 2003.
- [6] Eelisoleeritud kaugküttetorustike projekteerimine ja paigaldamine: juhendmaterjalid. Osad 1.-8. Saksamaa Kaugkütte Ühing. Tallinn: Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühing, 2014.
- [7] Hain Dengo 2021, ettekanne „Kaasaegsed soojussõlmed I osa“ (<http://estis.ee/wp-content/uploads/2021/04/Kaasaegsed-soojussolmed-I-Hain-Dengo.pdf>)
- [8] Farouq, S., Byttnera, S., Gadd, H.. Towards understanding district heating substation behavior using robust first difference regression (2018), Energy Procedia, 149, pp. 236-245. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.07.061>
- [9] Gadd, H., Werner, S., Fault detection in district heating substations (2015), Applied Energy, 157, pp. 51-59. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2015.07.061>
- [10] H. Lund, S. Werner, R. Wiltshire, S. Svendsen, J.E. Thorsen, F. Hvelplund, et al. 4th Generation District Heating (4GDH): integrating smart thermal grids into future sustainable energy systems. Energy, 68 (2014), pp. 1-11
- [11] Konkurentsiamet, 2021. Maagaasi hinnatõusu analüüs 2021.
- [12] Riik suurendab valmisolekut gaasi tarneriskidega toimetulekuks, 2022. <https://www.mkm.ee/uudised/riik-suurendab-valmisolekut-gaasi-tarneriskidega-toimetulekuks>
- [13] Trading Data, Fullfilled Trades on Daily Market. https://www.getbaltic.com/en/market-data/trading-data/?date_from=2021-12-01&date_to=2022-05-12&period=day&graph=trades&area=23&show=price&display=graph
- [14] Ülemiste City läheb 11 miljoni euro eest üle keskkonda säästvale kaugküttele ja –jahutusele. <https://www.utilitas.ee/ulemiste-city-laheb-11-miljoni-euro-eest-ule-keskkonda-saastvale-kaugkuttele-ja-jahutusele/>
- [15] Adven AS koduleht. <https://adven.com/ee/>
- [16] Liitu kaugjahutusega. <https://www.utilitas.ee/liitu-kaugjahutusega/>
- [17] Ülemiste City vahetab fossiilse maagaasi tõhusa kaugkütte vastu ja liitub kaugjahutusega. <https://www.utilitas.ee/ulemiste-city-vahetab-fossiilse-maagaasi-tohusa-kaugkutte-vastu-ja-liitub-kaugjahutusega/>

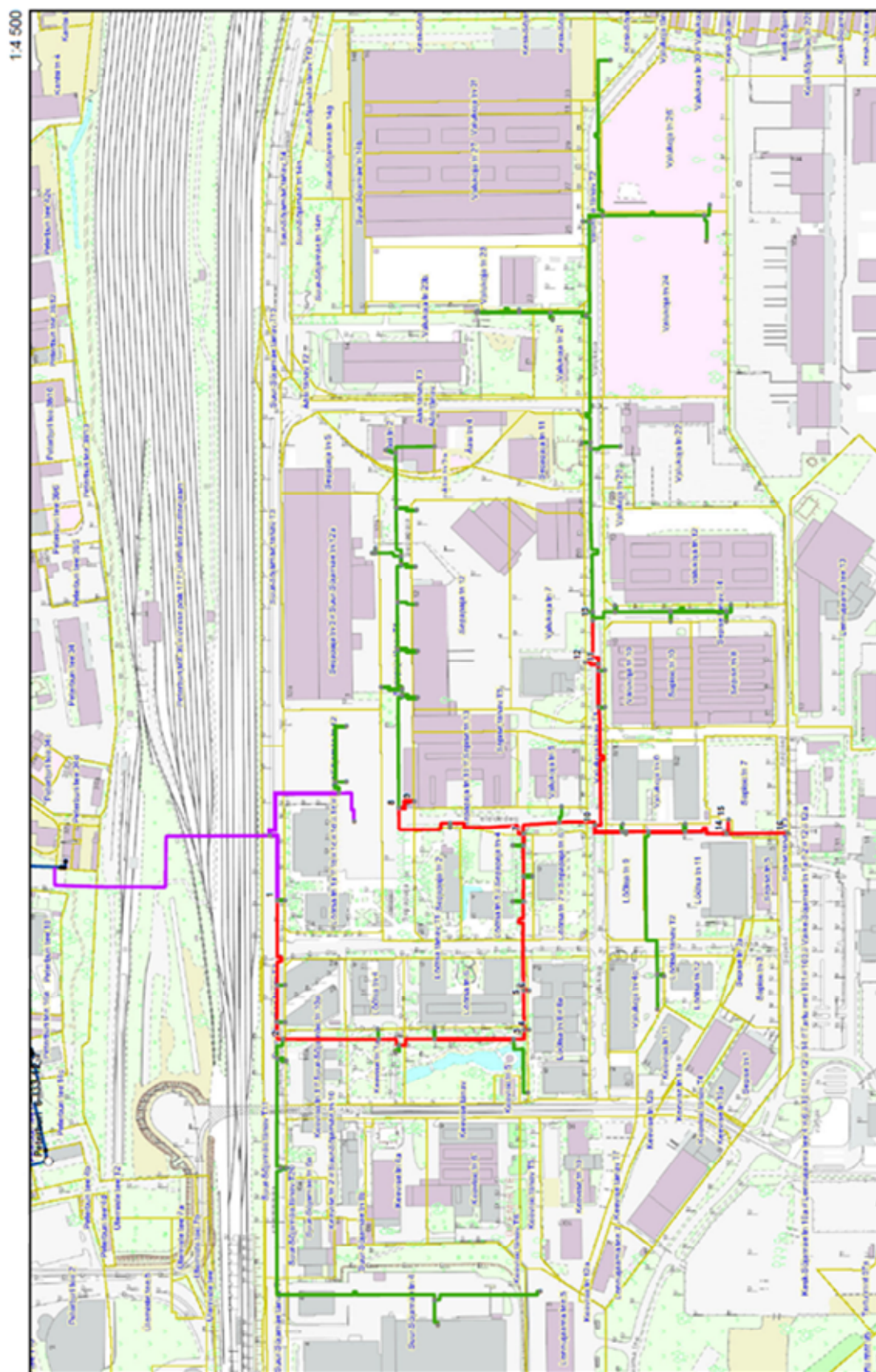
- [18] Soojuse hinnad. https://www.utilitas.ee/soojuse_hinnad/
- [19] Konkurentsiamet, 2020. Soojuse piirhinna koostööstamise põhimõtted.
- [20] Ülemiste keskus kasvab veelgi suuremaks. <https://www.kaubandus.ee/uudised/2017/04/19/ulemiste-keskus-kasvab-veelgi-suuremaks>
- [21] Tallinna Lennujaam laiendab reisiterminali ja rajab lennujaama linnaku. <https://www.tallinn-airport.ee/uudised/tallinna-lennujaam-laiendab-reisiterminali-ja-rajab-lennujaama-linnaku/>
- [22] Võru valla kaugkütte piirkondade soojusmajanduse arengukava aastateks 2015–2025.
- [23] Hoone energiatõhususe miinimumnõuded1. RT I, 07.07.2020, 11. <https://www.riigiteataja.ee/akt/107072020011>
- [24] KredEx'i koduleht. Energiatõhusus - Tööriistad energiatõhususe mõõtmiseks. Kraadpäevad. <https://kredex.ee/et/energiatohusus-uuringud-ja-andmed/kraadpaevad?fbclid=IwAR0WsAID4IGpcibAXpr-empqhlflIS0QPwr6UC2-B850mhobdy65XWagpls>
- [25] Logstor'i koduleht. <https://www.logstor.com/>
- [26] M. A. Calance, „Energy Losses Study on District Cooling Pipes, Master thesis,” 2014.
- [27] Pieper, H., Kirs, T., Krupenski, I., Ledvanov, A., Lepiksaar, K., Volkova, A., Efficient Use of Heat from CHP Distributed by District Heating System in District Cooling Networks. Energy Reports, 7 (2021), 4, pp. 47-54.

LISAD

Lisa1. Ülemiste City soojustorustiku I etapi joonis.



Lisa 2. Ülemiste City soojustorustiku soojustorustiku II etapi skeem.





MAAVÕNGETE MÕÕTMISE PROTOKOLL

Standard, tööjuhend
Seadme nimi

Tööjuhend TJ2
Surewave Technology CM3

Kalibreerimise kuupäev

17.02.2021

Mõõtemääramatus
Mõõtmise kuupäev

12,00%
19.05.2021

Objekti asukoht

Lõõtsa 2b, Tallinn

Töökeskkond

10.korrus, Tehmoruum

Protokolli nr

254

Tellimuse nr

116

Tellija

AS KE Infra

Tellija aadress

Tähe 112, Tartu linn,
Tartumaa, 50107

Registrikood

10191969

Tellija kontakt

Sergei Lihtsa, sergei@keinfra.ee

Mõõtmistulemused

Nr	Seade	Sündmuse fikseerimise aeg, h:m	Maksimaalne võnke- kiirus, mm/s	Võnkekiirendus, mm/s ²			Võnkesagedus, Hz		
				Vertikaalsuund	Pikisuund	LA	Vertikaalsuund	Pikisuund	Ristisuund
1	3025	09:22:00	0	1	0	0	2	0	0
2	3025	09:23:00	0	0	1	0	1	0	0
3	3025	09:24:00	0	1	0	1	0	1	0
4	3025	09:24:00	0	1	0	0	0	1	0
5	3025	09:24:00	0	1	0	0	0	1	0

Märkused

Mõõtmiste teostaja: Siim Eensoo

Mõõtmiste eest vastutaj Tõnu Tomberg

/Allkirjastatud digitaalselt/

/Allkirjastatud digitaalselt/

Aleks Strazdin

/Allkirjastatud digitaalselt/

Märkus: Keelatud on protokollil osaline kopeerimine Geoloogia Instituudi juhtkonna kirjaliku nõusolekuta

Tallinna Tehnikaülikool Geoloogia Instituut

Ehitajate tee 5, U04-403, 19086 Tallinn