



TALLINNA TEHNICAÜLIKOOL
INSENERITEADUSKOND
Ehituse ja arhitektuuri intstituut

**LOKAALSE JAHUTUSSÜSTEEMI ÜLEVIIMINE
KAUGJAHUTUSELE LÕÕTSA TÄNAV 8A
BÜROOHOONE NÄITEL**

**TRANSFER OF LOCAL COOLING SYSTEM TO DISTRICT
COOLING ON THE EXAMPLE OF LÕÕTSA STREET 8A
OFFICE BUILDING**

MAGISTRITÖÖ

Üliõpilane: Daniil Revjakin

Üliõpilaskood A199595

Juhendaja: Jevgeni Fadejev, nooremteadur

(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.

"....." 201.....

Autor:

/ allkiri /

Töö vastab bakalaureusetöö/magistritööle esitatud nõuetele

"....." 201.....

Juhendaja:

/ allkiri /

Kaitsmisele lubatud

".....".....201.... .

Kaitsmiskomisjoni esimees

/ nimi ja allkiri /

Lihtlitsents lõputöö reprodutseerimiseks ja lõputöö üldsusele kättesaadavaks tegemiseks¹

Mina Daniil Revjakin (sünnikuupäev: 23.07.1996)

1. Annan Tallinna Tehnikaülikoolile tasuta loa (lihtlitsentsi) enda loodud teose Lokaalse jahutussüsteemi üleviimine kaugjahutusele lõõtsa tänav 8a büroohoone näitel,

mille juhendaja on Jevgeni Fadejev,

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.*

_____ (allkiri)

_____ (kuupäev)

TalTech Instituudi nimetus

LÕPUTÖÖ ÜLESANNE

Üliõpilane: Daniil Revjakin, A199595 (nimi, üliõpilaskood)
Õppekava, peeriala: Hooned ja rajatised (EAXM), küte ja ventilatsioon (kood ja nimetus)
Juhendaja(d): Jevgeni Fadejev, nooremteadur (amet, nimi, telefon)
Konsultant:(nimi, amet)
..... (ettevõtte, telefon, e-post)

Lõputöö teema:

(eesti keeles) Lokaalse jahutussüsteemi üleviimine kaugjahutusele Lõõtsa tänav 8a büroohoone näitel

(inglise keeles) Transfer of local cooling system to district cooling on the example of Lõõtsa street 8a office building

Lõputöö põhieesmärgid:

1. Kaugjahutuse süsteemi põhimõtteline kirjeldus koos kirjandusülevaatega, kirjeldades võimalikud eelised ja puudused, eluiga, hooldusvajadused.
2. Analüüsida olemasoleva hoone sisese jahutussüsteemi ühilduvust kaugjahutussõlmega.
3. Tuua välja kaugjahutuse tüüp ühenduse põhimõtteline skeem, mis võimaldaks tagada mitmes hoones erinevate temperatuurirežiimidega jahutussüsteemi toimivust.
4. Teostada lokaalsest jahutussüsteemist kaugjahutusele ülemineku tasuvusarvutus.
5. Analüüsida kaugjahutuse sobivust serveritega, mis on varustatud olemasolevate täpiskonditsioneeridega.

Lõputöö etapid ja ajakava:

Nr	Ülesande kirjeldus	Tähtaeg
1.	Kaugjahutuse süsteemi põhimõtteline kirjeldus.	12.03.2021
2.	Analüüsida olemasoleva hoone jahutussüsteemi sekundaarpoole sobivust kaugjahutuse primaarpoole sõlmega.	19.03.2021
3.	Olemasoleva jahutussüsteemi põhimõtteline kirjeldus.	30.03.2021
4.	Kaugjahutuse võrdlus lokaalse jahutussüsteemiga. Eelised ja puudused.	05.04.2021
5.	Kaugjahutuse sobivus serverite jahutusega.	09.04.2021

6.	Kirjanduse ülevaade ja analüüs.	09.04.2021
7.	Olemasolevas hoones kaugjahutusele ülemineku tasuvusarvutus.	30.04.2021
8.	Ettepanekute tegemine.	05.05.2021
9.	Töö korrigeerimine.	10.05.2021
10.	Lõputöö lõplik versioon juhendajale.	13.05.2021

Töö keel: Eesti keel **Lõputöö esitamise tähtaeg:** "17." mai 2021.a

Üliõpilane: Daniil Revjakin " / allkirjastatud digitaalselt / "17. mai 2021.a
/allkiri/

Juhendaja: Jevgeni Fadejev / allkirjastatud digitaalselt / "17. mai 2021.a
/allkiri/

Konsultant: ".....".....201....a
/allkiri/

Programmijuht: ".....".....201....a
/allkiri/

Kinnise kaitsmise ja/või lõputöö avalikustamise piirangu tingimused formuleeritakse pöördel

SISUKORD

TalTech Instituudi nimetus	4
EESSÕNA	8
LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU	9
1. SISSEJUHATUS.....	10
2. TEOREETILISED ALUSED	13
2.1 Jahutussüsteemide liigitus ja nende tööpõhimõte	13
2.1.1 Passiivne jahutus	13
2.1.2 Vabajahutus	13
2.2 Hoone jahutussüsteemide osad	15
2.2.1 Kompessorid.....	15
2.2.2 Külmaajama jahutid	16
2.2.3 Kuivjahuti.....	17
2.2.4 Täppiskonditsioneerid	17
2.2.5 <i>Fancoilid</i> ehk ventilaatorkonvektorid	18
2.2.6 Jahutustalad	19
2.3 Kaugjahutussüsteemi kirjeldus.....	19
2.4 Kaugjahutussüsteemi juhtimispõhimõte	21
3. MEETOODIKA	24
3.1 Hoone kirjeldus.....	24
3.2 Olemasoleva hoone sisese jahutussüsteemi lahendus ja tehnilised parameetrid.....	25
3.3 Mõõteandmed	28
3.4 Lokaalsest jahutussüsteemist kaugjahutusele ülemineku tasuvusarvutuse metoodika	30
4. TULEMUSED	35
4.1 Hooldusvajadus.....	35
4.2 Kaugjahutuse tehnilised parameetrid	36
4.3 Temperatuurirežiimide sobivus.....	39
4.4 Tehnilised piirangud.....	40
4.5 Tasuvusarvutuse analüüsi tulemus	41
4.5.1 Elektrienergia tarbimine	41
4.5.2 Lihttasuvusarvutus	41
4.5.3 Tasuvuarvutus viieteistkümneks aastaks	43
4.5.4 Nüüdispuhasväärtuse arvutus	45
4.6 Ettepanekud vabaneva pinna kasutuse võimalused	52

KOKKUVÕTE	54
KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU	58
LISAD	60
GRAAFILINE OSA.....	Error! Bookmark not defined.

EESSÕNA

Jahutussüsteemid on projekteeritud igasse kauplusesse ja enamasti äri- ja büroohoonetesse. Eesti geograafilisest põhjamaisest asukohast ning kliimatingimustest lähtuvalt on domineerivaks energiatarbimise allikaks küte, samas pole reeglina suurt tähelepanu pööratud jahutussüsteemide rajamisele hoonetesse, kuna Eestis on aastaringiselt enamasti jahedad ilmad. Arvestades Euroopa Liidu hoonete energiatõhususe parandamise ambitsioonidega, on kaasaegsete ning ka renoveeritavate hoonete välispiirded on muutunud oluliselt soojuspidavamaks. Selle tagajärjel, isegi põhjamaistes kliimatingimustes, võib esineda suvine ülekuumenemine hoonete siseruumides. Tänapäeval on jahutus mõeldud normidekohase sisekliima tingimuste tagamiseks ja inimestele mugava kliima hoidmiseks. Üha enam hakatakse jahutusele oluliselt suuremat tähelepanu pöörama, et tagada vajalikud sisekliima nõuded. Inseneridele ja projekteerijatele on tänasel hetkel turul palju erinevaid võimalusi jahutussüsteemide projekteerimiseks, nagu näiteks glükool jahutussüsteemi või tavaline konditsioneerimiseseade, kuid just kaugjahutus on uuenduslik ning populaarsust kasvav jahutuse suund. Eestis on kaugjahutus uus tehnoloogia, mida ei ole veel hoonetes palju rakendatud.

Autor tänab magistritöö juhendajat Jevgeni Fadejevit, Utilitas AS kaugjahutuse osakonna juhatajat Tanel Kirssi, Technopolis Ülemiste AS juhatust, Fred Jurmat ja HeatConsult OÜ töö valmimisele kaasaaitamise eest.

LÜHENDITE JA TÄHISTE LOETELU

KVJ- küte, ventilatsioon ja jahutus

RTU(*roof top unit*)- katuseagregaat

VRF (*variable refrigerant flow*)- muutuva külmaaine vooluhulgaga süsteem

DC (*district cooling*)- kaugjahutus

SEER (*Seasonal Energy Efficiency Ratio*) - hooajaline energiatõhususe tegur ehk jahutusseadme või soojuspumba jahutusperioodi keskmine jahutustegur, mis arvutatakse jahutusperioodi jahutus energiakasutuse suhtena elektrikasutusse standardtingimustel

NPV (*net present value*) - nüüdispuhasväärtus

1. SISSEJUHATUS

Uute energiatõhususe miinimumnõuete kohaselt peavad kõik ehitatavad hooned vastama liginullenergiahoone nõutele ehk energiatõhususklassile „A“, mis eeldab kõrge kvaliteediga projekteerimist, ehitamist ning suuri investeeringuid. Tänapäeval peab iga hoone omama energiamärgist, kus on välja toodud ennustatav energiakulu ühe ruutmeetri (kWh/m²) kohta Eesti baasaasta kliimatingimustel ning sellele vastav energiatõhusus klass. [1]

Arhitektid koostöös energiatõhususe spetsialistidega peavad juba hoone projekteerimise algetapis läbi mõtlema, kuidas saab tagada eelnevalt mainitud energiatõhususe miinimumnõuded ning kuidas raha kokku hoida hoonete jooksvatelt energia- ja ekpluatatsioonikuludelt, näiteks püütakse rakendada rohkem passiivset jahutust. Energiatõhususe miinimumnõuete määruse nr 63 kohaselt ei tohi vahemikus 01.06-31.08 jahutuse seadeväärtus +25 °C ületada rohkemat kui 100 kraadtundi ehk ruum ei tohi üle kuumeneda. Reeglina ilma täiendava jahutussüsteemi rajamiseta äri- ja büroohonetes, on antud nõuet tagada äärmiselt keeruline, mille tõttu paljud äri- ja büroohonete omanikud vaatavad uute tehnoloogiate suunas, mis säästavad jooksvatest kuludest loodust ning energiat. Üheks selleks energiakulu kokkuhoidmise allikaks võiks olla kaugjahutus. [2]

Rootsis tehtud uuring teemaga „Kaugjahutuse laienemise takistused ja võimaldajad Rootsis“ näitas, et 176-st erinevast kasutusotstarbega majast on kaugjahutusele üle läinud kõigest 15 hoonet. Peamiseks põhjuseks, miks nii paljud hooned ei ühendunud kaugjahutusega, on see, et kaugjahutuse võrgud ei olnud lõpuni arendatud. Teiseks põhjuseks on välja toodud kõrge ülemineku maksumus. Võib välja lugeda, et Rootsi autorite poolt oli tegu ennatliku järeltulekuga. Investeeringute plaane on väga raske ette arvestada, kuna plaanid sõltuvad erinevatest faktoritest näiteks kaugjahutuse tehase rajatis, torustiku pikkus ja selle maksumus, samuti energia ülekande ühiku maksumus. [3]

N. Mardan ja S. Amiri on uurinud, millist jahutussüsteemi on mugavam ja kasulikum kasutusele võtta, vaatluse all olid vesijahutussüsteemid ja kaugjahutussüsteemid ning uurimisobjektiks oli linnaosavalitsuse hoone. Uuringu käigus jõuti järeldusele, et kaugjahutussüsteemi rajamine on otstarbekam. Majandusanalüüsi tulemused on näidanud, et pikas perspektiivis investeerides kaugjahutussüsteemi, tuleb see kasumlikum ning kokkuhoidvam kui vesijahutussüsteem. Nagu eelnevalt selgitatud, kaugjahutuse investeeringu netoväärtus on sisemise tasuvuse määraga 12% ja investeeringu tasuvusega 21 aastat. Investeeringu kasu tõuseb peale 30. aastat 19%-ni. Selles uuringus on näha, et kaugjahutuse kasutamine võrreldes vesijahutussüsteemiga võib vähendada atmosfääri eralduvate osakeste hulka 70%

võrra elektrienergia vähendamise tõttu. Elektri tootmisel paiskub õhku enim süsinikoksiidi, seega võib elektrikasutuse suur langus väheneda ka eraldatavate osakeste kogust. Kokkuvõtteks võib öelda, et kaugjahutussüsteem võib vähendada 14,34 MWh elektrienergiat, mis tähendab samuti ka elektrienergia vähendamist 70% võrra võrreldes vesijahutussüsteemiga. Veelgi enam, eralduv süsinikdioksiid väheneb 13,4 tonni aastas, samas kui väävel- ja lämmastikoksiidid vähendatakse vastavalt 7,37 ja 4,37 kilogrammi kohta aastas. [4]

R. Raag on oma magistritöös „Kaugjahutuse temperatuuride tõstmise mõju“ toonud välja olulised kaugjahutuse mõjud keskkonnale. Antud töös tehti võrdlus elektrienergia kulu ja CO₂ heite kohta erinevatel tagasivoolu temperatuuridel. Tulemustest on näha, et mida suurem on tagasivoolu temperatuur, seda rohkem väheneb vajaminev elektrienergia ja väheneb õhku paisatav CO₂ kogus. 14 °C juures vähenes vajaminev elektrienergia 7388 MWh ja CO₂ kogus 8275. 20 °C juures vähenes vajaminev elektrienergia 9997 MWh ja CO₂ kogus 11 196. Töös olid vastamisi seatud eelduslikud jahutuskoormuse graafikud ja merevee temperatuur piirkonnas, kus on autori hinnangul parim keskkond jahutuse kasutamiseks. Töö tulemusena leiti, et 1 °C võrra tagasivoolu temperatuuri tõstmist vähendab täiendavat jahutusenergia tootmist teiste seadmetega 2% võrra aasta lõikes. Välja oli ka toodud, et tõstes tagasivoolu temperatuuri, tõuseb temperatuuride vahe võrgus ning ideaalsetel tingimustel on võimalik vähendada investeeringuid väiksemate torudiametrite kasutuse tõttu. [5]

Ali Alajmi ja Mohamed Zedan koostas uuringu, kus oli võrreldud RTU, VRF ja DC jahutussüsteemide CO₂ väljaviset, hoolduse maksumust ja elektrienergia tarbimise võrdlust. DC kasutamisel väheneb elektrienergia kulu tippkasutuse ajal ja saavutatakse hea CO₂ väljaviske näitaja. Kaugjahutuse eluiga on kordades pikem võrreldes RTU ja VRF süsteemidega. [6]

Tallinnas on plaanis kaugjahutuse võrke alles hakata arendama ja välja ehitama tulevikus, kuna Eesti jaoks on kaugjahutus alles uus tärkav trend. Olemasolevad kaugjahutuse võrgud on arendatud Pärnus ja Tartus, kuid Tallinn areneb kiiresti ja siinsetel hoonetel on suur potentsiaal kasutada kaugjahutust.

Antud lõputöös on vaadeldakse võimalusi olemasolevates traditsioonilise veejahutussüsteemiga hoonetes üleminekuks kaugjahutusele. Antud lõputöö koostamise aluseks on võetud Ülemiste City büroohoone, mis asub aadressil Lõõtsa tänav 8a.

Käesoleva lõputöö eesmärkideks on koostada tehniline analüüs, milles uuritakse, kas kaugjahutussõlm mahub olemasolevasse tehnoruumi. Täiendavalt uurida, kas kaugjahutuse jahutusgraafik sobib olemasoleva jahutussüsteemiga (kui mitte, siis millised on ettepanekud). Töös vaadeldakse, kas kaugjahutusele ülemineku lahendus on tehniliselt võimalik ning mida peab tegema, et saaks kaugjahutusega olemasoleva

hoone sekundaarse jahutussüsteemi poole primaarpoolse kaugjahutuse sõlmega ühendada. Üheks töö eesmärgiks on teostada traditsioonilise kaugjahutussüsteemide võrdlus hoolduse poole pealt, tehnoruumi suuruse poole pealt, jahutusgraafikute poolelt jne. Antud lõputöö koostamise käigus teostati ka tasuvusarvutused, millest selgub olemasoleva Lõõtsa tänav 8a büroohoone lokaalsest jahutussüsteemist kaugjahutusele ülemineku tasuvus lihttasuvusaja näitel. Lõõtsa tänav 8a on büroohoone, köetava pinnaga 25 223 m², mis rajati aastal 2013. Hoone asub Ülemiste City linnakus, kuhu kavandatakse lähiajal rajada kaugjahutuse võrgustik, mille haldajaks saab Utilitas Tallinn. Ülemiste City linnaku eesmärgiks on vähendada piirkonna hoonete energiatarbimist, tänu millele väheneb heitkoguste väljavise välisõhku. Ülemiste City linnak on väga kiiresti arenev piirkond, mis pakub palju innovatiivseid ja keskkonnasõbralike lahendusi hoonetes, mis kaugjahutusele üleminekuga saaks langetada jooksvaid hoolsudkulusid ning säästa keskkonda. .

2. TEOREETILISED ALUSED

2.1 Jahutussüsteemide liigitus ja nende tööpõhimõte

2.1.1 Passiivne jahutus

On palju erinevaid viise, kuidas hooneid jahutada. Juba hoone projekteerimise faasis mõeldakse, kuidas efektiivselt ära kasutada passiivset jahutust, et kulutada vähem energiat.

Passiivne jahutus sõltub näiteks hoone paiknemisest ilmakaarte suhtes, hoone akende ja ruumi pindala suhest, akende soojustehnilistest parameetritest nagu päikeseläbivus, välispiirete konstruktsioonidest ning varjestuse lahenduste kasutamisest. Passiivne jahutus on suureks eeliseks, kuna jahutamiseks ei ole tarvis energiat, mis raiskaks rahalisi ressursse. Küll aga ainult passiivsest jahutusest kahjuks hoone jahutamiseks mõningatel juhtudel ei piisa. Eelkõige ei piisa passiivsest jahutusest näiteks serveriruumide jahutamiseks või hoone omaniku poolt lähteülesannetena kirjeldatud kõrgema sisekliima nõuete tõttu. Seetõttu on enamikes hoonetes tänapäeval kasutusel projekteeritud ja rajatud jahutussüsteemid, et tagada sobivad ning nõuetele vastavad sisekliima tingimused tööruumides ja -kohtadel. Jahutussüsteemiga saab tagada hoones ning ruumis vajaliku temperatuuri ja mingil määral niiskuserežiimi ehk kuivatada õhku kondenseerumise teel. Enamasti on need jahutussüsteemid tuntud kui lokaalsed jahutusüsteemid. Lokaalsete jahutusüsteemidena kasutatakse ventilaatorkonvektoreid, jahutuspalke ja ventilatsiooniõhu jahutust. [7]

2.1.2 Vabajahutus

Vabajahutus ehk *free-cooling* on tehnoloogia objekti jahutamiseks välisõhu madalama temperatuuri kui sekundaarse poole pealevoolu temperatuuri arvelt ilma kompressoreid ja muid energiamahuikaid seadmeid kasutamata ehk jaheda välisõhu tarnimine otse jahutatavasse ruumi kasutades selleks näiteks kuivjahuti ventilaatorite elektrit välisõhu soojusvahetisse puhumiseks. Vabajahutus toimib ainult sellisel juhul, kui välistemperatuur on madalam sekundaarse poole pealevoolu temperatuurist. On olemas mitu erinevat vabajahutuse tüüpi:

- Veejahutusseade vabajahutusega;
- Otsene vabajahutus;
- Kaudne vabajahutus.

Vesijahutuse süsteem vabajahutuse funktsiooniga ehk jahutusmasinad, mis on varustatud täiendava soojusvahetiga, on mõeldud külmutusagensi või vesi-glükooli lahustjahutamiseks välisõhu abil. Selliste masinate tööalgoritm seisneb selles, et kui välistemperatuur on külmutusagensi seatud temperatuurist kõrgem, siis töötab seade vastavalt standartsele skeemile. Külmakandja jahutatakse sisseehitatud jahutusahela aurustis. Kui välisõhu temperatuur on madalam kui külmutusagensi seatud temperatuur, siis külmutusagens transporditakse mitte aurustisse, vaid samasse täiendavasse soojusvahetisse, kus see jahutatakse välisõhu tõttu. Struktuurselt paigaldatakse kondensaatori kõrvale täiendav soojusvaheti, mida puhutakse üle samade ventilaatoritega millega ka kondensaatoreid. Seega erinevad veejahutusseadmed vabajahutusega tavalistest ainult toruühenduse, täiendava soojusvaheti ja kontrolleri algoritmi kohandamise korral. [8]

Otsene vabajahutus on võimas õhuringlusüksus, mis toimib ringlusõhuga. Seadmed on varustatud usaldusväärse ja tõhusa filtreerimissüsteemiga, mis tagab puhta õhu hoone sisemuses. Otsese vabajahutuse korral sissepuhkeõhu temperatuur püsib samal tasemel sõltumata välistest tingimustest. See protsess saavutatakse õhu ringlusesse laskmisega. Tsirkulatsioon ei toimi, kui välistemperatuur on sama, kui on seadistatud sissepuhkeõhu temperatuur. Välistemperatuuri languse korral retsirkulatsiooni osakaal järk järgult suureneb ja saavutab oma maksimumi külmade ilmade korral.

Kaudse vabajahutuse olemus seisneb siseõhu jahutamises välisõhu arvelt. See protsess toimub spetsiaalsetes õhk-õhk soojusvahetistes. Soojusvaheti toimimiseks tuleb säilitada soojuspotentsiaali erinevus kahe keskkonna temperatuuride vahel. Kaudne vabajahutus saab toimida ainult siis, kui välistemperatuur on paar kraadi madalam tarnitud jahutatud õhu temperatuurist.

Vabajahutuse süsteemi eeliseks võrreldes teiste süsteemidega võib pidada olulisemalt väiksemad energiakulud, kuna külma tootmine käib ilma kompressori elektritarbimiseta.

Vabajahutuse puuduseks on piiratud tööperiood. Välisõhu temperatuuril üle 16°C ei toimi selliste süsteemide kasutamine näiteks serveriruumi jahutamiseks, seega vabajahutust kasutatakse lisana konditsioneeridele. [8]

Autori töökogemusest jahutuse ja külmutuse valdkonnast on saadud piisavalt kogemusi teadmaks, et jahutusüsteemide korras püsimiseks ning tõrgeteta tööks on vaja teostada korrapäraseid hoolduseid. Hoolduse põhiliseks ülesandeks on seadmete töökindluse tagamine, samuti rikete kõrvaldamine ja töötõrgete avastamine enne nende ilmnemist, mis hakkaksid takistama ning aeglustama süsteemi tööd. Hooldused tuleks planeerida nii, et materiaalsed kahju ehk hooldusest, remondist ja töökatkestustest põhjustatud kulud oleks võimalikult vähe. Selleks et hooldustööd saaks õnnestuda, on vaja tagada,

et süsteem oleks hooldatav. Eelduseks on see, et jahutussüsteem on projekteeritud piisavalt ligipääsetav, tagada tuleb ka hoolduse jaoks vajalik vaba ruum lähtuvalt seadmete tootjapoolsetest eeskirjadest projekteerimisel. Kõik puudused ja tähelepanekud märgitakse hooldaja poolt koostatud hoolduskavasse või hoolduspäevikusse. Hoolduskava loomisel tuleb arvestada süsteemi eripäradega, milleks on süsteemi suurus, seadme kasutusotstarve ja kohalikud olud. Jahutussüsteemide välisosade hooldust on soovitatav teha vähemalt korda aastas kevael, et puhastada need kogunenud mustusest ja valmistada ette eelseisvaks jahutuseperioodiks.

2.2 Hoone jahutussüsteemide osad

2.2.1 Kompessorid

Kompessorid, mida kasutatakse külmutus- ja jahutussüsteemide töös, jaotatakse vastavalt nende konstruktsioonidele kolmeks: hermeetilised, poolhermeetilised ja avatud kompressorid.

Hermeetilisi kompressoreid kasutatakse jahutuse puhul kliimaseadmete jahutusseadmetes. Hermeetiline kompressor koosneb kahest põhiosast, milleks on elektrimootor ja kompressor suletud hermeetilises keevitatud korpuses. Korpuse sees paiknevad elektrimootor ja sellega seonduvad komponendid, mis omakorda toetuvad vedrudele. Seda selleks, et summutada kolvi edasi-tagasi liikumisest tulenevat vibratsiooni. Kompressori korpusesse suunatakse toru kaudu külmaaine aur, mis jahutab elektrimootorit. Silindrisse imetakse aur, kust mürasummuti kaudu pumpab selle survetorusse kolb ja edasi läbi kompressori korpuse kondensaatori. Hermeetiliste kompressorite puuduseks on see, et kompressori rikke korral neid ei remondita vaid vahetatakse välja uue vastu. Hermeetiliste kompressorite eelisteks on näiteks ökonoomsus, kompaktsus ja universalsus.

Poolhermeetilisi kompressoreid kasutatakse õhu konditsioneerimises. Poolhermeetilises kompressoris on kaks põhilist osa, mootor ja kompressor, mis asetsevad avatavas korpuses. Poolhermeetilised kompressorid jagunevad omakorda kaheks: imigaasjahutusega ja imigaasjahutuseta.

Nende erinevus seisneb selles, et imigaasjahutusega kompressorid jahutatakse mootorit suunatava auruga, imigaasjahutuseta kompressoreid omakorda ei jahutata auruga vaid ventilaatoriga.

Avatud kompressoreid kasutatakse sõidukite kliimaseadmete jahutuseadmetes ja tööstuslikes külmutuseadmetes. Avatud kompressorite eelisteks on võime käivituda tühikäigul vähendamaks mootori koormust, vastupidavus, lihtne hooldatavus ja töörežiimi reguleerimine inventerite abil. [9]

2.2.2 Külmajaama jahutid

Veejahutusseade on jahutusseade, mida kasutatakse tsentraalsetes kliimaseadmetes olevate külmakandjate jahutamiseks ja soojendamiseks tsentraalsetes konditseerimissüsteemides, milleks võivad olla ventilaatorkonvektorid või sissepuhke seadmed. Lai võimsusvahemik võimaldab veejahutusseadmetel jahutada erinevates suurustes ruume, olgu selleks kas korterid, eramud, bürooruumid või kaubanduskeskused. Hoonetes võib leida kasutusel järgnevat veejahutid:

- Monoblokk õhu kondensaator, hüdrumoodul ja kompressor asuvad ühes korpuses;
- Veejahutusseade, millel on võimalus kondensaator paigaldada välistingimustesse (külmutusmoodul asub siseruumides ja kondensaator paigaldatakse välistingimustesse);
- Veejahutusseade veekondensaatoriga (kasutatakse siis, kui ruumis on vaja külmutusmooduli minimaalseid mõõtmeid ja puudub võimalus kasutada välistingimustesse paigaldatavat kondensaatorit);
- Soojuspump külmakandja soojendamise ja jahutamise võimalusega.

Vesijahutus koosneb enamasti kolmest põhielemendist: kompressor, kondensaator ja aurusti. Aurusti peamiseks ülesandeks on soojuse eemaldamine või eemale juhtimine jahutatavast esemest, mille täitmiseks on vaja lasta aurustist läbi vesi ja külmutusagens. Keemisel võtab külmutusagens vedelikust energiat, tulemusena vesi või mõni muu soojuskandja jaheneb, külmutusagens soojeneb ning läheb vedelast olekust gaasilisse olekusse. Gaasilises olekus külmutusagens suundub kompressorisse, kus hakkab mõjutama kompressori mootori mähiseid, aidates kaasa nende jahutamisele. Seal samas surutakse kokku kuum aur, kuumutades see uuesti temperatuurini 80-90°C. Samuti seguneb külmutusagens kompressori õliga. Freoon satub kuumutatud olekus kondensaatorisse, kus seda jahutatakse külma õhuvoolu abil. Viimaseks töötükiks veejahutusseadmes on kui soojusvahetist külmaaine liigub alajahutisse, kus temperatuur langeb märgatavalt. Selle tagajärjeks on freooni muutumine vedelasse olekusse, mis suundub filtri-kuivatisse, kus vabanetakse niiskusest. Järgmisena läbib külmutusagens soojuspaisumisventiili, milles külmutusagensi rõhk väheneb. Pärast soojuspaisumisventiili on külmutusagensiks madalrõhu aur, mis on koosmõjus vedelikuga. Külmutusagensi ja vedeliku segu juhitakse aurustisse, kus külmutusagens hakkab uuesti keema, muutudes ülekuumendatud auruks. Ülekuumendatud aur väljub aurustist. [10]

2.2.3 Kuivjahuti

Drycooler ehk kuivjahuti on seade, mis on mõeldud külmakandja jahutamiseks keskkonna arvelt. Kuivjahuteid rakendatakse ventilatsiooni- ja kliimasemdetes. Kuivjahutid koosnevad enamasti kolmest põhikomponendist: vesi- õhk soojusvaheti, ventilaator ja korpus, kuhu on paigaldatud eelnevalt mainitud vesi-õhk soojusvaheti ja ventilaator. Kuivjahuteid saab paigaldada kahtepidi. Esimeseks variandiks on horisontaalne paigaldus jalgadega ja teiseks variandiks on vertikaalne paigaldus jalgadeta.

Soojusvahetis jahutatakse külmakandja, kuivjahuti sisselaskeavas siseneb kuum voolis, mis läbib mähise ja mida puhutakse üle välisõhuga. Selleks, et soojusülekanne parandada on ette nähtud ventilaator, mis teeb õhuvoolu sunnitud suunas liikumiseks ja muudab selle tõhusamaks. Külmakandja soojus eraldatakse mähisele paigaldatud ribide abil. Jahutatud külmakandja suundub seejärel kas veejahutisse või muusse seadmesse. Kuivjahutite eelduseks peetakse konstruktsiooni lihtsust, madalat hinda, lihtsat ja arusaadavat tööpõhimõtet, kergelt agregaadimassi ning nende paindlikkust paigalduse osas. Lisaks on võimalus kasutada pea kõiki *antifreeze* ja säilitada niiskustase eksploatatsioonil, seadmel on lühike tasuvusaeg. Suurimaks puuduseks on puuduv võimalus soojuskandja jahutamist madalamale ümbritseva keskkonna temperatuurist. Seda enam, et temperatuuride vahemik jahutatud soojuskandja ja ümbritseva õhu vahel on umbes 4-10°C. See tähendab, et soojuskandja temperatuur on alati kõrgem ümbritseva keskkonna temperatuurist. Kuivjahutid rakendatakse vabajahutuseks. [11]

2.2.4 Täppiskonditsioneerid

Täppiskonditsioneerid on tänapäeval üha nõutavamad seadmed, eriti ruumides, kus on vaja hoida kindlaid sisekliima tingimusi väikese veavaruga. Enamasti on kõrvalekalle normaalse lubatud temperatuuri korral 1°C ja niikuse korral 2%, täppiskonditsioneerid võib seadistada 0,5°C sammuga. Täppiskonditsioneerid on enamasti kasutusel tööstusruumides, büroohonetes võib leida täppiskonditsioneeride tehnilistes ruumides nagu näiteks serveriruumid. Seade ise koosneb kahest moodulist: sisemoodulist ja välismoodulist. Sisemoodul koosneb kompressorist, aurustist, drossel seadmest, niisutist, soojenduselemendist, filtrist, ventilaatorist ja juht- ning sulgklappidest. Kui seade töötab külma vee baasil, siis välisplokk koosneb tavaliselt õhu kondensaatorist või vedeliku jahutist. Vastavalt oma konstruktsioonile jagunevad nad täppiskonditsioneerid kaheks: ühekontuurilised ja kahekontuurilised. Ühekontuurilised täppiskonditsioneerid on enamasti väikse võimsusega. Kahekontuurilised on mõeldud suuremate ruumide teenindamiseks. Täppiskonditsioneeride tööpõhimõte on järgnev: kuumutatud külmutusagens satub kondensaatorisse ja jahtub, mille tagajärjel muutub

see gaasilisest olekust vedelasse. Niiskus siseneb aurustisse, kus see kuumutamise tagajärjel muutub auruks. Pärast aurustumist liigub külmutusagens kompressorisse, kus ta surutakse kokku ja temperatuur tõuseb. Kuumutatud aur satub seejärel uuesti kondensaatorisse ja tsükkel kordub uuesti. Eksploatatsiooni ajal tõmbab täppisseade ruumist aurustisse õhu, jahutab seda ja seejärel laseb jahutatud õhku ruumi tagasi. Täppisseadmed töötavad enamasti ainult jahutamiseks, temperatuuri tõstmiseks ja alandamiseks, jahutamiseks, soojendamiseks, kuivatamiseks ja niisutamiseks ning temperatuuri jahutamiseks ja niiskusrežiimi tõstmiseks. [12]

2.2.5 *Fancoilid* ehk ventilaatorkonvektorid

Fancoil sõna koosneb kahest osast. *Fan* mis on ventilaator ja *coil* mis on soojusvaheti ehk ventilaatorkonvektor. *Fancoil* on seade, mis on ette nähtud õhu jahutamiseks ventilaatori ja soojusvaheti kaudu ringleva jahutusvedeliku abil. Ventilaatorkonvektorid jagunevad kahte rühma: ühe või kahe soojusvahetiga.

Ventilaatorkonvektori tööpõhimõte seisneb selles, et ventilaator võtab ruumist õhku ja suunab selle soojusvahetisse. Soojusvahetis ringleb kas külm või kuum vesi, vastavalt sellele, mis õhutemperatuur on ruumis vaja saavutada. Soojusvahetis olev vesi võtab või eraldab õhust soojust, seejärel naaseb jahutatud või kuumutatud õhk ruumi, vastavalt temperatuurile, mida on vaja ruumis saavutada. Kui süsteem on konfigureeritud õhku jahutama, tekib soojusvahetil kondensaat, mis juhitakse pumba abil kanalisatsiooni või välja. Selleks, et soojusvahetisse satuks vesi on tarvis ventilaatorkonvektori lisaseadet. Õhu jahutamiseks kasutatakse näiteks jahutit.

Ventilaatorkonvektorid ise jagunevad vastavalt montaažile kolmeks erinevaks tüübiks: pörandakinnitusega, seinakinnitusega, laekinnitusega. Samuti jagunevad ventilaatorkonvektorid korpusega ja korpuseeta ventilaatorkonvektoriks. Vastavalt soojusvahetile jagunevad ventilaatorkonvektorid ka kahetorulisteks või neljatorulisteks. Nii palju kui on erinevaid ventilaatorkonvektorite liigitusi, on ka nende eripärasid.

Ventilaatorkonvektorite kasutamisel on puudusteks näiteks iga-aastane süsteemi hooldus või süsteemi tööle panemiseks on vaja kvalifitseeritud montaaži, samuti on ventilaatorkonvektorid ise mastaapsed ja kaaluvad palju. Valesti dimensioneeritud ventilaatorkonvektorid võivad ruumis tekitada müra, mis võib endaga kaasa tuua ruumis töötavate inimeste ebamugavust. Süsteemi plussideks on näiteks see, et kommunikatsiooni torud agregaatide vahel on tehtud odavatest plastmassist torudest või komposiittorudest. Teiseks eeliseks on see, et avarii või lekke korral on väga kerge teostada remonttöid. Süsteem täidetakse enamasti puhastatud veega, kuid samuti võivad ventilaatorkonvektorid olla ka külmutusagensi põhised ehk otseaurustusega. Reeglina need süsteemid kannavad nime SPLIT süsteemid. [13]

2.2.6 Jahutustalad

Teiseks süsteemiks, mida lokaalse jahutuse puhul kasutatakse, on jahutustalad. Jahutustalad jagunevad aktiivseteks ja passiivseteks.

Aktiivsed jahutuspalgid paigaldatakse sissepuhke poolele. Enne kui välisõhk seguneb külma õhuvooluga, läbib sissevõetud õhuvool soojusvaheti, kus seda jahutab palki läbiv külma vesi. Siseruumides jahutatud õhu ja värske sissepuhkeõhu segu juhatakse tagasi siseruumidesse. Jahutustalades puuduvad ventilaatorid. Siseõhu liikumine on tingitud ejektiooni tõttu. Jahutustalade süsteemi toimimiseks on tarvis külma õhu sissepuhet ja külma vett. [14]

Passiivsed jahutustalad ei ole ette nähtud külma õhuga varustamine. Nad kujutavad endast soojusvaheteid, mille sees ringleb külmast toitevõrgust tulenev külma vesi. Siseõhk, puudutades passiivse jahutustala külma pinda, jahutab loomulikult. Õhuringlus toimub looduslike gravitatsioonijõudude mõjul. See ringlus soodustab õhu liikumist ruumis ja selle ühtlast jahutamist. Jahutustalade kontseptsioon näeb ette, et torud ise on ruumis külmaallikana ilma muude keeruliste seadmete paigaldamiseta. Kuna soojusvahetuse efektiivsus sõltub jahutatava ja jahutatud keskkonna kontaktpinnast, tuleks ruumi õhu jahutamiseks paigaldada mitu toru või olemasolevad torud varustada täiendava soojusvahetuspinnaga ehk soonikuga. [15]

Jahutustalade eeliseks on see, et neil puuduvad liikuvad osad, tänu millele puuduvad ka elektrienergia tarbimine, müra ja vibratsioon. Suureks eeliseks võib pidada, et puudub ventilaatorist tulenev müra ning puudub vajadus kondensaadi äravoolu järgi.

Jahutustalad vajavad rohkem ruumi paigaldamiseks oluliselt suuremate soojusvahetite pinna tõttu. Täiendavalt jahutustalade temperatuurirežiimile delta T on ca 1 °C väiksem, mille tõttu projekteeritud torustiku läbimõõt lõpptulemusena tuleb natuke suurem. Torujuhtmete pikkuse ja arvu suurenemine viib voolukiiruse ja vajaliku veesurve suurenemiseni, mis omakorda suurendab nõudmisi pumpadele, nende võimsustele ning tootlikkusele. [15]

2.3 Kaugjahutussüsteemi kirjeldus

Tänapäeval on paljudes eramutes, kontorites, tööstushoonetes kasutusel lokaalsed jahutusseadmed, mis töötavad külmaainetel, mis omakorda võivad keskkonda kahjustada. Lokaalse jahutusena on tänapäeval kasutuses näiteks ventilatsiooniõhu jahutus, ventilaatorikonvektorid ja jahutustalad. Kaugjahutus on väga sarnane kaugküttele. Nende peamiseks sarnasuseks on, et jahutust/kütet toodetakse tsentraalselt ning tarbijasõlmed on ühendatud jahutus- või küttevõrgustikku. Esimene kaugjahutuse jaam rajati Eestis Utilitase poolt Tallinnasse Tselluloosi kvartalis asuvasse Ülemiste kaugküttekatalamajja. Esimene kaugjahutusjaam hakkas 2019. aasta sügisest

pakkuma jahutustteenust sealsetele ümberkaudsetele hoonetele. Esimeseks kaugjahutuse kliendiks on Tallinnas asuva Fahle Pargi arendus Ülemistel. Kaugjahutuse eeliseks on see, et ta vastab keskkonnanõuetele ka aastakümnete pärast. Kaugjahutuse eelised lokaalsele jahutused on järgnevad: kerge ja mugav kasutada, vähem müra ja vibratsiooni, puudub lekkeoht (veejahutusseadmete külmutusagensi primaarpoolel), säästab ruumi ning on soodne.

Majaomanikule võib kaugjahutus olla suureks eeliseks hoones kasutamisel, kuna lokaalse jahutuse teenindamiseks mõeldud tehnoruumid vabanevad või uute hoonete projekteerimise puhul vähenevad ning neid saab hoones kasutada kasuliku pinnana.

Kaugjahutust peetakse soodsaks meetodiks, kuna puuduvad investeerimised kallitesse jahutusseadmetesse. Hoone projekteerimisel on juba võit alginvesteeringutes.

Keskkonna säästmisest on aina populaarsust koguv teema. Erinevatel elualadel seatakse energiatõhususele kõrgemaid eesmärke.

Kaugjahutus annab samuti oma panuse keskkonna säästmisse järgnevate teguritega:

- Suuremate võimsuste puhul on võimalik kasutada erinevaid seadmeid, millega annab võimalust oluliselt vähendada kasutust;
- Saab kasutada keskkonnasõbralikumaid külmaaineid;
- Kõrge SEER;
- Kasutatakse vabajahutust jahutusenergia tootmispunktis;
- Muundab jääksoojust jahutusenergia tootmispunktis.

Kaugjahutuse põhilisteks klientideks on äri- ja kaubandushooned. Kaugjahutus on mõeldud kasutamiseks süsteemides, mis on mõeldud hoone jahutamiseks. Selleks on näiteks:

- Ventilatsiooni agregaadist tuleva sissepuheõhu kuivatamiseks;
- Ventilaatorkonvektoritel;
- Jahutustaladel;
- Täppiskonditsioneerides;
- Protsessijahutuses.

Protsessijahutuse all on mõeldud kõiki süsteeme, mis vajavad jahutust 6-10°C juures. Protsessijahutusega saab jahutada servereid, kaupluse jahutussüsteeme (näiteks külmkappe) ning kasutada tööstusprotsessides.

Tselluloosi kvartalit on tunnustatud Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühingu poolt tõhusa kaugjahutuse märgiga. [16]

Lisaks headele kaugjahutus omadustele on leitud ka negatiivne omadus, milleks on negatiivne mõju SKPle, mis omakorda vähendab töökohtade arvu. Kuna kohtjahutuse vajadus väheneb, siis ei teki kaugjahutuse loomisel uusi töökohti. [17]

2.4 Kaugjahutussüsteemi juhtimispõhimõte

Kaugjahutussüsteemi põhimõte seisneb selles, et jahutatud vesi või muu jahutatud külmakandja liigub keskjahutusjaamast mööda maa-aluseid torusid võrgu kaudu kaugjahutuse tarbijani. Selle eeliseks on see, et kaugjahutuse tarbija ei pea oma hoonesse paigaldama jahutusseadmeid ning süsteeme ja saab seda kindlalt kaugjahutussüsteemi pakkujalt teenusena sisse osta. Selleks, et kaugjahutus toimiks, on vaja jaotustorustiku võrku, pumbamaja ja tsentraalset jahutusseadet. Riikides, kus küttevajadus on suur, on võimalik jaama kavandada ka sooja vee varustamisega ehk kasutada kaugkütte- ja jahutussüsteemina.

Keskjahutusjaamas toodetakse jahutatud vesi tavaliselt kompressoriga, absorptsioonjahutite või muude keskkonnas leiduvate allikatega, nagu näiteks sügavad järved, jõed, põhjaveekihid, mered ja ookeanid.

Veejahutusseadmed paigaldatakse tavaliselt keskjahutusjaama, et kasutada ära linnaosa erinevate hoonete jahutusvajaduse mitmekesisust.

Keskjahutusjaamast jaotatakse jahutatud vesi jaotusvõrkude torude kaudu tarbijatele ja tagastatakse pärast ruumi jahutust tagasivoolutorudesse.

Pumbad jaotavad jahutatud vett, tekitades peale- ja tagasivoolutorude vahel rõhuerinevust.

Tarbijate alajaamaks nimetatakse kaugjahutussüsteemi ja hoone jahutussüsteemi vahelist liidest. Tarbijate alajaam koosneb tavaliselt hoones olevatest õhutöötlusseadmetest, soojusvahetist ja jahutatud vee torustikust. Selleks, et hoone ühendada kaugjahutussüsteemiga on tarvis igas hoones tarbijate alajaama, kuhu on paigaldatud soojusvahetid, et edastada soojust kaugjahutussüsteemi ja tarbija hoone kliimaseadmete vahel. Tarbijate alajaam projekteeritakse tavaliselt kas otseseks või kaudseks ühendamiseks. Otseühenduse korral kaugjahutusvesi edastatakse otse lõppseadmetele ehk õhutöötlusseadmetele. Kaudsel ühendusel kasutatakse vahel ühte või mitut soojusvahetit kaugjahutussüsteemi ja hoonesüsteemi vahel. [18]

Lähtuvalt kehtivatest standarditest, juhenditest, hoone omadustest ja vajadustest, määrab projekteerija jahutusvõimsuse. Kaugjahutuse ettevõtja määrab primaarpoole külmakandja parameetrid. Enamasti on need jahutusvõrgus järgnevad:

- Külmakandja suurim töö rõhk 1.0 MPa;
- Testimisrõhk on 1.3 kordne töö rõhk;
- Külmakandja temperatuur +2...+35 °C.

Samuti kaugjahutuse võrguvaldaja sätestab jahutussõlme primaarpoole temperatuurigraafikuid.

Levinumad kaugjahutuse primaarpoolel kasutatavad temperatuurid on vahemikus:

- Pealevool +6...+8;
- Tagasivool +16 °C ...+18 °C või kõrgem.

Peamine on tagada võimalikult minimaalne veekulu jahutussõlme primaarpoolel. Selle saavutamiseks on tarvis võimalikult kõrget primaarpoole tagastuvtemperatuuri. Antud tingimuse eiramisel muutub veekulu ja rõhukadu jahutusvõrgus liiga suureks ning jahutusvõrk muutub ebaefektiivseks.

Reeglina on olemasolevad jahutussüsteemid projekteeritud ja ehitatud temperatuurigraafikul 7/12 °C. Antud temperatuurigraafiku liitmise võimalikust kaugjahutusega tuleb hinnata koostöös kaugjahutuse võrguvaldajaga.

Primaarpoole vesi on reeglina degaseeritud ning pH=8-10.

Soojusvahetid sõltumatu ühendusskeemi korral tuleb valida selliselt, et primaarpoolel ja sekundaarpoolel temperatuuride erinevuse vahe ei ületaks kahte kraadi.

Hoone kaugjahutuse sisendil tuleks tagada tasakaalustusventiiliga möödavool, et väljaspool jahutusseadmete kasutamise perioodi tagada minimaalne läbivool külmumise vältimiseks. Möödavooluventiili soovitatavaks asukohaks on enne jahutussõlme peaventiile ehk võrgu poolel.

Primaarpoole lubatud maksimaalne summaarne rõhukadu koos energiaarvestiga jääb vahemiku 80-100 kPa, kuid selle määrab kaugjahutuse võrguvaldaja.

Samuti määrab ka võrguvaldaja vooluhulgaregulaatori või vooluhulga piiraja vajaduse jahutussõlmele.

Jahutussõlme sekundaarpoolel on soovitatav kasutada 2-tee ventiile. Puuduliku häälestuse korral on 3-tee ventiilid potentsiaalsed lühise allikad, mis rikuvad tagastuva temperatuuri jahutusvõrku.

Reguleerimisvõrkude eesmärgiks on tagada võimalikult kõrge tagastuva võrguvee temperatuur.

Primaarpoolel on maksimaalseks temperatuuride vahe tagamiseks eelistatud lahendus, mille sekundaarpoolel on madalamat temperatuuri nõudvad seadmed. Nendeks seadmeteks on näiteks ventilatsiooniseadmete jahutuspatareid. Seadmed peaks olema ühendatud jadamisi kõrgemaid temperatuure nõudvate seadmetega. Nendeks seadmeteks on näiteks ventilaatorikonvektorid ja külmaseadmete kondensaatorid. Jahutussõlme primaarpoole vooluhulk on väiksem jadamisi ühendatud seadmetega kui paralleelühenduse kasutamisel.

Aurutihedat isolatsioonimaterjali tuleb kasutada seetõttu, et isolatsiooni puhul peab arvestama, et torustike pinnatemperatuur on allpool kondenseerumispunkti. Tavaliselt kasutatakse spetsiaalselt jahutustorustikele mõeldud aurutihedat isolatsioonimaterjali, milleks on näiteks Armaflex või muu sellele sarnane. On lubatud kasutada ka PUR isolatsiooni, mis on plekk-kattega ja kohapeal valatud. Tööde teostamisel on aurutiheduse tagamiseks oluline jälgida isoleerimistööde kvaliteeti. [18]

Tabel 1. Jahutussõlme soovituslikud tehnilised andmed [18]

Tehnilised näitajad	Uus ehitatav hoone	Olemasolev hoone
Primaarpoole pealevoolu temperatuur (sõltub kaugjahutuse ettevõtjast)	+6 (+8) °C	+6 (+8) °C
Primaarpoole tagastuv temperatuur	Min +16 (+18) °C	Kuni +16 °C
Jahutuspatareid	8-16 °C	Olemasolev
Ventilaatorkonvektorid, jahutustalad	14-18 °C	14-18 °C
Külmutusseadmete kondensaatorid	16-35 °C	16-35 °C
Primaarpoole rõhuklass	PN10	PN10
Otse ühendatud sekundaarpoole rõhuklass	PN10	PN10

Tabelis 1 on välja toodud jahutussõlme soovituslikud tehnilised andmed hoonetele. Primaarpoole rõhuklass ja otse ühendatud sekundaarpoole rõhuklass on soovitatav nii uutel ehitatavatel kui ka olemasolevatele hoonetele PN10. Primaarpoole pealevoolu temperatuur, mis sõltub kaugjahutuse võrguvaldajast, on +6 (+8) °C. Primaarpoole tagastuv temperatuur uuel ehitataval hoonel on minimaalselt +16 °C ja olemasoleval hoonel kuni +16 °C. Jahutuspatareide temperatuur uuel ehitataval hoonel on 8-16 °C ja olemasoleval hoonel olemasolev jahutuspatarei temperatuur. Ventilaatorkonvektorite ja jahutustalade temperatuurid on nii uutel ehitatavatel hoonetel ja olemasolevatel hoonetel 14-18 °C, külmutusseadmete kondensaatorite temperatuur aga 16-35 °C. Võib järeldada, et parameetrite erinevus on primaarpoole tagastuval temperatuuril ja jahutuspatareidel.

3. MEETOODIKA

Töö metoodika põhineb erinevate tehniliste andmete, lahenduste ja projektdokumentatsiooni analüüsi põhjal, mõõdetud andmete ja lõputööd käsitleva materjali kogumisele, sorteerimisele ning detailsele analüüsile. Täiendavalt teostatakse tasuvusarvutus (LCC – *life cycle cost analysis*), mille põhjal selgub kaugjahutusele ülemineku majanduslik otstarbekus. Lokaalselt jahutussüsteemilt kaugjahutusele üleviimisel on vaatluse alla võetud Tallinnas Ülemiste Citys Lõõtsa tänav 8a Ragnar Nurkse büroohoone.

3.1 Hoone kirjeldus

Tabel 2. Hoone tehnilised näitajad

Nr.	Näitaja	Maht
1.	Ehitisealune pind	3854 m ²
	hoonealune pind	3683 m ²
2.	Hoone korruselisus	10 korrust
3.	Hoone suletud brutopind	28 777 m ²
4.	Hoone suletud netopind	25 223 m ²
5.	Hoone kasulik pind	22 848 m ²
6.	Hoone ruumala	97 872 m ³
7.	Hoone eluiga	50 aastat
8.	Hoone energiatõhususe klass	C

Tabelis 2 on välja toodud hoone tehnilised näitajad. Lõõtsa tänav 8a büroohoone energiatõhususe klass on C ning prognoositavaks hoone elueaks on 50 aastat. Kokku on Lõõtsa 8a ruumalaks 97 872 m³. Hoonealune pind on 3683 m², millest ehitusalane pind on 3854 m². Suletud brutopinnaks on 28 777 m², millest suletud netopind on 25 223 m². Kasulikuks pindalaks on 22 848 m².

Tallinnas Lõõtsa tänava 8a aadressil asuv büroohoone on ehitatud aastal 2013. Hoone on nimetatud Ragnar Nurkse auks ning kannab nime Ragnar Nurkse kolmiktorn. Lõõtsa tänava 8a hoone oli rajatud NCC Ehituse poolt. Hoones on kokku 10 korrust, millest 7 korrust moodustavad äripinnad. Lõõtsa tänava 8a on jaotatud kolmeks erinevaks korpuseks: A, B ja C. Ragnar Nurkse Hoones on erinevad rentnikud, üheks suurimaks rentnikuks on Eesti Maksu- ja Tolliamet. Lisaks on majas rentnikena näiteks IF kindlustus, Pristis AS, Jeldwen, Nestle, Duncker, Deck, Intelometry. Hoone sai valmis 2013 aastal ja oli üks esimesest majast mis oli rajatud Ülemiste Citys. Hoone kasulik

pindala on 25 223 m². Hoone omab esimese korruse tasandil ristikülükujulist põhiplaani, kolmandast korrusest jaguneb hoone kolmeks torniks, mis omavad hooneid ühendavaid hooneblokke. Esimesel korrusel on eraldi sissepääsudega bürood, fuajee infolauaga, tehnilised ruumid. Teisel korrusel asuvad ventilatsioonikambrid. Kõigil ülejäänud korrustel asuvad bürooruumid, korruse keskel asuvad liftihall ja trepikoda. Nendega külgnevad nõrk- ja tugevvoolu elektriruum.

3.2 Olemasoleva hoone sisese jahutussüsteemi lahendus ja tehnilised parameetrid

Tabel 3. Olemasoleva hoone sisese jahutussüsteemi tehnilised parameetrid.

Tähis	Olemas olevate jahutussüsteem, jahutuskormuse liik	Olemas oleva süsteemi võimsus	Olemas oleva süsteemi külmakandja temperatuurid	Olemas oleva süsteemi juhtimine, ventiilid
		kW	°C	3T/2T
JAH101	Ventilatsiooni õhkjahutus A ja A/B	550	6/11	Info puudub
JAH201	Ventilatsiooni õhkjahutus B ja B/C	550	6/11	Info puudub
JAH201	Jahutuspalgid A ja A/B	316	14/17	2T
JAH201	Ventilaatorkonvektorid A ja A/B	135	10/15	Info puudub
JAH202	Jahutuspalgid B ja B/C	277	14/17	2T
JAH202	Ventilaatorkonvektorid B ja B/C	173	6/11	Info puudub
2. korrus, C korpused	C korpuse ventilatsiooniseadmed	350	6/11	Info puudub
1. korrus, C korpused	C korpuse jahutustalad(ventilaatorkonvektorid)	370	14/17	Info puudub
	KOKKU	2721		

Olemasolevatesse hoonetesse oli projekteeritud neli jahutusseadet. Jahutusseadmetest kaks olid projekteeritud ventilatsiooniseadmete jahutamiseks ja kaks jahutustalade ja ventilaatorikonvektorite jahutamiseks. A, B ja C hoonetesse olid jahutusseadmed vastavalt jahutusvõimsustele projekteeritud järgnevalt:

- A ja A/B hoone jahutusseade jahutusvõimsusega 550kW (ventilatsiooniseadmete jahutamiseks);
- B ja B/C hoone jahutusseade jahutusvõimsusega 550kW (ventilatsiooniseadmete jahutamiseks);
- A ja A/B hoone jahutusseade jahutusvõimsusega 450kW (jahutustalade ja ventilaatorikonvektorite jahutamiseks);
- B ja B/C hoone jahutusseade jahutusvõimsusega 450 kW (jahutustalade ja ventilaatorikonvektorite jahutamiseks).
- C hoone jahutusseade jahutusvõimsusega 350kW (ventilatsiooniseadmete jahutamiseks);
- C hoone jahutusseade jahutusvõimsusega 370 kW (jahutustalade ja ventilaatorikonvektorite jahutamiseks).

Projekteerimisel oli arvestatud osaliselt kontorialadel ventilatsiooni sissepuhkeõhu jahutusega. Sissepuhutav õhk jahutatakse ventilatsiooniseadmete jahutuspatareides, mis on ühendatud jahutusseadmete jahutusvee kontuuriga.

Kõikides ruumides, kus on tarvis hoida kas kindlat temperatuuri või vajadusel individuaalselt temperatuuri (näiteks büroo pindadel, koosolekute ruumides ning elektriseadmete ruumides), toimub lõplik jahutamine jahutustalades ja ventilaatorikonvektorites, mis on omakorda ühendatud jahutusvee kontuuriga.

Kogu jahutusvõimsus kontrollitud sisekliimaga aladel on vähemalt 70W põrandapinna m² kohta. Jahutusvõimsusena on arvestatud ventilatsiooni ja täiendavaid kliimaseadmeid.

Jahutusseadmed, mis on hoonesse projekteeritud ja antud hetkel teenindavad hoonet, peavad vastama RKASi nõuetele „Nõuded kooli- ja büroohonetele“ osas 5 toodud tingimustele. Samuti peavad seadmed vastama kehtiva EUROVENT või analoogse sertifikaadi olemasolule ja energiatõhususklassile A. Külmaajama ERR peab olema väiksem kui 3.5.

A ja B hoonete 2. korruse ventilatsiooniruumides paiknevad A kuni B/C hoonete ventilatsiooniseadmete jahutamiseks mõeldud jahutusseadmed. A kuni B/C jahutustalade ja ventilaatorkonvektorite jahutamiseks mõeldud jahutusseadmed paiknevad A/B hoone 1. korrusel ruumis 195a ja on varustatud vabajahutusega.

Jahutusvee temperatuurid on järgmised:

- Ventilatsiooniseadmetele +7/12 C;
- ventilaatorkonvektoritele +10/15 C;
- jahutustaladele +14/17 C.

Hoone katusel paiknevate kuivjahutite ja jahutusseadmete vahel on soojuskandjaks kasutatud 40% vesi-glükooli lahus. Jahutusseadmetes on külmaaineks R407c või R134a.

Maksu- ja Tolliameti ruumid, mis asuvad hoone 1. korrusel ja hoone 1-10. korruse elektriseadmete ruumid on varustatud ventilaatorkonvektoritega. Hoone 2-10. korruse ruumid on varustatud jahutustaladega. A hoone 1. korrus on varustatud ventilaatorkonvektoritega.

Jahutusvee ringluspumpadeks on sagedusmuunduritega varustatud tsentrifugaalpumbad.

Jahutusvee süsteemide normaalrõhk peab olema 1,0 MPa.

Jahutusvee torustikud on projekteeritud mustast süsinikterasest ning keevis- ja äärikliidetega vastavalt läbimõõdule. Torustikel kasutatakse samasuguseid kraane ja muid tarvikud nagu küttevee torustikul. Kuivjahutite torustikud on isoleeritud šahtides alumiiniumfooliumist kattega mineraalvilliaga, soojustuse paksuseks on 40mm. Mujal hoones isolatsioon paksuseks on 13mm. Jahutusvee torustik on isoleeritud suletud õhukambritega ja kummist soojustusega.

Jahutussüsteem on suunatud vabajahutusele, mis on jahutuskompressori baasil. Ruumis on jahutuspalgid ja ventilaatorkonvektorid. Jahutussüsteem on integreeritud ventilatsioonisüsteemi, kus on eeljahuti. Ruumi jahutussüsteem on lahendatud 2 tee ventiiliga. Ventilaatorkonvektorid ja jahutuspalgid on ka lahendatud 2 tee ventiiliga.

Kuna hoones on rentnikud nagu Eesti Maksu- ja Tolliamet, kus on kasutusel on serveriruum, siis on seal rakendatud ka serveriruumi jahutus. Serveriruumi jahutusel on võetud kasutusele STULX DX täppiskonditsioneer baasil, kogu jahutusvõimsusega 160kW. [19]

3.3 Mõõteandmed

Tabel 4 Töös kasutatavad mõõteandmed

Tähis	Ühik	Kirjeldus
m	m ²	Kõetavpind
P	kW	Hoone jahutusvõimsus
SEER		Hooajaline energiatõhususe tegur
E _m	€+KM/MWh	Elektrienergia hind
E _{KJ}	€+KM/MWh	Jahutusenergia hind
V	€+KM/aasta	Võimsustasu
V _K	€+KM/aasta	Võimsustasu hoones
E _{KJL}	€+KM	Liitumine kaugjahutusega
E _J	€+KM	Olemasoleva külmajaama ehituskulud
E _K	€+KM	Olemasüsteemi kompressorite vahetus
h _{OS}	€+KM/a	Olemasoleva süsteemi hoolduskulud
h _{KJ}	€+KM/a	Kaugjahutusüsteemi hoolduskulu
m _{üür}	m ²	Vabanev pind
F _{üür}	€+KM	Üüri pinna maksumus
E _{OS}	MWh/a	Olemasoleva süsteemi aastane elektrienergia tarbimine
E _{pump}	MWh/a	Pumba aastane elektrienergia tarbimine
J _n	MWh/a	Jahutuse netoenergia
J _b	MWh/a	Jahutuse brutoenergia
β _a		Elektritarbimisteguri
k	%	Tsirkulatsiooni ja soojuskaod
T _{OS}	MWh/a	Olemasoleva süsteemi elektritarbimine kokku
T _{KJ}	MWh/a	Kaugjahutuse elektritarbimine kokku
G _{OS}	MWh/a	Olemasoleva süsteemi jahutusenergia tarbimine kokku
G _{KJ}	MWh/a	Kaugjahutuse jahutusenergia tarbimine kokku
D _{OS}	€+KM/a	Olemasoleva süsteemi energiakulud
D _{KJ}	€+KM/a	Kaugjahutuse süsteemi energiakulud
G _{os}	€+KM/a	Olemasoleva süsteemi jooksvad kulud
G _{kj}	€+KM/a	Kaugjahutuse süsteemi jooksvad kulud

C	€+KM/a	Kompressorite vahetuse maksumus lihttasuvusaja vältel
R	aasta	Taasuvusaeg
R _{üür}	aasta	Taasuvusaeg kui arvestada üürikasu
B	€+KM/a	Vabaneva üüripinna tulu
r	%	Tuulutusmäär
NPV	€+KM/a	Nüüdispuhasväärtus
t	aasta	Ajahetk
W	€+KM/a	Rahavoog ajahetkel
L	°	Päikesepaneeli paneelide kaldenurk lame katusel
P _{pv}	m ²	Vabanev katuse pind kuivjahutite eemaldamisel
A	m	Päikesepaneeli mõõdud
N	W	Päikesepaneeli paneeli võimsus
C	m ²	Päikesepaneelide mahtuvus katusele
O	tk	Päikesepaneelide arv, mis mahub katusele
I	kW	Päikesepaneelide summaarne võimsus
U	MWh/a	Toodetav võimsus

Antud töös on kasutatud 44 erinevaid mõõteandmeid, et teostada lokaalselt jahutusüsteemilt kaugjahutusele ülemineku tasuvusarvutus. Kaugjahutuse mõõteandmed on edastatud Utilitas AS poolt ning olemasoleva jahutusüsteemi mõõteandmed on edastanud Technopolis Ülemiste AS poolt.

Kaugjahutuse mõõteandmeteks on kaugjahutuse energiahind (€/MWh), kaugjahutussüsteemi hoolduskulu (€+KM/aasta), võimsustasu (€+KM/aasta), võimsustasu hoones (€+KM/aasta), liitumine kaugjahutusega (€+KM), vabanev pind (m²), kaugjahutuse elektritarbimine kokku (MWh/a), kaugjahutuse jahutusenergia tarbimine kokku (MWh/a), kaugjahutuse süsteemi energiakulud (€+KM/a), kaugjahutuse süsteemi jooksvad kulud (€+KM/a), tasuvusaeg (aasta), taasuvusaeg kui arvestada üürikasu (aasta), vabaneva üüripinna tulu (€+KM/a).

Olemasoleva süsteemi mõõteandmeteks on olemasoleva külmajaama ehituskulud (€+KM), olemasoleva süsteemi kompressorite vahetus (€+KM), olemasoleva süsteemi hoolduskulud (€+KM/a), üüri pinna maksumus (€+KM), olemasoleva süsteemi aastane elektrienergia tarbimine (MWh/a), olemasoleva süsteemi elektritarbimine kokku (MWh/a), olemasoleva süsteemi jahutusenergia tarbimine kokku (MWh/a), olemasoleva süsteemi energiakulud (€+KM/a), olemasoleva süsteemi jooksvad kulud (€+KM/a), kompressorite vahetuse maksumus lihttasuvusaja vältel (€+KM/a).

Mõõteandmed mõlema süsteemi kohta on köetav pind (m²), hoone jahutusvõimsus (kW), hooajaline energiatõhususe tegur, elektrienergia hind (€+KM/MWh), pumba aastane elektrienergia tarbimine (MWh/a), jahutuse netoenergia (MWh/a), jahutuse brutoenergia (MWh/a), elektritarbimisteguri, tsirkulatsiooni ja soojuskaod (%).

3.4 Lokaalsest jahutussüsteemist kaugjahutusele ülemineku tasuvusarvutuse meetodika

Lokaalsest jahutussüsteemist kaugjahutusele ülemineku tasuvusarvutus hõlmab kogu üleminekut kaugjahutusele lokaalsest jahutussüsteemist. Antud lõputöö raames on vaja koostada võrdlus hoolduskulude kohta, energiamaksumuse, ülemineku maksumuse ja hoone jahutusenergia tarbimise kohta enne üleminekut ja kaugjahutuse korral. Arvutada välja, kas on vaja täiendavat tehnoruumi pinda (kas tekivad juurde täiendavad ehituskulud). Vaadelda, kas elektrikulu on suurem/väiksem kaugjahutuse või lokaalse jahutussüsteemi puhul.

Kuna katusel eemaldatakse osa jahutussüsteeme kaugjahutussüsteemi paigaldamisel, tekib vabanev pind, mida saab otstarbekalt kasutada. Selleks teostatakse päikesepaneelide võimsuse ja koguse arvutus, et saada ülevaadet, kui tõhus võib olla vabanev pind ja kui palju hoone omanik saab lisavõimsust.

Antud töös võeti vaatluse alla praeguse olemasoleva süsteemi hooldaja hoolduspäevikud. Hoolduspäevikute eesmärgiks on näidata, mis jahutuse osad peale kaugjahutussüsteemiga liitumist kaovad ja mis osad jäävad alles. Lisades 2-11 on kuvatud kahe aasta hooldused. 2020. aasta on teostatud kaks kvartaalset, üks igaaastane ja üks pooleaastane hooldus. 2021. aastal on teostatud üks pooleaasta hooldus. Tulemustes on välja toodud hoolduspäevikutes leitavad vead, kuidas need mõjutavad olemasolevat süsteemi ja mis hoolduse komponendid jäävad hoone kaugjahutussüsteemiga liitmisel välja ning kuidas nad mõjutavad edaspidist hoone jahutussüsteemi hooldust.

Esimeseks arvutuseks tasuvusarvutusel oli jahutuse netoenergia leidmine olemasolevas jahutussüsteemis. Jahutuse netoenergia eesmärgiks on leida, kui palju jahutusenergiat toodetakse. Antud info on vajalik teadmaks kui suur on jahutuse netoenergia. Antud arvutuskäigus on muutujateks olemasoleva süsteemi aastane elektrienergia tarbimine (MWh/a), tsirkulatsiooni- ja soojuskaod protsentuaalselt (%) ja hooajaline energiatõhususe tegur (SEER). Hooajalise energiatõhususe parameetrid võeti määrusest „Hoone energiatõhususe arvutuse meetodika“. Valitud hooajaline energiatõhususe tegur oli võetud väiksema väärtusega, kui see on määrukses märgitud. [20] Põhjus selleks on see, et tasuvusarvutus oli teostatud kahe SEER väärtuse

variantidega. SEER väärtusega 3.0 oli võetud tagasihoidlikuma väärtusega. 2.0 SEER väärtus oli hoone haldaja poolt ennustatud. Mõõdetud jahutusenergia andmetest ei olnud võimalik määrata SEER väärtus, kuna tekkisid probleemid jahutusenergia arvestitega. Tasuvusarvutus oli teostatud kahel erineval variandil. Esimeseks variandiks oli olemasoleva süsteemi üleminek kaugjahutusele. Teiseks variandiks oli uue süsteemi väljaehitamise võrdlus kaugjahutuse ja kompressori külmajaama vahel.

$$J_n = E_{os} \div k \times SEER \quad (1)$$

Pumpade elektrienergia tarbe arvutuse eesmärgiks oli leida kui palju pump tarvitab elektrienergiat olemasolevas jahutussüsteemis. Antud arvutus on vajalik selleks, et arvestada pumpade elektrienergia tarbimisega, kuna olemasolevas jahutussüsteemis polnud arvestatud pumpade tarbimist. β_a väärtuseks on võetud 0.005. Antud väärtus on saadud määrusest „Hoone energiatõhususe arvutuse metoodika“. Arvutuse puhul olid muutujateks olemasoleva süsteemi aastane elektrienergia tarbimine (MWh/a) ja elektritarbimistegur. [20]

$$E_{pump} = E_{os} \times \beta_a \quad (2)$$

Kolmandaks tasuvusarvutuseks oli arvutatud kogu elektritarbimine olemasoleva jahutussüsteemi jaoks. Kogu elektritarbimise arvutuse eesmärgiks oli leida, kui palju kulub elektrienergiat tervele jahutussüsteemile. Olemasoleva jahutussüsteemi energiatarbimine polnud arvestatud pumpade elektrienergia tarbimisel ehk antud arvutusse arvestatakse ka pumpade elektrienergia tarbimist. Antud valemis ja arvutusel olid muutujateks pumba aastane elektrienergia tarbimine (MWh/a) ja olemasoleva süsteemi aastane elektrienergia tarbimine (MWh/a).

$$E_k = E_{pump} + E_{os} \quad (3)$$

Seejärel leiti kaugjahutussüsteemi kogu jahutusenergia tarbimine. Antud arvutuse eesmärgiks on leida kaugjahutussüsteemi kogu jahutusenergia tarbimine, et edaspidistest arvutustes saaks tulemuste abiga leida kaugjahutuse energiakulud (jahutusenergia ja elektrienergia). Arvutustel olid muutujateks jahutuse netoenergia (MWh/a) ja protsentuaalselt nii tsirkulatsiooni- kui ka soojuskaod.

$$E_{kj} = J_n \times k \quad (4)$$

Võimsustasu hoone arvutuse eesmärgiks oli leida, palju hoone omanik hakkab võrguvaldajale kaugjahutussüsteemi võimsuse eest tasuma. Antud arvutusel olid muutujateks hoone jahutusvõimus (kW) ja võimsustasu ühe kilovati kohta (€+KM/aasta).

$$Vk = P \times V \quad (5)$$

Olemasoleva süsteemi energiakulude arvutuse eesmärgiks oli välja selgitada, kui palju kulub raha elektrienergiaks olemasoleva süsteemi teenindamiseks. Arvutustel olid muutujateks elektrienergia hind (€+KM/MWh) ja kogu olemasoleva süsteemi elektritarbimine (MWh/a).

$$Dos = Tos \times Em \quad (6)$$

Kaugjahutussüsteemi energiakulud leiti selleks, et järgmistes arvutustes võrrelda neid olemasoleva jahutussüsteemi energiakuludega. Antud võrdlus on vajalik selleks, et välja selgitada kui suur on kaugjahutussüsteemi energiakulu ning millise süsteemi puhul on energiakulu suurem. Arvutusel olid muutujateks pumba aastane elektrienergia tarbimine (MWh/a), elektrienergia hind (€+KM/MWh), jahutusenergia hind (€+KM/MWh) ja jahutuse brutoenergia (MWh/a).

$$Dkj = (Epumb \times Em) + (Ekj \times Jb) \quad (7)$$

Jooksvate kulude olemasoleva süsteemi arvutusega saab kätte tulemuse, mis näitab kui palju kulutatakse raha hoolduskuludele ja olemasoleva süsteemi energiale. Tulemuseks saab summa, mis määratleb ära, palju hoone omanik maksab aastas jooksvate kulude eest.

$$Gos = hOS + Dos \quad (8)$$

Kaugjahutussüsteemi jooksvate kulude arvutuse tulemuseks on saada võrdlus, mis näitab kui palju kulutatakse raha kaugjahutussüsteemi hoolduskuludele ja kaugjahutussüsteemi energiakuludele aastas. Arvutuses on muutujateks kaugjahutussüsteemi hoolduskulu (€/aasta) ja kaugjahutuse süsteemi energiakulud (€+KM/a).

$$Gkj = hkj + Dkj \quad (9)$$

Olemasoleva jahutussüsteemi kõige kallim ja riskantsem osa on kompressorid. Seetõttu on teostatud kompressori vahetuse maksumus lihttasuvusaja vältel. Antud arvutuse eesmärgiks oli leida kompressori maksumus aastas, kui kompressor vajab vahetust üks kord viieteistkümne aasta jooksul. Kompressori ühekordne vahetuse summa on jaotatud viieteistkümneks aastaks. See arvutus annab ülevaate summast, mis kujuneb üheks aastaks, kui kompressor vahetada üks kord viieteistkümne aasta jooksul olemasoleva jahutussüsteemi jätmisel. Arvutusel olid muutujateks olemasoleva süsteemi kompressorite vahetuse summa (€+KM) ja tasuvusaeg aastates.

$$C = Ek/15 \times R \quad (10)$$

Vabaneva üüripinna tulu arvutamise eesmärgiks on näidata, kui palju saab hoone omanik teenida lisaks vabanevate pindade pealt üüritulu, kus asuvad olemasoleva jahutussüsteemi tehnoruumid. Arvesse oli võetud Ülemiste City ligikaudne keskmine ühe ruutmeetri üüritasu hind (14 €+KM). Tasuvusarvutusele peaks mõjuma see positiivselt, kuna tasuvusaeg antud tingimust arvestades peaks vähenema. Antud arvutusel on muutujateks vabanev pind (m²) ja ligikaudne üüripinna keskmine maksumus (€+KM). 12 on konstantne väärtus, mis kujutab endas 12 kuud.

$$B = müür \times Füür \times 12 \quad (11)$$

Tasuvusarvutus on arvatud EN 15459 standardi järgi. Nüüdispuhasväärtus ehk NPV on leitud selleks, et mõõta, mil määral antud süsteemid suurendavad või vähendavad jahutussüsteemi väärtust. Iga aastaga süsteemi tasud suurenevad ning NPV annab hea ülevaate sellest, missuguse ajaperioodi jooksul on süsteemi maksumus tõusnud või vähenenud. Antud valemis on muutujateks rahavoog ajahetkel (€+KM/a), tuulutusmäär protsentuaalselt ja ajahetk arvestatud aastana.

$$NPV = W \div (1 + r)^t \quad (12)$$

Päikesepaneeli mahtuvuse arvutuse eesmärgiks on leida mitu päikesepaneeli vabanevale pinnale mahub. Arvutuses on arvestatud, et ca 10% ruumist võtab paigalduseks vajalikud tolerantsid. Muutujateks antud valemis on vabanev katuse pind kuivjahutite eemaldamisel (m²).

$$C = Ppv * 0.9 \div 1.4 \quad (13)$$

Arvutuse, mis määrab katusele mahtuvate päikesepaneelide arvu, eesmärgiks on välja tuua päikesepaneelide arv vabanevale pinnale, et hiljem teha summaarsed võimsuse

arvutused. Valemis on muutujateks päikesepaneelide mahtuvus katusele (m^2) ja päikesepaneeli mõõdud (m).

$$O = C \div A \quad (14)$$

Päikesepaneeli summaarse võimsuse arvutus näitab ära, mis võimsust hakkavad päikesepaneelid tootma vabaneval pinnal. Eesmärgiks on vaadelda, kui palju hoone omanik saab lisavõimsust, kui ta paigaldab päikesepaneelid. Valemis on muutujateks päikesepaneelide arv, mis mahub katusele (m^2) ja päikesepaneeli võimsus (W).

$$I = O \times N \div 1000 \quad (15)$$

Orienteeruv toodetav päikesepaneelide võimsuse arvutuse on teostatud lähtuvalt määrusest nr 58 "Hoone energiatõhususe arvutamise metoodika". Eesmärgiks on leida, palju kõik paigaldatavad päikesepaneelid toodavad kokku võimsust aasta jooksul. Valemis on muutujaks päikesepaneelide summaarne võimsus (kW). [20]

$$U = 945 \times 1.09 \times 0.075 \times I1000 \quad (16)$$

Lisaks arvutuslikele tulemustele ja analüüsidel oli autor uuritavas hoones läbi viinud kaugjahutusele üleminekul vabanevate pindade mõõtmised. Mõõdetud olid nii hoone sisesed kui ka katuse pindalad.

4. TULEMUSED

4.1 Hooldusvajadus

Kaugjahutussüsteemi kasutamise korral puudub vajadus hooldada jahutussüsteeme. Hooldusvajadusena jääb ainult ventilaatorkonvektorite ja jahutustalade hooldamine, kuna kaugjahutuse süsteemi väljaehitamisega kaovad majast jahutussõlmed ja jahutusmasinad. Kaugjahutussüsteemidel puuduvad sellised komponendid nagu veejahutusseadmed, kondensaatorid, kuivjahutid ja akumulatsioonipaagid. Kui jätta näiteks veejahutusseadmed puhastamata keskkonnast tekkinud mustusest, siis nende efektiivsus langeb. Kaugjahutussüsteemil see oht puudub. Hoone hoolduse teostajale jääb eelpool mainitud osade puhastus ära, mis hoiab kokku kulusid. Kaugjahutuse korral puudub otsene vajadus süsteemihoidaja järgi, kes oleks valmis reageerima 24/7 avariidele ja väljakutsetele ehk kaob ära reageerimistasu, mis on vaja hooldajale maksta. Kui avarii peaks tekkima jahutuse puhul, siis tuleneb see enamasti kaugjahutusjaamast, kus on olemas operaator, kes protsess jälgib ja vajadusel likvideerib. Lisades 2-11 on välja toodud hoone tehnosüsteemide hooldaja poolt välja toodud hoolduspäevikud. Antud hoolduspäevikutes on välja toodud, et olemasolevaid jahutussüsteeme on hooldatud kolme erineva perioodi kaupa. Nendeks on kvartaalne hooldus, pooleaastane hooldus ja aastane hooldus. Hoolduspäevikutes on välja toodud, et kõikide hoolduste kohta on jahutussõlmes samad punktid, mida hooldaja pidi kontrollima ja hooldama. Need punktid on järgnevad:

- Tsirkulatsioonipumpade kontroll;
- Manomeetrite ja temperatuuri andurite kontroll;
- Täiturmehhanismide ja lekete kontroll;
- Kalorifeeri puhtuse kontroll;
- Isolatsiooni korrasoleku kontroll.

Külmakandja lekkekонтроlli kaugjahutussüsteemis pole tarvis teostada.

Lisas 4 on välja toodud jahutussõlme puudused. Nendeks on, et JAH101 lekib, JAH202 kuivjahuti ei tööta ning pumba P3 võllitihendi vahelt lekib glükool. Nende vigade kõrvaldamine ja esinemine jääb edaspidi ära ning hooldajat pole tarvis, et antud probleeme lahendada.

Lisas 6 on näha, et iga-aastase hoolduse käigus tehti neli korda ja neljal erineval päeval kuivjahutite pesu. Kokku oli kalibreeritud 90 rõhuandurit, jahutussüsteem kontrollitud lekkeotsijaga, JAH101 on kompressoril numbriga C1K1 karterisoojendus katki ning oli puhastatud 16 kuivjahutite elektrikilpide filtrit. Need on puudused, millele kulub omaniku raha ja aega nende kõrvaldamiseks. Samuti ei tule kaugjahutussüsteemi kompressor, millega kaob karterisoojenduse probleem. Sellega on seotud ka kompressoris õlivahetus, tihendite vahetus ja kompressori enda vahetus rikke korral.

Kvartaalse hoolduse käigus, milles teostatud tööd on leitavad lisas 8, on leitud JAH201 lekkeotsijaga nipli vahelt leke. Samuti avastati hoolduse käigus, et JAH112 kuivjahutid ei tööta, kuna puudub elekter. Nipli lekke hilisel avastamisel võib toimuda suur külmakandja leke süsteemis ja olemasolev süsteem kaotab oma töös efektiivsuse.

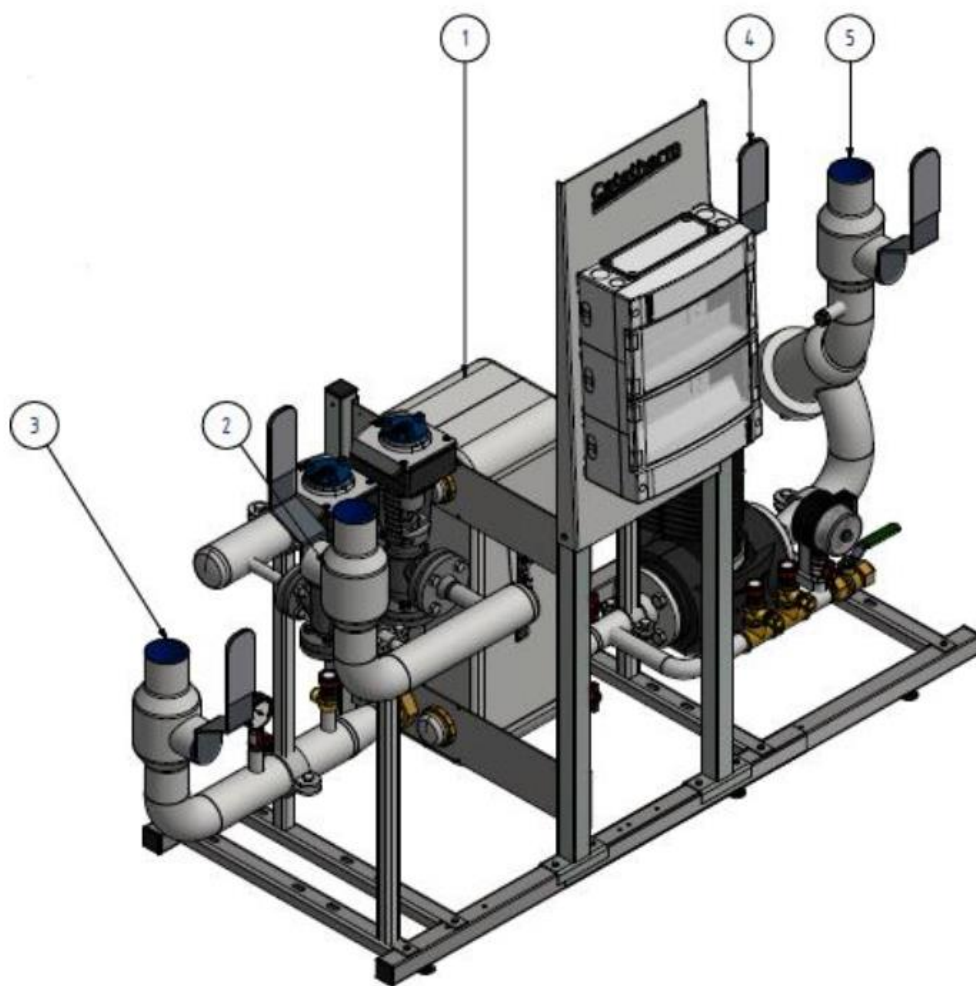
Lisas 10 on välja toodud poolaasta hooldustegevuse käigus tuvastatud puuduseks, et JAH112 kuivjahuti kummikompenaatoritel on pindmised praod. Antud puudus võib tekitada olemasolevas süsteemis suurt müra ja inimestele hoones ebamugavust.

Kaugjahutussüsteemi paigaldamisega kaovad hooldused ja süsteemi defektid nagu kuivjahutite pesu, külmakandja lekke tuvastamine ja kõrvaldamine, jahutussüsteemi lekke kontrollimine lekkeotsijaga, karterisoojenduse hooldus, kuivjahutite elektrikilpide filtrite puhastamine. Samuti pole ohtu, et elektri katkemise tagajärjel kuivjahutid ei käivitu. Kuna kaugjahutussüsteemist kaovad kuivjahutid ja kompressorid, siis sellega väheneb ka ümbritsevas keskkonnas müra.

4.2 Kaugjahutuse tehnilised parameetrid

Lokaaljahutusesõlme asemel tuleb kaugjahutussõlm, mis ühendatakse olemasoleva jahutussüsteemiga (jahutuspalgid ja ventilaatorkonvektorid). Kaugjahutussõlm koosneb mitmest komponendist: soojusvaheti, pump, kaugjahutussõlme automaatika.

Kaugjahutusalaajamana võetakse hoones kasutusele ettevõtte Cetetherm-i mudel 2800 kW. Tegemist on täielikult paindliku ja kompaktsel kaugjahutusalaajaga. Antud mudelit peetakse energiatõhusamaks ja ainulaadsema juhtimissüsteemiga turul. Kõigile kaugjahutusalaajama komponentidele on vajadusel hõlpsasti juurdepääs kontrollimiseks ja edaspidiseks hoolduseks. Peamisteks komponentideks on soojusvaheti, pump, kaugjahutuse sisselaskeava, kaugjahutuse väljalaskeava, võrgujahutus ja jahutustagastus.



*Joonis 1 Kaugjahutusalaajaama ülesehitus. 1. Soojusvaheti; 2. Pump; 3. Kaugjahutuse sisselaskeava; 4. Kaugjahutuse väljalaskeava; 5. Võrgu jahutus; 6. Jahutustagastus.
Joonis: Cetetherm SmartCool Datasheet
<https://www.cetetherm.com/fi/tuotteemme/kaukojaahdytyskeskukset/cetetherm-smart-cooling>*

Soojusvaheti on tehtud kõvajoodisega korrosioonikindlast roostevabast terasest „316“. Pump on paigaldatud tagasivoolu poolel enne soojusvahetit sagedusjuhtimisega või rõhuerinevuse juhtimisega. Ventiilid on nii primaarsest kui ka sekundaarsest küljest keevitatud. Juhtklappidena on kasutusel vastupidavad äärikuga reguleerimisventiilid. Paigaldatase 2-4 ventiili järjest sõltuvalt võimsusest.

Kasutusele võetakse Lõõtsa tänava 8a üks kaugjahutusalaajaam. Juhtimissüsteemid integreeritakse otsese digitaalse juhtimise seadmega andmete lugemiseks ja juhtimiseks. Kommunikatsioon toimub interneti, ModBusi või BacNeti kaudu. Cetethermi kaugjahutusalaajaama kontrolleri peamisteks eelisteks on:

- Kinnisvara omaniku jahutuskulude vähendamine;
- Optimaalsed tagasivoolu temperatuuri võrku;
- Kaugjuhtimisega on võimalik teostada tõrkeotsingut ja seadet opereerida kaugjuhtimisel;
- Kiire ja lihtne paigaldus, kuna kõik seadmed on tehases eelprogrammeeritud ja testitud;
- Lihtne lisada sidemoduleid.

Kaugjahutuslajaama struktuurskeem on välja toodud Lisana 1.

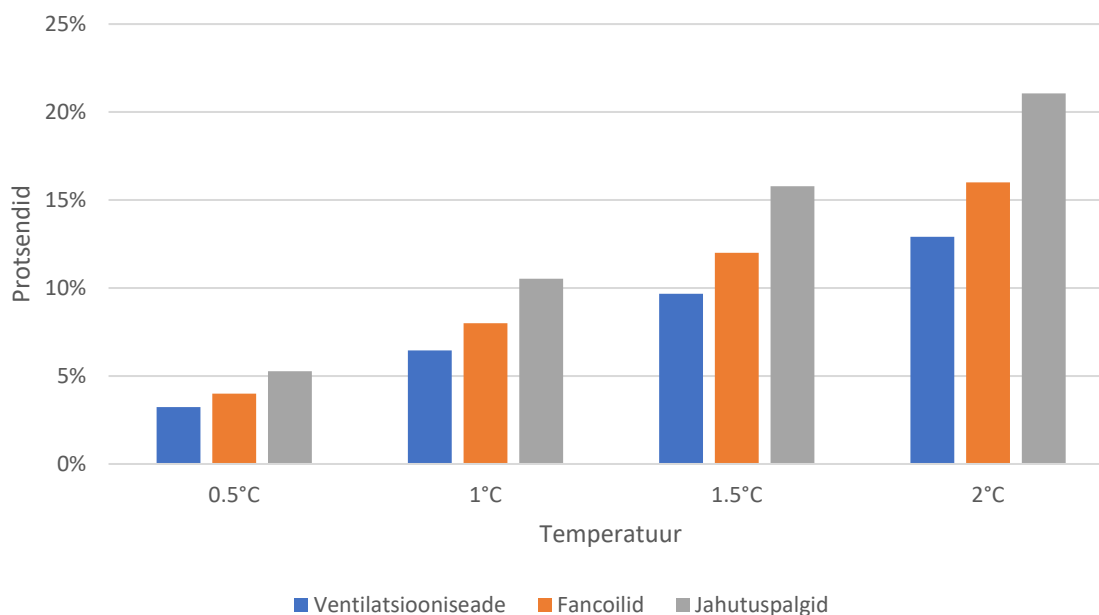
Tabel 5. Kaugjahutuse tehnilised parameetrid

Nr.	Nimetus	Ühik	Suurus
1	Kaugjahutustorustiku arvestuslik tööiga	aastat	min 50(100)
2	Pealevoolu temperatuur	C	7
3	Tagasivoolu temperatuur	C	16
4	Maksimaalne lubatav voolukiirus	m/s	2,5(3)
5	Rõhk survekatsetel	MPa(bar)	1(10)
6	Soovitav paigaldussügavus(kate toruPE-kesta peal)	magistraal- ja jaotustorustikud majaühendused	m
			1 kuni 2 2
7	Hõõrdekihi paksus/liivapadi toru all ja peal	Liivalus toru all Liivalus toru peal	mm
			150 200
8	Soovitav vahe peale- ja tagasivoolutorude vahel	Ø ≤ 225 mm Ø 225 mm kuni Ø 560 mm Ø 630 mm kuni Ø 900 mm > Ø 900 mm	mm
			150 250 300 500
9	Hoiatuslint toru kohale, kõrgus toru pealt mõõdetuna vahemikus	mm	200 kuni 500

Kaugjahutuse tehnilised parameetrid on välja toodud Tabelis 4. Kaugjahutuse arvestuslikuks tööajaks on projekteeritud minimaalselt 50 aastat. Projekteeritud pealevoolu ja tagasivoolu temperatuurideks hoones on 7 °C ja 16 °C. Maksimaalseks lubatud voolukiiruseks on 2,5 m/s. Välisvõrgu survekatse on planeeritud teostada rõhul 1 MPa ehk 10 bar. Soovitav magistraal- ja jaotustorustikele on 1-2 m ja majaühendustel kuni 2 m. Hoiatuslint toru kohal ja kõrgus toru pealt mõõdetuna vahemikus on 200-500 mm.

Uuritavasse hoonesse on kaugjahutussüsteemi ühendamiseks plaanis paigaldada kaks soojusvahetit.

4.3 Temperatuurirežiimide sobivus



Joonis 2. Jahutusvõimsuse sõltuvus külmakandja temperatuuri muutusest

Joonisel 2 on kujutatud jahutusvõimsuse sõltuvus temperatuurist. Antud joonise eesmärgiks on näidata, kuidas on külmakandja temperatuur ja jahutusvõimsus protsentuaalselt kooskõlas. Diagrammilt on näha, et külmakandja temperatuuri tõusuga kukkub protsentuaalselt kõige enam jahutustalade jahutusvõimsus. Kõige enam on jahutusvõimsuse langemist näha just siis, kui külmakandja temperatuur tõuseb 2 °C võrra. Jahutustalade puhul külmakandja temperatuuri tõusmisel 2 °C võrra jahutusvõimsus väheneb 21% võrra. Keskmiselt mõjutab külmakandja temperatuur ventilaatorkonvektorite jahutusvõimsust ning kõige vähem ventilatsiooniseadmete jahutusvõimsust. 0.5 °C külmakandja temperatuuri muutumisel jahutustalade jahutusvõimsus väheneb 6%, ventilaatorkonvektoritel 4% ja ventilatsiooniseadmetel 3%. Kui külmakandja temperatuur tõuseb 1 °C võrra, siis jahutustalade jahutusvõimsus väheneb 11% võrra, ventilaatorkonvektoritel 8% ja ventilatsiooniseadmetel 7%. Külmakandja temperatuuri tõusul 1.5 °C võrra, väheneb jahutustalade jahutusvõimsus 16%, ventilaatorkonvektoritel 14% ja ventilatsiooniseadmetel 9%. Antud diagrammilt võib järeldada, et külmakandja temperatuuri tõusmisel muutuvad jahutusvõimsused koosmõjul külmakandjaga. Mida suuremaks tõuseb külmakandja temperatuur, seda suuremaks muutuvad jahutusvõimsused vähenemise poole. Kõige enam on muutust märgata just jahutustaladel ning kõige vähem muutus protsentuaalselt jahutusvõimsus ventilatsiooniseadmetel.

4.4 Tehnilised piirangud

Lokaalse jahutussüsteemi ümberehitamisel kaugjahutussüsteemile peab peainsener arvestama kaugjahutuse graafiku sobivusega. Utilitas AS edastab insenerile tüüpilised tingimused kaugjahutusele üleminekuks ning insener peab võrdlema olemasoleva süsteemi ja kaugjahutussüsteemi jahutuse graafikud. Peab jälgima, kas hoones olevate ventilaatorkonvektorite, ventilatsiooniagregaatide ja jahutuspatareide jahutusgraafikud on sobivad. Lõõtsa 8a hoones olid probleemid lokaaljahutuselt kaugjahutusele üleminekuga. Probleemaatiliseimateks komponentideks olid ventilatsiooniseadmete jahutuspatareid. Ventilatsiooni jahutuspatareid on temperatuurigraafikuga 6/11 °C. Kaugjahutussüsteemile ülemineku korral on uueks temperatuurigraafikuks 8/14 °C. Seoses temperatuurigraafiku tõusuga väheneb jahutuspatareide võimsus. Selleks, et tagada projektijärgne võimsus on tarvis ventilatsiooniseadmetele lisada lisa jahutuspatareid, mis tekitab kliendile lisakulu.

Temperatuurigraafiku stabiilsel koormusel (>50% koormus) võib temperatuuri kõikumine süsteemis olla $\pm 1,5$ °C. Siirderežiimil (<50% koormus) võib temperatuuri kõikumine süsteemis olla ± 2 °C.

Üheks raskemaiks tingimuseks on see, et liituja peab tagama kahel perioodil tagastuva vee temperatuuri järgnevalt:

- Perioodil 01. november kuni 1. märts $\geq 13^{\circ}\text{C}$;
- Perioodil 2. märts kuni 31. oktoober $\geq 15^{\circ}\text{C}$.

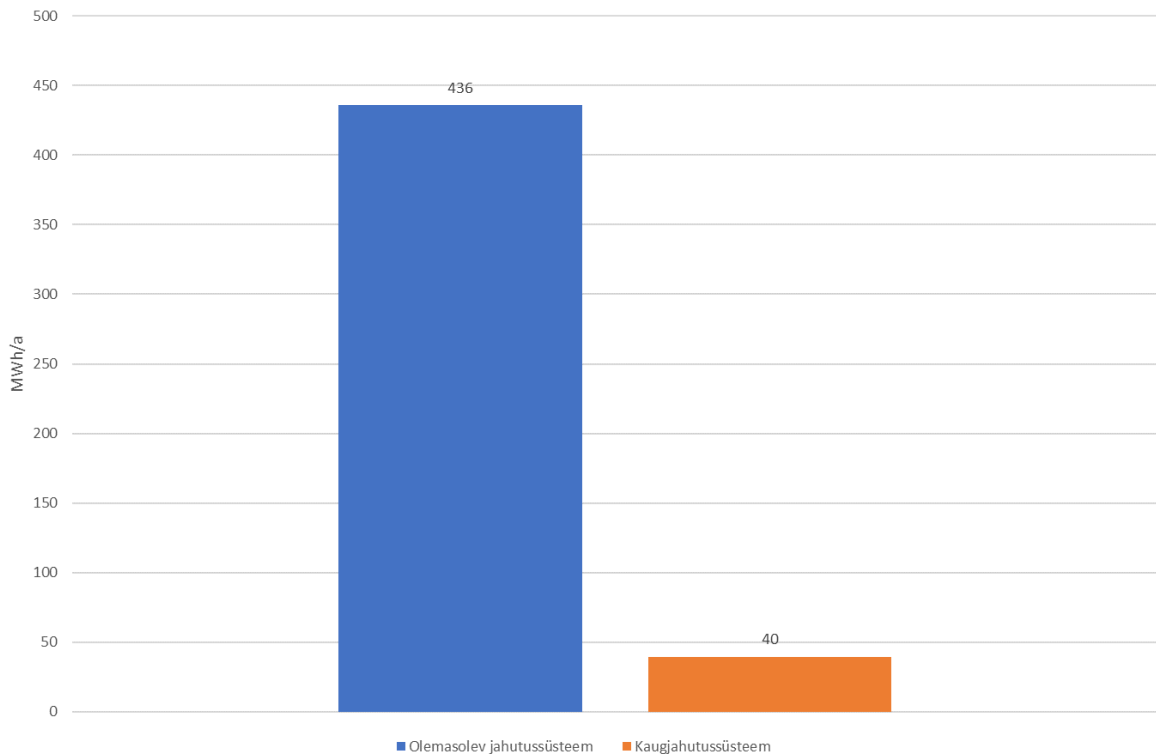
Antud tingimuse tagamine on väga oluline, sest kaugjahutussõlme projekteeritakse kaks soojusvahetit. Kuna sügisesel ja talvisel perioodil hoone jahutusvajadus langeb alla 10%, on kaks plaatsoojusvahetit selleks, et tagada madalatel koormustel stabiilne töö.

Oluliseks aspektiks on jahutussõlme asukoht. Kui näiteks jahutussõlm hakkab asuma 10. korrusel, on vaja arvestada lisapumpade paigaldamisega süsteemi töö tagamiseks, mis on aga omakorda lisakulu kliendile.

Lokaaljahutuselt kaugjahutusele ülemineku korral ei pea arvestama torustiku jämedusega, hoonesse jäävad olemasolevad torud ning neile vahetust ei teostata.

4.5 Tasuvusarvutuse analüüsi tulemus

4.5.1 Elektrienergia tarbimine



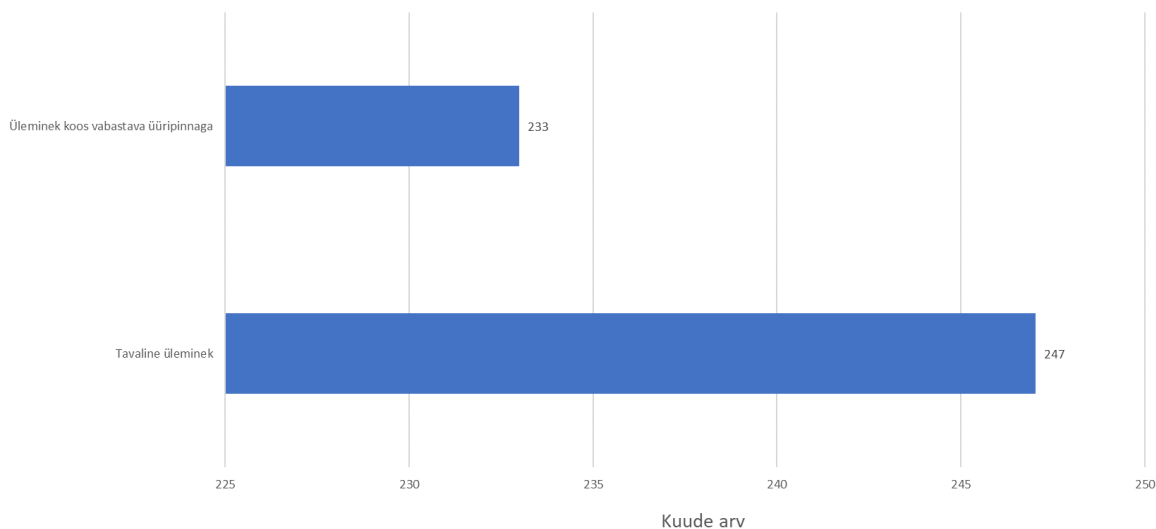
Joonis 3. Olemasoleva jahutussüsteemi ja kaugjahutussüsteemi ligikaudne keskmine elektrienergia tarbimine aastas

Joonisel 3 on kujutatud olemasoleva jahutussüsteemi ja kaugjahutussüsteemi ligikaudne keskmine energiatarbimine aastas. Saadud tulemustes on näha, et olemasoleva jahutussüsteemi ligikaudne keskmine elektrienergia tarbimine aastas on 436 MWh. Kaugjahutussüsteemil aga 40 MWh aastas. Keskmine elektrienergia tarbimise erinevus aastas on ligikaudu üksteist korda suurem olemasoleval jahutussüsteemi. Võib järeldada, et ligikaudse keskmise elektrienergia tarbimise järgi on otstarbekam kaugjahutussüsteem. Peab arvestama kaugjahutuse hinna liitmisega.

4.5.2 Lihttasuvusarvutus

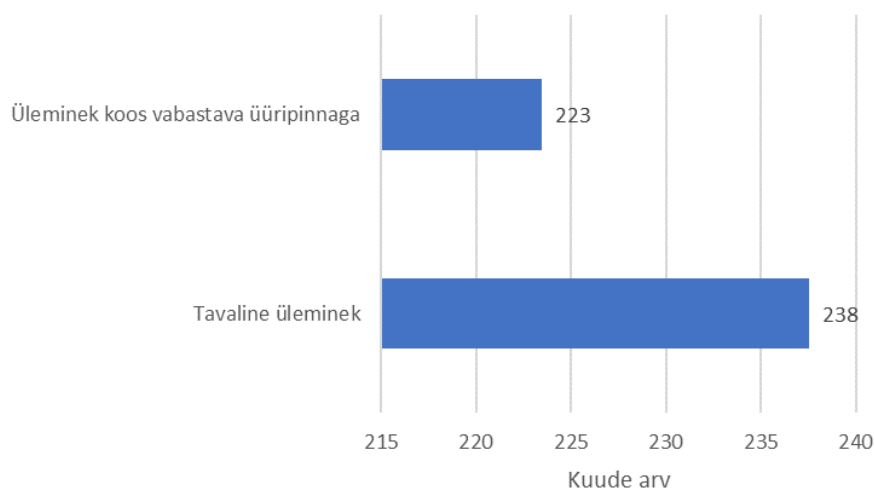
Lihttasuvusarvutuses olid teostatud arvutused, mis näitavad, missuguse ajaperioodi jooksul lokaaljahutussüsteemilt üleminek kaugjahutussüsteemile tasub end ära. Eesmärgiks on välja selgitada kuude arv, millal ülemineku tasuvus tasub hoone omanikule ära ning millal algab periood, kui kaugjahutus hakkab hoone omanikule raha säästma.

Lihtarvutuses vaadeldakse kahte graafikut. Esimeses graafikus on tingimuseks SEER väärtusega 3.0. Teises graafikus on tingimuseks SEER väärtusega 2.0.



Joonis 4. Lihtsuvusaja periood üleminekul koos vabastava üüripinnaga üürile andmiseks ja tavalisel üleminekul SEER väärtusega 3.0

Joonisel 4 on kujutatud lihtsuvusaja periood üleminekul koos vabastava üüripinnaga ja tavaline üleminek, mille tingimuseks oli SEER väärtusega 3.0. Esimesena vaadeldi lihtsuvuse üleminekut koos vabastava üüripinnaga. Tulemuseks saadi antud analüüsi ja arvutuse tulemusena 233 kuud ehk 19 aastat ja 4 kuud. Teisena vaadeldi lihtsuvusaeg tavalisel üleminekul. Arvutuste tulemusena saadi 247 kuud ehk 20 aastat ja 6 kuud. Antud lihtsuvusearvutuses võib järeldada, et kiiremini tasub end üleminek koos vabastava üüripinnaga, mida saaks üürile anda.



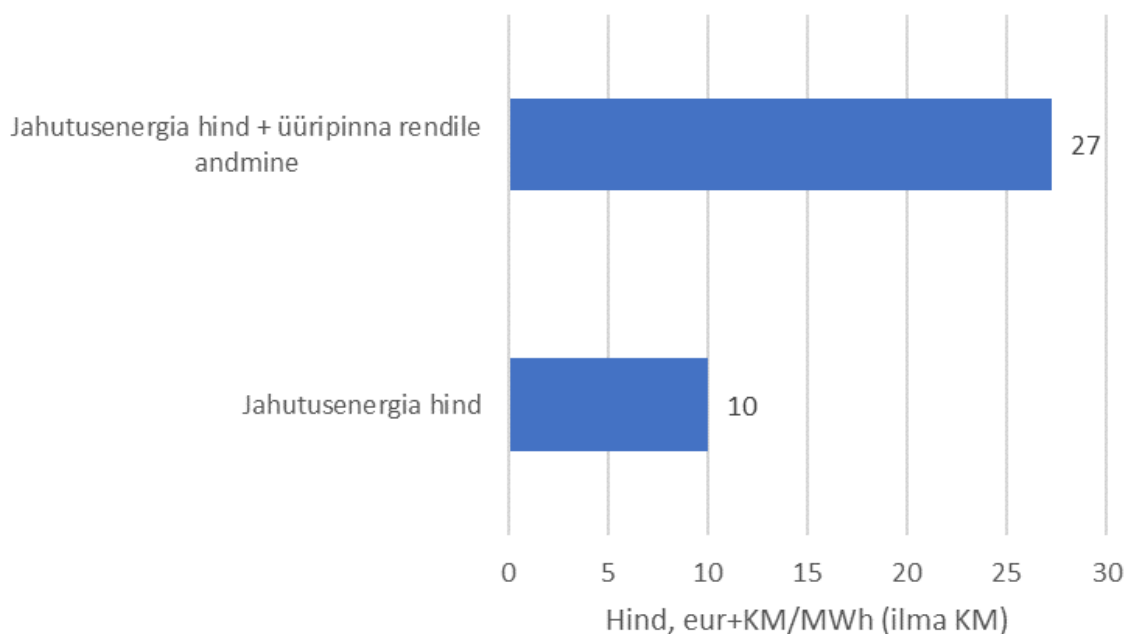
Joonis 5. Lihtsuvusaja periood üleminekul koos vabastava üüripinnaga üürileandmiseks ja tavalisel üleminekul SEER väärtusega 2.0

Joonisel 5 on kujutatud lihttasuvusaja periood üleminekul koos vabastava üüripinnaga üürile andmiseks ja tavaline üleminek, mille tingimuseks oli SEER väärtusega 2.0. Lihttasuvusaja üleminek koos vabastava üüripinnaga saadi analüüsi tulemusena 223 kuud ehk 18 aastat ja 5 kuud. Lihttasuvusaeg tavalisel üleminekul saadi analüüsi tulemusena 238 kuud ehk 19 aastat ja 8 kuud. Võrdlusena ning arvutuse tulemusena võib teha järelduse, et tasuvusaeg on kiirem üleminekul koos vabastava üüripinnaga.

Kahe graafiku saadud tulemustest võib järeldada, et nii SEER väärtusega 2.0 kui ka väärtusega 3.0 on lihttasuvusaeg väiksem üleminekul koos vabastava üüripinnaga. Kiiremini tasub end ära üleminek koos vabastava üüripinnaga SEER väärtusel 2.0. Võrreldes SEER 3.0-ga on vaheks 10 kuud.

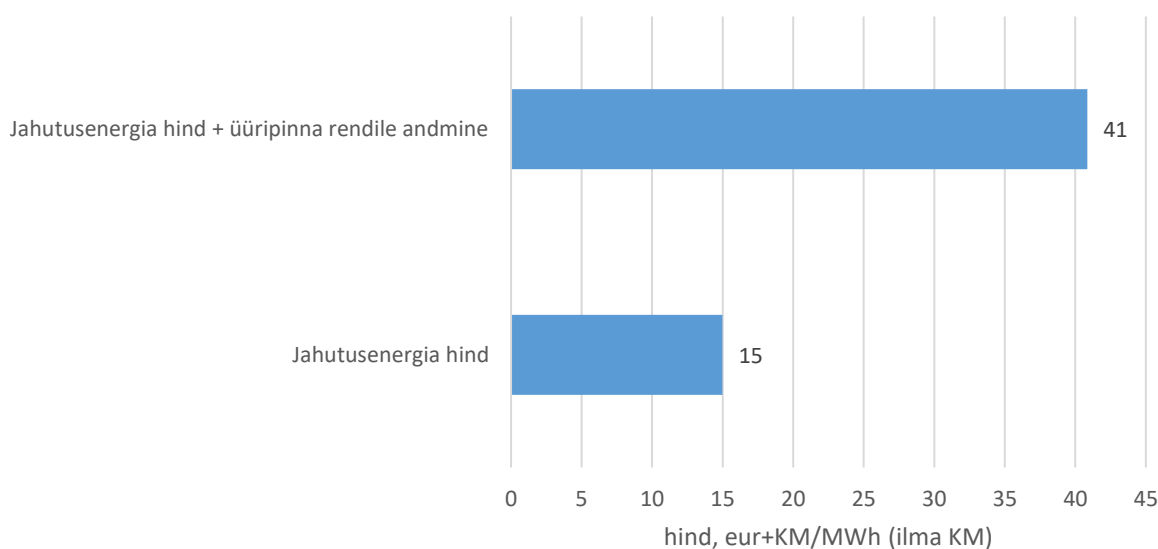
4.5.3 Tasuvuarvutus viieteistkümneks aastaks

Antud tasuvusarvutuse eesmärgiks on leida jahutusenergia hind, mille juures lokaalsüsteemilt üleminek kaugjahutusele tasub end ära viieteistkümne aastaga. Allolevatel joonistel on välja toodud jahutusenergia hind ja jahutusenergia.



Joonis 6. Jahutusenergia hind koos üüripinna rendile andmisega ja jahutusenergia hind viieteistkümne aastase tasuvusega SEER väärtusega 3.0

Joonisel 6 on kujutatud jahutusenergia hinnad. Esimesel juhul on kujutatud jahutusenergia ja lisaks üüripinna rendile andmise hind, teisel juhul aga jahutusenergia hind. Antud graafiku eesmärgiks on näidata, mis peaksid olema jahutusenergiate hinnad, et lokaaljahutussüsteemilt kaugjahutussüsteemile üleminekul tasuks see end ära 15 aasta jooksul. Arvutuste tulemusena leiti, et jahutusenergia hind peaks olema 10 eur/MWh. Jahutusenergia hind üüripinna rendile andmisega aga 27 eur/MWh. Leitud hinnad ei sisalda käibemaksu.

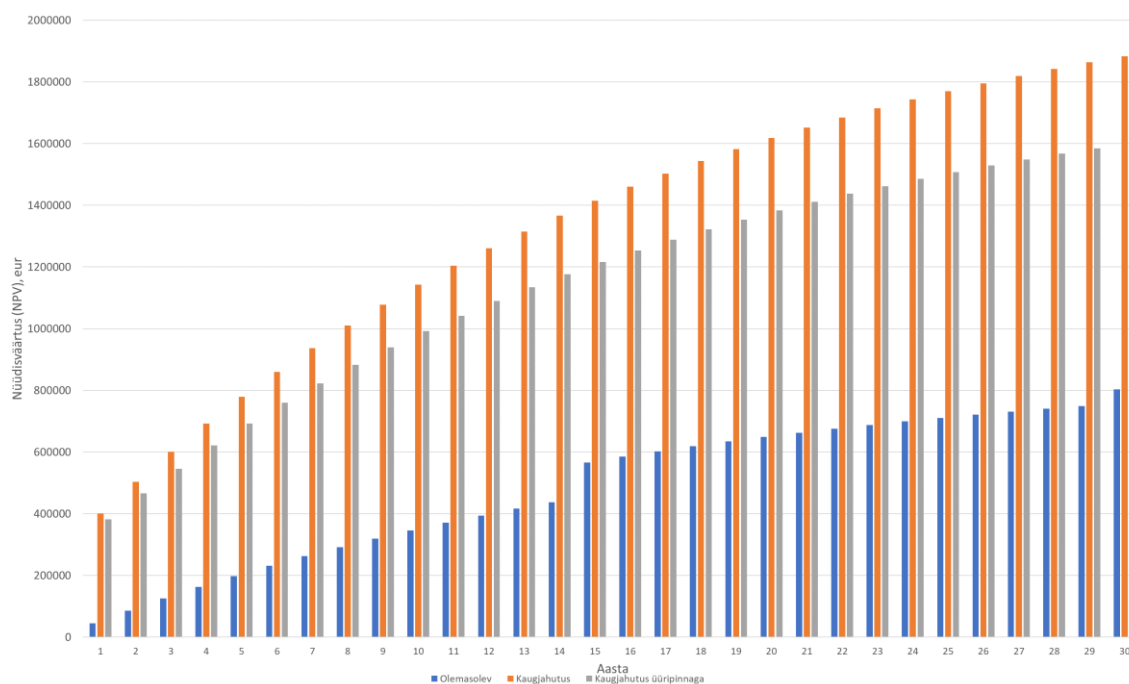


Joonis 7. Jahutusenergia hind koos üüripinna rendile andmisega ja jahutusenergia hind viieteistkümneaastase tasuvusega SEER väärtusega 2.0

Jahutusenergia hind koos üüripinna rendile andmisega ja jahutusenergia hind viieteistkümneaastase tasuvusega, SEER väärtusega 2.0, on kujutatud Joonisel 7. Antud graafiku eesmärgiks on näidata, mis peaksid olema jahutusenergiate hinnad, et lokaaljahutussüsteemilt kaugjahutussüsteemile üleminekul tasuks see end ära 15 aasta jooksul. Arvutuste tulemusena saadi, et jahutusenergia hind võiks olla 15 eur/MWh. Jahutusenergia hind üüripinna rendile andmisega aga 41 eur/MWh. Leitud hinnad ei sisalda käibemaksu.

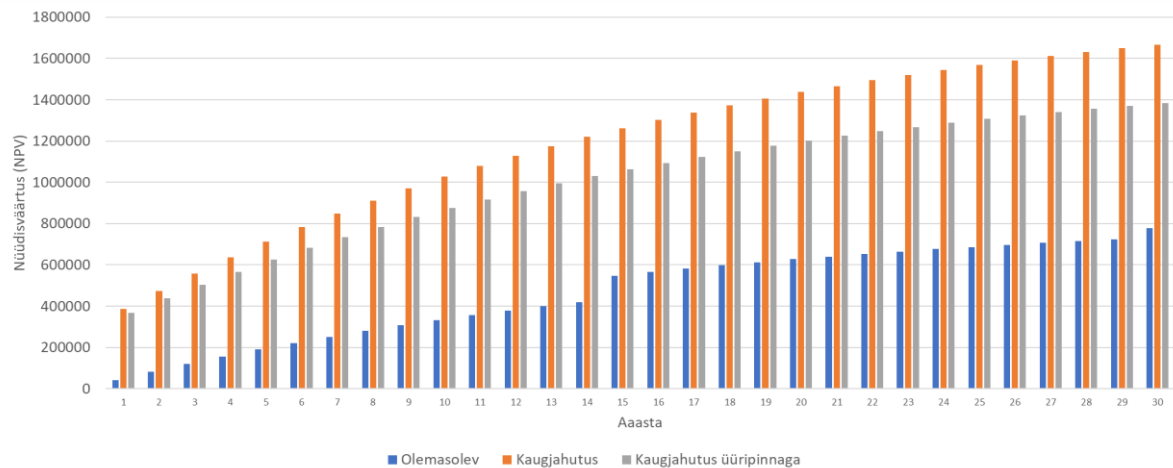
Jooniste 6 ja 7 põhjal võib järeldada, et kõrgem jahutusenergia hind tuleb üüripinna rendile andmisega, kuna hoone omanik saab kasutada vabastavat pindala. Suurem summa on leitud SEER väärtusega 2.0.

4.5.4 Nüüdispuhasväärtuse arvutus



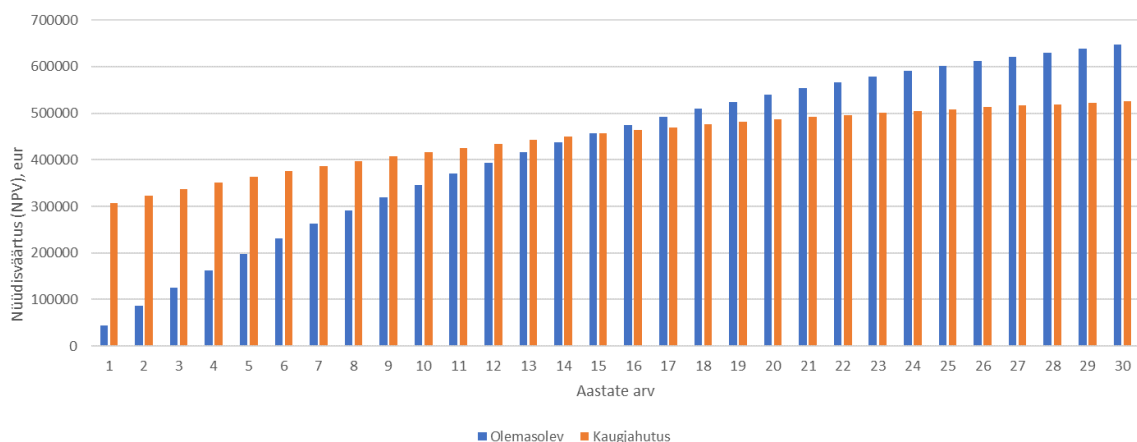
Joonis 8. Mil määral olemasolev/kaugjahutus/kaugjahutus üüripinnaga süsteemi nüüdisväärtusega suurenevad või vähenevad SEER arvutusel väärtusega 3.0

Joonisel 8 on kujutatud külmajaama, kaugjahutusele ülemineku ja kaugjahutusele ülemineku üüripinnaga arvestamisel süsteemide nüüdisväärtusega 30 aasta lõikes, kui SEER väärtus on 3.0. Tuulutusemäär on arvestatud 6%. Antud graafikul on näha, et iga aastaga suurenevad kõikide süsteemide maksumused. Kõige enam kasvab kaugjahutusesüsteemi nüüdisväärtus, mis 30-ndal aastal on 1 883 314.46 €. Kõige vähem kõigist süsteemidest kasvab olemasoleva süsteemi nüüdisväärtus. 30-ndaks aastaks on selle hind 802678.58 €. Kahe süsteemi nüüdisväärtuse vahe on kahekordne. Olemasoleva süsteemi ja kaugjahutusesüsteemi nüüdisväärtuse vahele jääb kaugjahutuse nüüdisväärtus üüripindadega arvestades. 30-ndal aastal on 1 601 190.47 €.



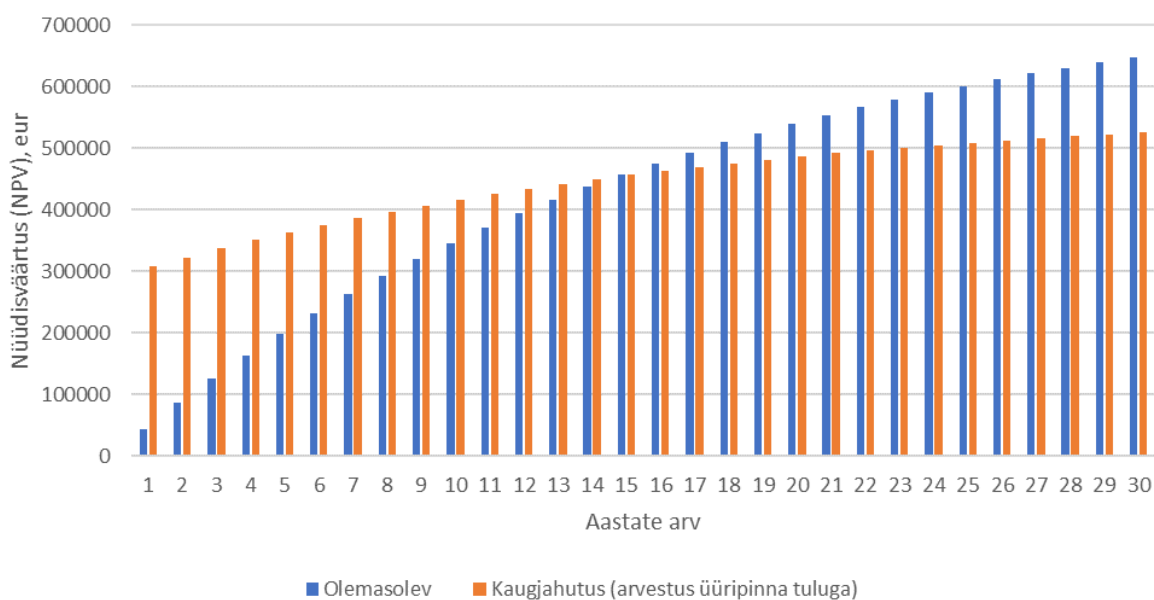
Joonis 9. Mil määral olemasolev/kaugjahutus/kaugjahutus üüripinnaga süsteemi nüüdisväärtuse suurenevad või vähenevad SEER arvutusel väärtusega 2.0

Külmajaama, kaugjahutusele ülemineku ja kaugjahutusele ülemineku süsteemi nüüdisväärtuse suurenemine või vähenemine SEER arvutusel väärtusega 2.0 on kujutatud Joonisel 9. Tuulutusemäär on arvestatud 6%. Kokku vaadeldi perioodi 30 aastat. Graafikult on näha, et arvutusel SEER 2.0-ga on kõige suurem maksumusega kaugjahutuse süsteem summaga 30-ndaks aastaks 1 666 259.22 €. Teisel kohal nüüdisväärtus poolelt on kaugjahutus üüripinna arvestusega, mille summa 30-ndal aastal on 1 384 135.24 €. Kõige väiksema 30-ndaks aastaks on olemasoleva süsteemi nüüdisväärtus 776 625.22 €. Siit võib järeldada, et olemasolev süsteem on kaks korda odavam, kui kaugjahutuse süsteem, kui SEER väärtus on 2.0. Samuti on graafikult näha, et olemasoleva süsteemi ja kaugjahutussüsteemi nüüdisväärtuse erinevus 30-aasta jooksul on pea kahekordne.



Joonis 10. Olemasoleva ja kaugjahutuse süsteemi nüüdisväärtus aastate arvu kaupa, et kaugjahutussüsteem tasuks end ära viieteistkümne aastaga tingimusel, et SEER väärtus on 3.0

Joonisel 10 on kujutatud kaugjahutuse ja olemasoleva süsteemi nüüdisväärtus aastate kaupa, et kaugjahutussüsteem tasuks end ära viieteistkümne aastaga tingimusel, et SEER väärtus on 3.0. Tuulutusemääraks on arvestatud 6%. Kaugjahutuse võimsustasu aluseks oli võetud 0 € ja jahutusenergia hinnaks 9.27 €/KM/MWh. Vaadeldud oli kokku 15 aastat, kuid graafikul on kujutatud 30 aastat selleks, et näidata võrdlusena, kuidas aastatega tõuseb ka süsteemi nüüdisväärtuse hind. Kaugjahutuse süsteemi puhul on näha, et esimesel aastal on tasuvuse nüüdisväärtuseks ligikaudselt 307 709 €, kuid 15-ndal aastal on süsteemi nüüdisväärtus 456 825 €. Olemasoleva süsteemi puhul on esimese aasta hinnaks 44 373 € ning 15-ndal aastal 456 825 €. Kui esimesel aastal on kahe süsteemi hinna erinevus pea kümne kordne, siis viieteistkümnendal aastal on süsteemide hinnad viieteistkümne aastase tasuvusega võrdsed.

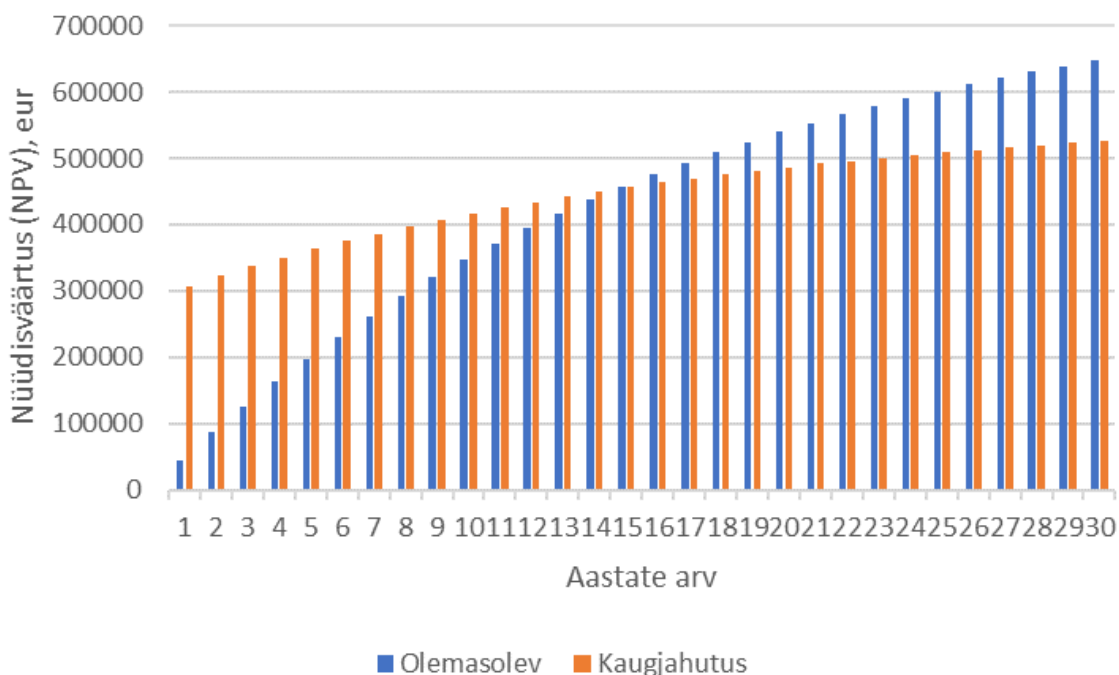


Joonis 11. Olemasoleva ja kaugjahutuse (arvestus üüripinna tuluga) süsteemi nüüdisväärtus aastate arvu kaupa, et kaugjahutussüsteem tasuks end ära viieteistkümne aastaga tingimusel, et SEER väärtus on 3.0

Olemasoleva ja kaugjahutusele ülemineku üüripinnaga arvestamisel saadava tuluga süsteemi nüüdisväärtuse aastate arvu kaupa, et kaugjahutussüsteem tasuks end ära viieteistkümne aastaga tingimusel, et SEER väärtus on 3.0 on kujutatud joonisel 11. Tuulutusemääraks on arvestatud 6%. Kaugjahutuse võimsustasu aluseks oli võetud 0 € ja jahutusenergia hinnaks 26.5 €/KM/MWh. Esimesele aastal oli omajahutuse süsteemi tasuvuse maksumus 44 373 € ja viieteistkümnendal aastal 456 825 €. Olemasoleva süsteemi puhul on esimese aasta hinnaks 44 373 € ning 15-ndal aastal 456 825 €. Kui esimesel aastal on kahe süsteemi hinna erinevus pea kümnekordne, siis

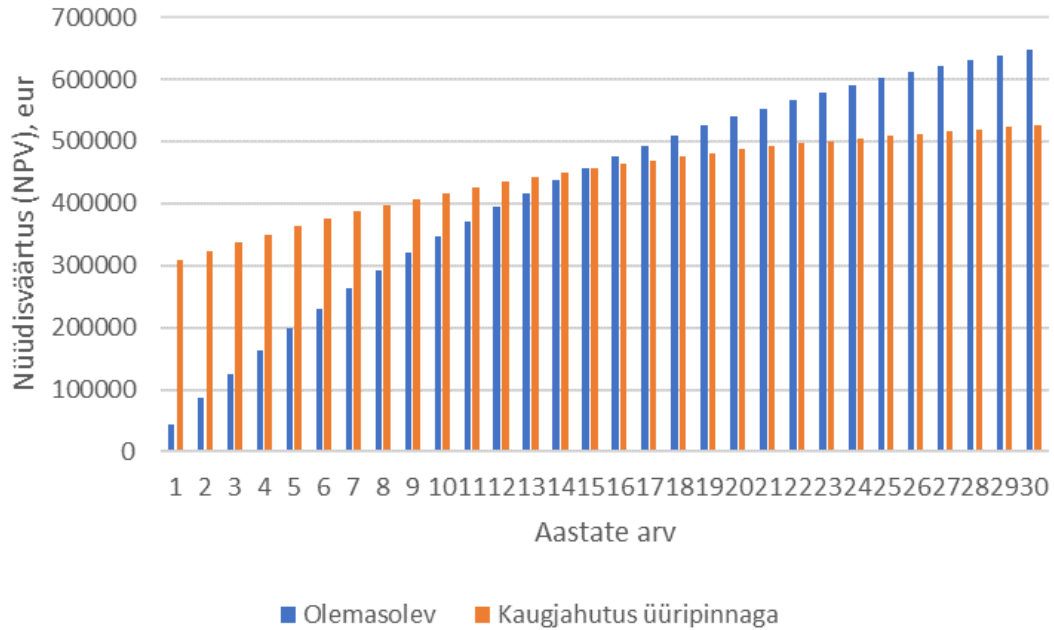
viieteistkümnendal aastal on süsteemide hinnad viieteistkümneme aastase tasuvusega võrdsed.

Joonise 10 ja 11 eesmärgiks oli näidata, missugune peaks olema jahutusenergia hind, et kaugjahutus tasuks end ära viieteistkümneme aasta jooksul.



Joonis 12. Olemasoleva ja kaugjahutuse süsteemi nüüdisväärtus aastate arvu kaupa, et kaugjahutussüsteem tasuks end ära viieteistkümneme aastaga tingimusel, et SEER väärtus on 2.0

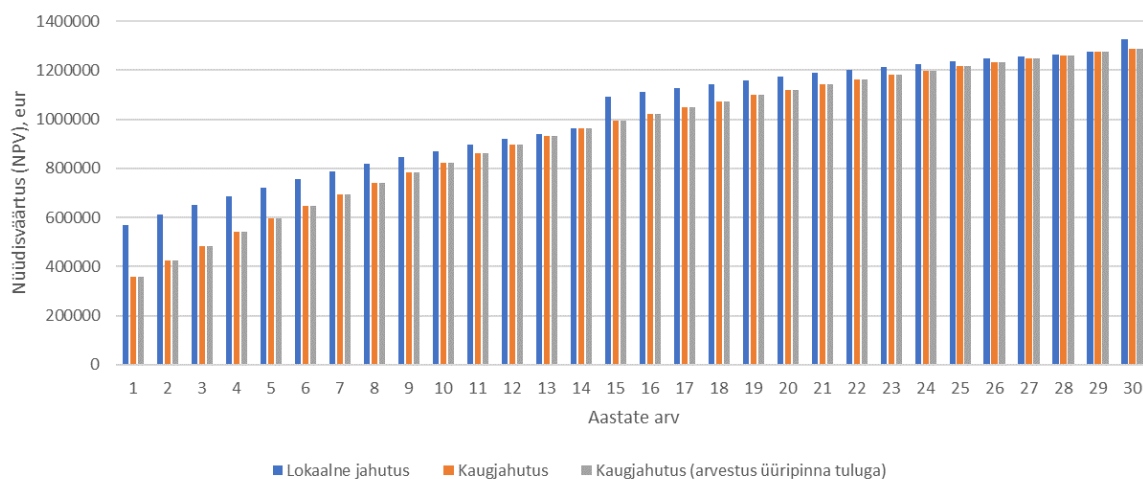
Joonisel 12 on kujutatud kaugjahutuse ja olemasoleva süsteemi maksumuse hind aastate arvu kaupa, et kaugjahutussüsteem tasuks end ära viieteistkümneme aastaga tingimusel, et SEER väärtus on 2.0. Tuulutusemääraks on arvestatud 6%. Kaugjahutuse võimsustasu aluseks oli võetud 0 € ja jahutusenergia hinnaks 16.29 €/KM/MWh. Vaadeldud oli kokku 15 aastat, kuid graafikul on kujutatud 30. aastat selleks, et näidata võrdlusena, kuidas aastate arvuga tõuseb ka süsteemi maksumuse hind. Kaugjahutuse süsteemi puhul on näha, et esimesele aastal on tasuvuse maksumuseks ligikaudselt 307 709 €, kuid 15-ndal aastal on süsteemi maksumuseks 456 825 €. Olemasoleva süsteemi puhul on esimese aasta hinnaks 44 373 € ning 15-ndal aastal 456 825 €. Kui esimesel aastal on kahe süsteemi hinna erinevus pea kümnekordne, siis viieteistkümnendal aastal on süsteemide hinnad viieteistkümneme aastase tasuvusega võrdsed.



Joonis 13. Olemaoleva ja kaugjahutuse (arvestus üüripinna tuluga) süsteemi nüüdisväärtus aastate arvu kaupa, et kaugjahutussüsteem tasuks end ära viieteistkümne aastaga tingimusel, et SEER väärtus on 2.0

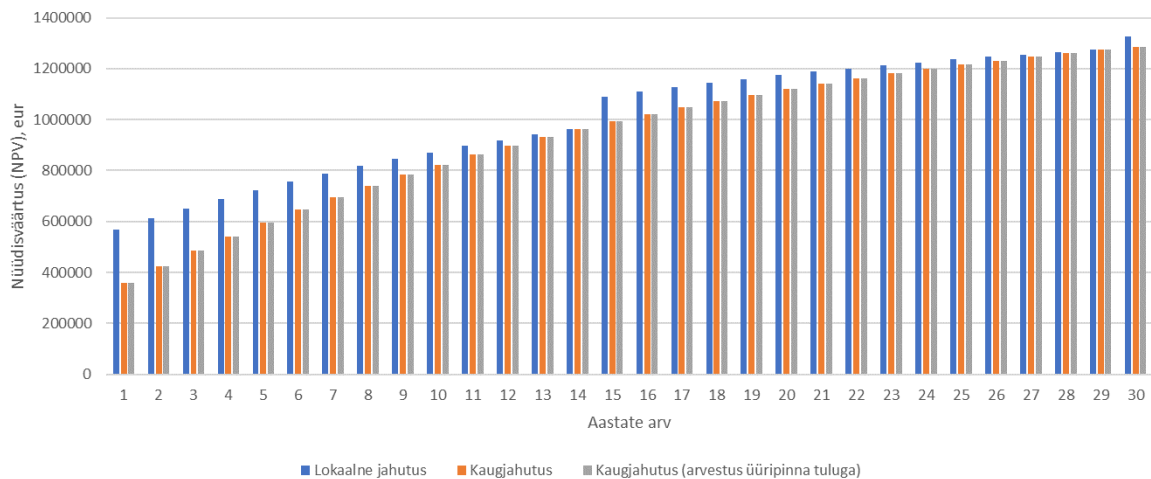
Olemaoleva ja kaugjahutusele ülemineku üürpinnalt saadava tuluga süsteemi nüüdisväärtus aastate arvu kaupa, et kaugjahutussüsteem tasuks end ära viieteistkümne aastaga tingimusel, et SEER väärtus on 2.0 on kujutatud Joonisel 13. Tuulutusemääraks on arvestatud 6%. Kaugjahutuse võimsustasu aluseks oli võetud 0 € ja jahutusenergia hinnaks 42.14 €/KM/MWh. Esimesele aastal oli omajahutuse süsteemi tasuvuse maksumus 44 373 € ja viieteistkümnendal aastal 456 825 €. Olemaoleva süsteemi puhul on esimese aasta hinnaks 44 373 € ning 15-ndal aastal 456 825 €. Kui esimesel aastal on kahe süsteemi hinna erinevus pea kümnekordne, siis viieteistkümnendal aastal on süsteemide hinnad viieteistkümne aastase tasuvusega võrdsed.

Järeldusena võib teha, et SEER väärtusel 2.0 on nii jahutusenergia kui ka jahutusenergia hind üüripinna arvestusega on kõrgem kui SEER väärtusel 3.0.



Joonis 14. Uue süsteemi maksumus tasuvuse võrdlus tingimusel, et SEER väärtus on 3.0

Joonisel 14 on kujutatud uues süsteemi nüüdisväärtus tasuvuse võrdlus tingimusel, et SEER väärtus on 3.0. Selle graafiku eesmärgiks on näidata, missugune hind oleks lokaalsele jahutusele, kaugjahutusele ja kaugjahutusele arvestatava üüripinna tuluga uue hoone süsteemide ehitusele. Antud analüüsi on puhul arvestatud sellega, et üks kord viieteistkümne aasta jooksul tekib probleem kompressoritega ja selle tõttu toimub vahetus. Antud tingimuse summaks on võetud 265 000 €. Tuulutusemääraks on arvestatud 6%. Kaugjahutuse võimsustasu aluseks oli võetud 0 €, jahutusenergia hinnaks 55.73 €/KM/MWh ja jahutusenergia hind üüripindade arvestusega 72.96 €/KM/MWh. Graafikult on näha, et neljateistkümnendal aastal on nii lokaalne jahutus, kaugjahutus ja kaugjahutuse arvestus üüripinna tuluga on maksumus võrdne. Alates viieteistkümnendast aastast lokaalse jahutuse maksumus tõuseb ning saab võrdseks kaugjahutuse ja kaugjahutuse üüripinna tulu arvestusega alles 29-ndal aastal. Kaugjahutus ja kaugjahutus üüripinna tuluga arvestusel püsivad kõikide aastate peale stabiilselt paralleelsetena.



Joonis 15. Uue süsteemi maksumus tasuvuse võrdlus tingimusel, et SEER väärtus on 2.0

Joonisel 15 on kujutatud uues süsteemi nüüdisväärtuse tasuvuse võrdlus tingimusel, et SEER väärtus on 2.0. Selle graafiku eesmärgiks on näidata, missugune hind oleks lokaalse jahutuse, kaugjahutusele ülemineku ja kaugjahutusele ülemineku arvestatava üüripinna tuluga uue hoone süsteemide ehitusele. Antud analüüsi on puhul arvestatud sellega, et üks kord viieteistkümne aasta jooksul tekib probleem kompressoritega ja selle tõttu toimub vahetus. Antud tingimuse summaks on võetud 265 000 €. Tuulutusemääraks on arvestatud 6%. Kaugjahutuse võimsustasu aluseks oli võetud 0 €, jahutusenergia hinnaks 85.98 €/KM/MWh ja jahutusenergia hind üüripindade arvestusega 111.83 €/KM/MWh. Graafikult on näha, et neljateistkümnenadal aastal on nii lokaalne jahutus, kaugjahutus ja kaugjahutuse arvestus üüripinna tuluga on maksumus võrdne. Alates viieteistkümnenadast aastast lokaalse jahutuse nüüdisväärtus tõuseb ning saab võrdseks kaugjahutuse ja kaugjahutuse üüripinna tulu arvestusega alles 29-ndal aastal. Kaugjahutus ja kaugjahutus üüripinna tuluga arvestusel püsivad kõikide aastate peale stabiilselt paralleelsetena.

Järeldusena võib teha, et SEER väärtusel 2.0 on jahutusenergia hind kõrgem kui SEER väärtusel 3.0.

Nüüdisarvutuse käigus oli vaadeldud vabanevaid tehnoorumide pindasid, mis oli autori poolt kohapeal mõõdetud. Vabanevate hoone siseste pindade kujunenud pindalaks on 122 m². Samuti oli autori poolt mõõdetud katusel vabanev pindala, mille tulemuseks oli saadud 680.02 m².

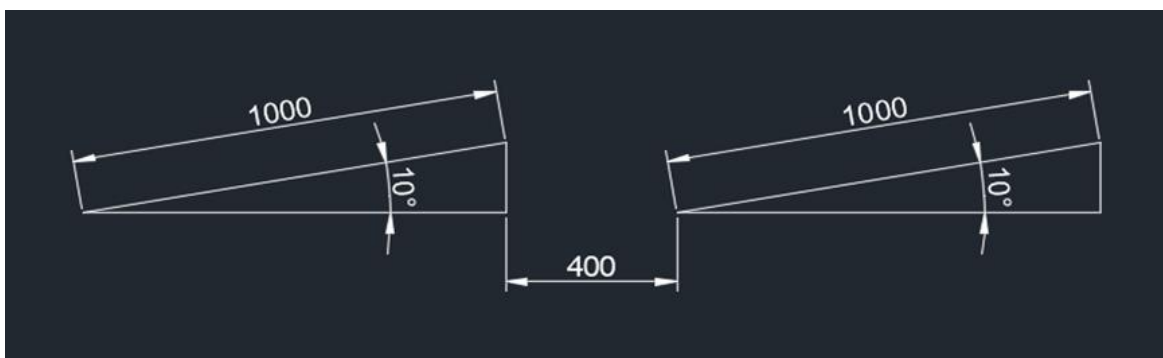
Vabaneva üüripinna tulu arvutamise eesmärgiks on näidata, kui palju saab hoone omanik teenida lisaks vabanevate pindade pealt üüritulu, kus asuvad olemasoleva jahutussüsteemi tehnoruumid. Arvesse oli võetud Ülemiste City ligikaudne keskmine ühe ruutmeetri üüritasu hind (14 €+KM). Tasuvusarvutusele peaks mõjuma see positiivselt, kuna tasuvusaeg antud tingimust arvestades peaks vähenema. Antud arvutusel on muutujateks vabanev pind (m²) ja ligikaudne üüripinna keskmine maksumus (€+KM). 12 on konstantne väärtus, mis kujutab endas 12 kuud. Summa on leitud valemiga 11.

Kui arvestada, et Ülemiste City ligikaudne keskmine ühe ruutmeetri üüritasu hind on 14 €+KM ja vabanev pindala tehnoruumide alt, milleks on 122 m², siis saab aastas tulu keskmiselt ligikaudu 20 496 €+KM.

4.6 Ettepanekud vabaneva pinna kasutuse võimalused

Lokaaljahutussüsteemilt üleminekul kaugjahutussüsteemile vabanevad nii mõnedki pinnad nii hoone siseselt kui ka väliselt. Üheks võimaluseks on vabanevat pinda ära kasutada otstarbekalt ning panna see maja kasuks tööle, selleks võimaluseks on näiteks päikesepaneelid.

Lõõtsa 8a katusele jahutussüsteemide eemaldamisega tekib katusele vaba pinda 680.02 m². Ühe võimalusena on sinna paigaldada päikesepaneelid mõõtudega 1.64x1 m ja võimsusega 300 W (1 päikesepaneel).



Joonis 16. Päikesepaneeli paigalduse viis mõõtmetega

Selleks, et tekiks vari tuleb ette näha päikesepaneelide ridade vahele ca 400 mm. Ehk 1m² päikesepaneeli paigalduseks on vaja 1.4 m² katuse pindala.

Antud tingimuste täitmisel võib katusele mahtuda 267 päikesepaneeli pindalaga 437.16 m². Kui katusele mahutada 267 päikesepaneeli, siis on nende summaarseks võimsuseks

80 kW. Orientatsiooniga lõunakaare suhtes ja kaldenurgaga 10° toodavad päikesepaneelid 62 MWh aastas.

Kaugjahutuse puhul päikesepaneelide puuduseks on, et omatarbe osakaal langeb, kuna suvel on päikesepaneelide toodang kõige suurem. Kuna hoonest kaovad elektrit tarbivad külmajaamad, siis enamus toodetud võimsusest tuleb müüa tagasi elektrivõrku, mille hind on oluliselt odavam kui elektri ostuhind.

Hoone siseselt võib vabanevat pinda anda klientidele rendile. Jahutuse tehnoruumi vabanevaks pinnaks on 122 m^2 . Arvutatud valemiga (11). Ülemiste Citys on üürile antavate pindade keskmine hind $14 \text{ €/m}^2 + \text{KM}$. Vabaneva pinna üürile andmisega saab hoone omanik teenida lisatulu. Teiseks variandiks on vabanevat hoonesisest pinda kasutada näiteks panipaigana või leida hoone omanikule endale sobiv variant.

KOKKUVÕTE

Antud lõputöö raames uuris autor lokaalse jahutussüsteemi üleviimine kaugjahutusele hoone Lõõtsa tänav 8a näitel. Hoone on 10. korruselise köetava pinnaga 25 223 m², mis rajati aastal 2013. Hoone asub nii nimetatud Ülemiste City linnakus, kuhu kavandatakse lähiajal rajada kaugjahutuse võrgus, mis hakkavad kuuluma Utilitase valdusesse.

Lõputöö raames oli analüüsitud ja tõestatud kaugjahutussüsteemile ülemineku eelised ja puudused. Üheks eeliseks on hooldusjavaduse ja tasu vähenemine, kuna olemasolevas süsteemi osad jahutuse komponendid kaovad. Nendeks on kuivjahutid, kondensaatorid, külmajaamad, akumulatsioonipaagid. Teiseks eeliseks töö käigus leiti, et kaugjahutussüsteemi tarbitav elektrienergia väheneb 11 korda. Elektritaribmise vähendamisega kaasneb aga jahutusenergia tarbimise kulu kaugjahutuse võrgust. Selle põhjustab suurimate jahutussüsteemide komponentide kadumine kaugjahutusele üleminekul. Nendeks komponentideks on kompressorid ja kuivjahutid. Üleminekul kaugjahutusele vabaneb hoone sisene pindala 122 m², mis toob Ülemiste City ligikaudse keskmine ühe ruutmeetri üüritasu hinnaga (14 €+KM) aastas tulu keskmiselt ligikaudu 20 496 €+KM.

Lisaks uuriti, kuidas jahutussüsteemi temperatuurigraafiku muutmine võib mõjutada ventilatsioonijahutuse, ventilaatorikonvektorite ja jahutustalade süsteemile. Analüüsis selgus, et 2° C tõstmisel jahutustalade süsteemi võimsus väheneb 21%.

Tasuvusarvutus oli teostatud kahel erineval variandil. Esimeseks variandiks oli olemasoleva süsteemi üleminekul kaugjahutusele. Teiseks variandiks oli uue süsteemi väljaehitamise võrdlus kaugjahutuse ja kompressori külmajaama vahel.

Olemasoleva süsteemi üleminekul kaugjahutusele ennustuslike hindadega SEER väärtusel 3.0 ja 2.0 ei tasu end ära. Selleks, et tasumine toimuks ära viieteistkümne aasta jooksul SEER väärtusel 3.0 peab jahutusenergia hind olema 9.27 €+KM/MWh ja võimsustasu 0 €. SEER väärtusel 2.0 peab jahutusenergia hinnaks olema 16.29 €+KM/MWh ja võimsustasu 0 €. Kaugjahutusele üleminekul arvestades vabanevate pindade üürile andmise tuluga, siis SEER väärtusel 3.0 peab jahutusenergia hind olema 26.5 €+KM/MWh. SEER väärtusel 2.0 kaugjahutusele üleminekul arvestades vabanevate pindade üürile andmise tuluga peab jahutusenergia hind olema 42.14 €+KM/MWh.

Teiseks tasuvusarvutuseks oli uue süsteemi väljaehitamise võrdlus kaugjahutuse ja kompressori külmajaama vahel. Tasub märkida, et olemasoleva süsteemi arvutusel oli arvesse võetud kompressori rikkumine ja vahetus üks kord viieteistkümne aasta jooksul. Selleks, et kaugjahutussüsteem tasuks end ära viieteistkümne aasta jooksul SEER väärtusel 3.0, peab jahutusenergia hind olema 55.73 €+KM/MWh ja võimsustasu

0 €. SEER väärtusel 2.0 peab jahutusenergia hind olema 85.98 €/KM/MWh. Kui arvestada pindalaga, mida ei hakka kasutama üürile andmiseks lokaalse jahutuse puhul SEER väärtusel 3.0, siis on jahutusenergia hinnaks 72.96 €/KM/MWh. Kõikide eelnevate tingimustega, kuid SEER väärtusel 2.0 peab jahutusenergia hind olema 111.83 €/KM/MWh.

Ettepanekuteks oli vabanevale katuse pinnale paigaldada 267 päikesepaneeli summaarse võimsusega 80 kW. Selle orienteeruv elektrienergia toodang aastas on 62 MWh.

Käesolevas töös tehtud tasuvusarvutuse põhjal saab edaspidi uurida ja teostada näiteks tagasivoolu temperatuuri tõstmise meetodeid ning teha Lõõtsa tänav 8a hoonele energiamärgise paranadamise. Samuti võib üheks edaspidiseks punktiks vaatluse alla võtta olemasoleva kaugjahutuse süsteemi läbi vaatamine ning uurida detailselt selle eelised ja puudused ning kui hoone on täielikult ümber läinud kaugjahutusele, siis teostada taas tasuvusarvutus, et võrrelda antud töös tehtuga ning otsida, kui palju tasuvusarvutus katub. Kuna serveri ruumidega veel konkreetset ülemineku plaani ei ole, siis joonestada serveri ruumidele kaugjahutuse erinevad põhimõttelisi skeeme. Tulevikus, kui hoone läheb üle kaugjahutusele võib uurida, kuidas muutub sisekliima kaugjahutussüsteemi kasutusel. Käesoleva töö teostamisel olemasolevate mõõdetud jahutusenergia tarbimise andmete hankimisel selgus, et soojusmõõturid ei toimunud korrektselt, millest lähtuvalt ennustati SEER tasuvusarvutustes. Seega olulist tähelepanu peab pöörama ka kaugjahutuse süsteemide puhul energiatarbimise mõõtmismeetodite ja seadmete täpsusele ning turul olevatele tipp tehnoloogia pakkumistele ehk uurida nende käitumist tulevikus.

SUMMARY

In the framework of the current thesis, the author researched the transition of a local cooling system to district cooling on the example of the Lõõtsa Street 8 building. It is a 10-storey building with a heated surface of 25 223 square meters, which was built in 2013. The building is located in Ülemiste City, where it is planned to build a district cooling network in the near future, which will become the property of Utilitas.

In the framework of the thesis, the advantages and disadvantages of the transition to the district cooling system were analysed and proven. One advantage would be the reduction of the necessity of the maintenance and fees, as parts of the cooling system in the existing system would be excluded. The excluded system parts would be dry coolers, condensers, refrigeration plants, and storage tanks. Another advantage concluded from the thesis is that the electricity consumed by the district cooling system would be reduced 11 times compared to the existing system. However, reducing electricity consumption entails the cost of consuming cooling energy from the district cooling network. This is caused by the loss of components of the largest cooling systems during the transition to district cooling. These components are compressors and dry coolers. When transitioning to district cooling, the internal building area that would become vacant is 122 m², which could bring in an average annual rental income of approximately € 20,496 + VAT, if considering the approximate average annual rental price per square meter in Ülemiste City (€ 14 + VAT).

In addition, it was researched how changing the temperature schedule of the cooling system could affect the ventilation cooling, fan coil and cooling beam systems. The analysis showed that raising the system in the cooling beam by 2° C reduces the power of the system by 21%.

The profitability calculation was performed in two different variants. The first variant was the transition from the existing system to district cooling, and the second variant was to compare the construction of a new system between the district cooling and a compressor refrigeration plant.

The transition from the existing system to district cooling at predictable SEER value of 3.0 and 2.0 will not pay off. For the system to pay off at the SEER value of 3.0 in fifteen years, the price of cooling energy must be € 9.27 + VAT / MWh and the capacity fee € 0. At SEER value of 2.0, the price of cooling energy must be 16.29 € + VAT / MWh and the capacity fee 0 €. If the income from renting the vacated area is considered when transitioning to the district cooling, then at SEER value of 3.0 the price of cooling energy must be 26.5 € + VAT / MWh. When transitioning to district cooling at SEER value of

2.0, considering the income from renting the vacant area, the price of cooling energy must be 42.14 € + VAT / MWh.

The second cost-benefit calculation was a comparison of the construction of a new system between the district cooling and the compressor refrigeration plant. It is worth noting, that the calculation of the existing system considered the failure and replacement of the compressor once in fifteen years. For the district cooling system to pay off within fifteen years at SEER value of 3.0, the price of cooling energy must be 55.73 € + VAT / MWh and the capacity fee 0 €, at SEER value 2.0 the price of cooling energy must be 85.98 € + VAT / MWh. If considering the area that would not be used for renting in case of local cooling at SEER value of 3.0, then the price of cooling energy is 72.96 € + VAT / MWh. With all the above conditions, but at the SEER value of 2.0, the price of cooling energy must be 111.83 € + VAT / MWh.

Within the thesis it is suggested to install 267 solar panels with a total power of 80 kW on the vacated roof surface. Their approximate annual electricity production would be 62 MWh.

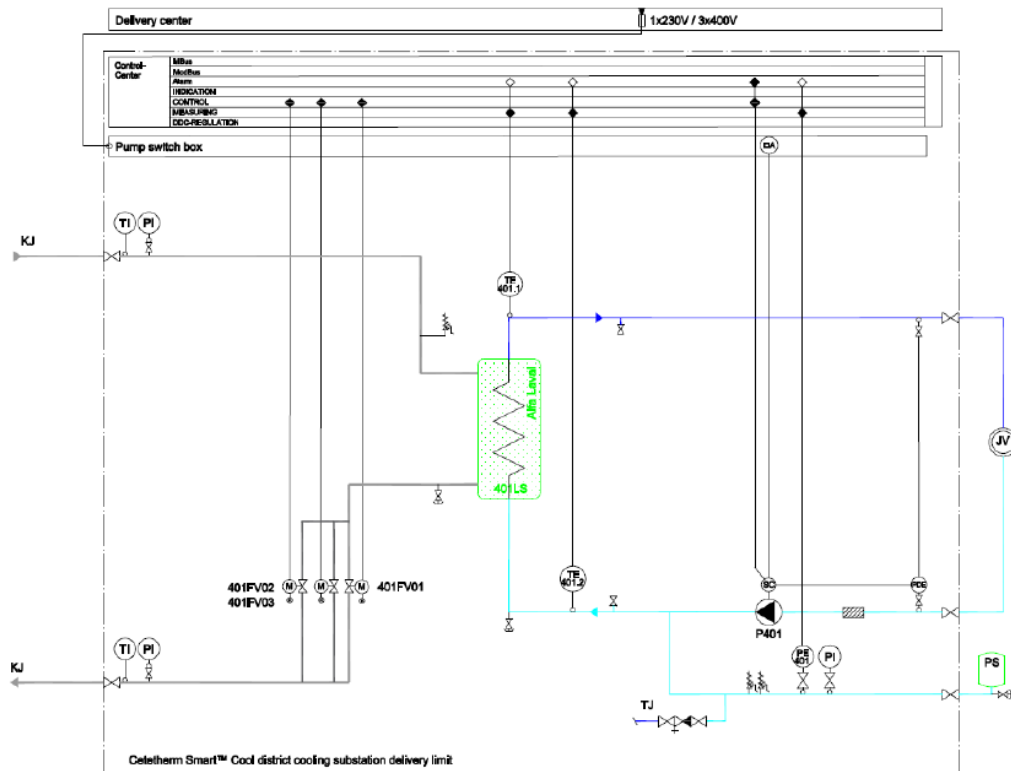
Based on the cost-benefit calculation made in the current thesis, it is possible to study further and implement methods for raising the return temperature, and to improve the energy label of the Lõõtsa Street 8a building. A review of the existing district cooling system could also be considered in the future and examining its advantages and disadvantages in detail, moreover, once the building has completely transitioned to district cooling, a cost-benefit calculation should be carried out again to compare and find the overlaps with the prior cost-benefit calculation. As there is no specific transition plan with the server rooms yet, the author of the thesis suggests drawing different basic plans of district cooling for the server rooms. In the future, when the building transitions to district cooling, it would be possible to study how the indoor climate will change with the use of district cooling systems. During the performing of the current thesis, when obtaining the available measured cooling energy consumption data, it became clear that the heat meters did not work correctly, based on which the forecast was used in the SEER cost-benefit calculations. Thus, in the case of district cooling systems, vast attention should also be paid to the accuracy of energy consumption measurement methods and equipment and to the high technology offers on the market, i.e., to study their behaviour in the future.

KASUTATUD KIRJANDUSE LOETELU

- [1] EUR-Lex, „DIRECTIVE 2010/31/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL,“ 19 05 2010. [Võrgumaterjal]. Available: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=CELEX:02010L0031-20210101&from=EN>. [Kasutatud 01 03 2021].
- [2] Ettevõtlus- ja infotehnoloogiainister, „Hoone energiatõhususe miinimumnõuded1,“ 11 12 2018. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/113122018014?leiaKehtiv>. [Kasutatud 01 03 2021].
- [3] Jenny Palm, Sara Gustafsson, „Cleaner Production,“ kd. 172, pp. 39-45, 2018.
- [4] A. C. Bertran, „Energy System and Economic Analysis of District cooling,“ 08 2013. [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:653274/FULLTEXT01.pdf>. [Kasutatud 02 03 2021].
- [5] R. Raag, „Kaugjahutuse temperatuuride tõstmise mõju,“ Tallinna Tehnikaülikool, Tallinn, 2020.
- [6] M. Z. Ali Alajmi, „nergy, cost, and environmental analysis of individuals and district cooling systems for a new residential city,“ kd. 54, nr 101976, 01 01 2020.
- [7] Строительный портал StrPort, „КЛИМАТ,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://strport.ru/klimat/chto-takoe-passivnye-konditsionery-printsip-raboty>. [Kasutatud 04 03 2021].
- [8] ООО "Ксирон-Холод", „Устройство чиллера и схема работы,“ [Võrgumaterjal]. Available: <http://www.xiron.ru/content/view/31544/28/>. [Kasutatud 03 03 2021].
- [9] E.Каарпola, A.Hirvelä, M.Jokela, J.Kianta , Kõlmatehnika alused, Tallinn: Eesti Kõlmaliit, 2014.
- [10] Dantex industries, „Фрикулинг,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://dantex.ru/articles/frikuling/> . [Kasutatud 04 03 2021].
- [11] МИР КЛИМАТА/ХОЛОДА, „Драйкулеры (сухие градирни) – что это такое, конструкция, сфера применения,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://mir-klimata.info/drajkulery-suhie-gradirni-chto-eto-takoe-konstrukciya-sfera-primeneniya/> . [Kasutatud 04 03 2021].
- [12] Прецизионный тип, „Прецизионный тип,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.airvek.ru/library/precision-air-conditioning>. [Kasutatud 04 03 2021].
- [13] Dantex industries, „Что такое фанкойл, принцип работы,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://dantex.ru/articles/chto-takoe-fankoyl/>. [Kasutatud 05 03 2021].
- [14] МИР КЛИМАТА/ХОЛОДА, „Охлаждающие балки: виды, устройство, преимущества и недостатки,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://mir-klimata.info/ohlazhdajushhie-balki-vidy-ustrojstvo-preimushhestva-i-nedostatki/>. [Kasutatud 05 03 2021].
- [15] J. Номuskij, „Краткое описание, расчет и область применения климатических балок - УКЦ,“ [Võrgumaterjal]. Available: https://hvac-school.ru/vestnik_ano/vestnik_ukc_68/kratkoe_opisanie_raschet_i_oblast_primeneniya_klimaticheskikh_balok. [Kasutatud 05 03 2021].
- [16] Utilitas AS , „Kaugjahutus,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.utilitas.ee/kaugjahutus/> . [Kasutatud 26 03 2021].
- [17] SEI Tallinn, „Eesti kliimaambitsiooni tõstmise võimaluste analüüs,“ SEI Tallinn, Tallinn, 2019.

- [18] M.Kuusk, A.Kukk, A.Rant, H.Dengo, A.Sarv, A.Iivanainen, A.Talving, A.Rikka, E.Laid, J.Veisseriik ja M.Raud, Soojussõlmed. Juhised ja eeskirjad., Tallinn: Eesti Jõujaamade ja Kaugkütte Ühing, 2019.
- [19] T. Tark, „Löötsa 8a kütte, ventilatsioon ja jahutus tööprojekt,“ Tallinn, Hevac OÜ, 2012.
- [20] Majandus- ja taristuminister, „Hoone energiatõhususe arvutamise meetodika1,“ [Võrgumaterjal]. Available: <https://www.riigiteataja.ee/akt/119012018007?leiaKehtiv>. [Kasutatud 28 03 2021].

LISAD



Lisa 1. Kaugjahutusalaajama struktuurskeem

		PRISTIS	
GARANTII / HOOLDUSTEENUSE AKT			
965840			
Objekt Löötsa 8A Tallinn (I,II,III torn)	Leping 13000604	Telefon 6101109, 6101120	
Firma AS Technopolis Ülemista	Aadress Löötsa 6 11415 Tallinn		
Väljakuise edastanud Telefonilt 1552			
	Tehnik saatus 04.01.2021	Valmis 12.01.2021	
Valvetechniku nimi Agur Mustalikkas - PRISTIS	Tööõendi nr 800		
Võitnud isiku telimus/ probleemi sisu Poolaasta hooldustegevused			
Telimuse/ probleemi lahendamise käik Teostatud poolaasta hooldus. 04.01.21 LBC soojasõlme hooldus. Jahutuse hooldus. 05.01 Jahutusmasinate hooldus Kõik jahutusmasinad kontrollitud lekkeotsijaga. A maja tehno ruumide jahutuste kontroll. Veesõlmede hooldus. Veefiltrid puhastatud. 06.01 B ja C majade büroode ja tehno ruumide jahutuste kontroll ja filtrite puhastus. C maja 8.korruse kilbiruumis parandasin jahutuse isolatsiooni. B maja 9, 8, 5, 3 ja 2. korrusel avastasin lekkivad FC liiniseade ventiilid. Tegin paikumised ventiilide vahetuseks. Ventilatsiooni hooldus. 11.01 Ventilatsiooni hooldus. SV 205 ventilatsioonil vaja vahetada mootorite laagrid. Tegin paikumise. 12.01 LBA soojasõlme hooldus.			
Teostatud tööd ja kasutatud materjalid (seadmed) Töö regulaarse hoolduse objektid - Pristis kogus: 4 Töö regulaarse hoolduse objektid - Pristis kogus: 5 Töö regulaarse hoolduse objektid - Pristis kogus: 6 Töö regulaarse hoolduse objektid - Pristis kogus: 2,5 Töö regulaarse hoolduse objektid - Pristis kogus: 3			
Väljakuissetas a. Lepinguine klient: hind vastavalt kehtivale hinnakirjale c. Lepinguta klient: hind vastavalt kehtivale hinnakirjale Nimetatud hindadele lisandub EV käibemaks.			
Kuulub tasumisele: Jah			
Tehtud tööd: Töö - süsteem töökorras			
Märkused			
			
Valvetechniku nimi ja allkiri		Telija nimi ja allkiri	

Lisa 2. 2021. aasta poolaastase hooldustegevuse väljavõte



VENTILATSIOONISEADME HOOLDUSTÖÖDE AKT

PRISTIS

Sündmus nr. 965840

Hooldustööde intervall:	Kuu <input type="checkbox"/>	Kvartal <input type="checkbox"/>	Poolaasta <input checked="" type="checkbox"/>	Aasta <input type="checkbox"/>
Objekt	<u>TLN 13000528, 13000604</u>		Address <u>Lõotsa 8A, Tallinn</u>	
Tööde algus	<u>04.01.2021</u>	Tööde lõpp	<u>12.01.2021</u>	Kuupäev

HOOLDATUD SEADMETE NIMEKIRI

SU 101, 102, 103, 104, 105, 201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, 301, 302, 303. JAH 101, 102, 201, 202, 111, 112

Filterid	Jahutuse sõlm
Filterite rõhuvahe manomeetrite kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Tsirkulatsioonipumpade kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
Filterite vahetus <input checked="" type="checkbox"/>	Manomeetrite ja temp.andurite kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
Filterisektsiooni puhastus <input checked="" type="checkbox"/>	Täiturmehhanismide ja lekete kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
	Kalorifeeri puhtuse kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
	Isolatsiooni korrasoleku kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
Ventilaator	
Laagrite kulumise kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Küttesõlm
Mootori ja ventilaatori sidesuse kontroll (s.h rihmade pingutamine ja joondatuse kontroll) <input checked="" type="checkbox"/>	Tsirkulatsioonipumpade kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
	Manomeetrite ja temp.andurite kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
	Ventiilide, ajamite ja lekete kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
Soojusvaheti	Kalorifeeri puhtuse kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
Roor: pöörlemise ja laagrite kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Isolatsiooni korrasoleku kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
Roor: reduktori, rihma ja tihendite kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	
Roor: sisend ja väljundpindade kontroll, puhastus <input checked="" type="checkbox"/>	Elekter ja automaatika
Plaat: klappide vabaliikumise kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Sagedusmuunduri/kiiruste kontroll ja puhastus <input checked="" type="checkbox"/>
Plaat: klapiajami/te kontroll, puhastus <input checked="" type="checkbox"/>	Mootori elektriühenduste pingutamine <input checked="" type="checkbox"/>
Plaat: sisend ja väljundpindade kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Seadme piires kaablite korrasoleku kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
Glükool: lekete kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Külmakaitse test <input checked="" type="checkbox"/>
Glükool: kalorifeeri kontroll, puhastus <input checked="" type="checkbox"/>	
Glükool: pumba ja ventiliajami kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Tuletõkkeklapid
Glükool: mudafiltri kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Tuletõkkeklappide kontroll ja hooldus <input checked="" type="checkbox"/>
Sulgklapid	
Klapijamite sulgemise/avamise kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	
Klappide õhutiheduse kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	
Klappide puhastus <input checked="" type="checkbox"/>	

MÄRKUSED:

Jahutused kontrollitud lihtsõlmiga, kontrollitud ja puhastatud FC.B ruumi avastatud lekkivad liimised ventiilid korraldusel 9,8,5,3 p.2. Ventiilid vahetatud. Veid 50205 vga vahetada mootorite laagrit. Laagrid vahetatud.

Kinnitan, et seadmed on hooldatud vastavalt hoolduskavale	Võltatud isiku nimi ja allkiri
<u>A. Mustallin</u>	<u>Mustallin</u>

Tallinn
Lõõtsa 12, 11415
Tel: 684 1111, 1552
Faks: 684 1121
E-post: pristas@pristis.ee

Tartu
Ringtee 75, 50501
Tel: 684 1552, 1552
E-post: pristas@pristis.ee

Jõhvi
Keskväljak 4, 41531
Tel: 684 1552, 1552
E-post: pristas@pristis.ee

Pärnu
Tel: 684 1552, 1552
E-post: pristas@pristis.ee

Lisa 3. 2021. aasta pooleaastase hooldustegevuse väljavõte

**PRISTIS****GARANTII / HOOLDUSTEENUSE AKT
947471**

Objekt Löötsa 8A Tallinn (I,II,III torn)	Leping 13000604	Telefon 6101109, 6101120
Firma AS Technopolis Ülemiste	Address Löötsa 6 11415 Tallinn	
Väljakutse edastanud Telefonilt 1552		
	Tehnik saabus 01.10.2020	Valmis 09.10.2020
Valvetechniku nimi Agur Mustalikas - PRISTIS	Tööloendi nr 800	
Võitunud isiku tellimus/ probleemi sisu Kvartaalsed hooldustegevused		
Tellimuse/ probleemi lahendamise käik Teostatud kvartaalne hooldus. 01.10.20 L8C soojasõlme hooldus. Katlad ja põletid seest puhastatud. 02.10 L8A Soojasõlme hooldus. Kolm katelt seest puhastatud 05.10 L8A katel seest puhastatud. Jahutuse hooldus. Jahutusmasinad kontrollitud lekkeotsijaga. 07.10 Tehnosüsteemid katusel. JAH202 drycooleril ei tööta üks ventilaator. 08.10 Jahutuse hooldus. JAH101 lekipump P3 voolitihendi vahelt glükool. Ventmasinate hooldus. 09.10 ventmasinate hooldus. Veesõmed.		
Teostatud tööd ja kasutatud materjalid (seadmed) Töö regulaarse hoolduse objektid - Pristis kogus: 4 Töö regulaarse hoolduse objektid - Pristis kogus: 5.5 Töö regulaarse hoolduse objektid - Pristis kogus: 2.5 Töö regulaarse hoolduse objektid - Pristis kogus: 1 Töö regulaarse hoolduse objektid - Pristis kogus: 4 Töö regulaarse hoolduse objektid - Pristis kogus: 3.5		
Väljakutsetasu a Lepinguline klient: hind vastavalt kehtivale hinnakirjale c Lepinguta klient: hind vastavalt kehtivale hinnakirjale		Kuulub tasumisele: Jah
Nimetatud hindadele lisandub EV käibemaks		
Tehtud tööd: Töö - süsteem töökorras		
Märkused		

Lisa 4. 2020. aasta kvartaalse hooldustegevuse väljavõte



VENTILATSIOONISEADME HOOLDUSTÖÖDE AKT

PRISTIS

Sündmus nr. 947471

Hooldustööde intervall:	Kuu <input type="checkbox"/>	Kvartal <input checked="" type="checkbox"/>	Poolaasta <input type="checkbox"/>	Aasta <input type="checkbox"/>
Objekt	Address			
TLN 13000528, 13000604		Lootsa 8A, Tallinn		
Tööde algus	Tööde lõpp	Kuupäev		
01.10.20	09.10.20			

HOOLDATUD SEADMETE NIMEKIRI

SU101, 102, 103, 104, 105, SU201, 202, 203, 204, 205, 206, 207, SU301, 302, 303.
JAH 101, 102, JAH 201, 202, JAH 111, 112.

Filterid	Jahutuse sõlm
Filterite rõhuvahe manomeetrite kontroll	<input checked="" type="checkbox"/> Tsirkulatsioonipumpade kontroll
Filterite vahetus	<input checked="" type="checkbox"/> Manomeetrite ja temp.andurite kontroll
Filterisektsiooni puhastus	<input checked="" type="checkbox"/> Täiturmeahhanismide ja lekete kontroll
	Kalorifeeri puhtuse kontroll
	Isolatsiooni korrasoleku kontroll
entilaator	
Laagrite kulumise kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Mootori ja ventilaatori sidesuse kontroll (s.h rihmade pingutamine ja joondatuse kontroll)	<input checked="" type="checkbox"/>
Soojusvaheti	Küttesõlm
Rootor: pöörlemise ja laagrite kontroll	<input checked="" type="checkbox"/> Tsirkulatsioonipumpade kontroll
Rootor: reduktori, rihma ja tihendite kontroll	<input checked="" type="checkbox"/> Manomeetrite ja temp.andurite kontroll
Rootor: sisend ja väljundpindade kontroll, puhastus	<input checked="" type="checkbox"/> Ventilide, ajamite ja lekete kontroll
Plaat: klappide vabaliikumise kontroll	<input checked="" type="checkbox"/> Kalorifeeri puhtuse kontroll
Plaat: klappide/te kontroll, puhastus	<input checked="" type="checkbox"/> Isolatsiooni korrasoleku kontroll
Plaat: sisend ja väljundpindade kontroll	
Glükool: lekete kontroll	<input checked="" type="checkbox"/> Elekter ja automaatika
Glükool: kalorifeeri kontroll, puhastus	<input checked="" type="checkbox"/> Sagedusmuunduri/kiiruste kontroll ja puhastus
Glükool: pumba ja ventiiliajami kontroll	<input checked="" type="checkbox"/> Mootori elektriühenduste pingutamine
Glükool: mudafiltri kontroll	<input checked="" type="checkbox"/> Seadme piires kaablite korrasoleku kontroll
	<input checked="" type="checkbox"/> Külmakaitse test
	Tuletõkkeklapid
	<input checked="" type="checkbox"/> Tuletõkkeklappide kontroll ja hooldus
Sulgklapid	
Klappide sulgemise/avamise kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Klappide õhutiheduse kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Klappide puhastus	<input checked="" type="checkbox"/>

MÄRKUSED:

JAH 202 ducapoolt ei ole ühes vahelkettas. JAH 101 lehib pump P3 vooli fikseerida vahelt glükool.

Kinnitan, et seadmed on hooldatud vastavalt hoolduskavale	Võetatud isiku nimi ja allkiri
A. Mustallik	Mustallik

Tallinn
Lootsa 12, 11415
Tel: 684 1111, 1552
Faks: 684 1121
E-post: pristis@pristis.ee

Tartu
Ringtee 75, 50501
Tel: 684 1552, 1552
E-post: pristis@pristis.ee

Jõhvi
Keskväljak 4, 41531
Tel: 684 1552, 1552
E-post: pristis@pristis.ee

Pärnu
Tel: 684 1552, 1552
E-post: pristis@pristis.ee

Lisa 5. 2020. aasta kvartalse hooldustegevuse väljavõte

**PRISTIS****GARANTII / HOOLDUSTEENUSE AKT
936981**

Objekt Löötsa 8A Tallinn (I,II,III torn)	Leping 13000604	Telefon 6101109, 6101120
Firma AS Technopolis Ülemiste	Address Löötsa 6 11415 Tallinn	
Väljakutse edastanud Telefonilt 1552		
	Tehnik saabus 20.07.2020	Valmis 31.07.2020
Valvetehnika nimi Agur Mustalilikas - PRISTIS	Töölendi nr 800	
Volitatud isiku tellimus/ probleemi sisu Iga-aastane hooldustegevus		
Tellimuse/ probleemi lahendamise käik Teostatud aastane hooldus. 20.07 katusel drycoolerite pesu 21.07 Katusel drycoolerite pesu. 22.07 katusel drycoolerite pesu. 23.07 Katusel drycoolerite pesu. 29.07 C korpuse sooja tarbevee süsteemide hooldus, mudafiltrid puhastatud. 30.07 Ventmasinate hooldus. SV104, SV105, SV205, SV206 ventilaatorite mootorite laagrid teevad häält. 31.07 Ventilatsiooni hooldus. Kõigil ventmasinate kalibreeritud rõhuandurid (90tk) Jahutusmasinate hooldus. Jahutused kontrollitud lekkeotsijaga. JAH 101 on kompressoril C1K1 karterisoojendus katki. Katusel puhastasin drycoolerite elektrikilpide filtrid (16tk). Soojasõlmede hooldused. L8A soojasõlmes on pumpade P1/0 ja P2/0 mootorite laagrid on kulunud ja vajavad vahetamist. Sooja tarbevee mudafiltrid puhastatud. 3.korruse kilbiruumis vahetatud jahutuse ajam. Teostatud tööd ja kasutatud materjalid (seadmed) Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 4 Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 3 Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 7 Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 7 Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 1 Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 5 Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 7		
Väljakutsetasu a Lepinguline klient: hind vastavalt kehtivale hinnakirjale c Lepinguta klient: hind vastavalt kehtivale hinnakirjale		Kuulub tasumisele: Jah
Nimetatud hindadele lisandub EV käibemaks		
Tehtud tööd: Töö - süsteem töökorras		
Märkused 		

Lisa 6. 2020. aasta iga-aastane hooldustegevuse väljavõte



VENTILATSIOONISEADME HOOLDUSTÖÖDE AKT

PRISTIS

Sündmus nr. 936981

Hooldustööde intervall:	Kuu <input type="checkbox"/>	Kvartal <input type="checkbox"/>	Poolaasta <input type="checkbox"/>	Aasta <input checked="" type="checkbox"/>
Objekt	TLN 13000528, 13000604		Address Lõõtsa 8A, Tallinn	
Tööde algus	20.07.20	Tööde lõpp	31.07.20	Kuupäev

HOOLDATUD SEADMETE NIMEKIRI
SV 101, 102, 103, SV 201, 202, 203, SV 301, 302, 303, SV 104, 105, SV 204, 205, 206, 207
JAH 101, 102, JAH 201, 202, JAH 111, 112

Filtrid	Jahutuse sõlm		
Filtrite rõhuvahe manomeetrite kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>	Tsirkulatsioonipumpade kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Filtrite vahetus	<input type="checkbox"/>	Manomeetrite ja temp.andurite kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Filtrisektsiooni puhastus	<input checked="" type="checkbox"/>	Täiturmehhanismide ja lekete kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
		Kalorifeeri puhtuse kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
		Isolatsiooni korrasoleku kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Ventilaator			
Laagrite kulumise kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>		
Mootori ja ventilaatori sidesuse kontroll (s.h rihmade pingutamine ja joondatuse kontroll)	<input checked="" type="checkbox"/>	Küttesõlm	
		Tsirkulatsioonipumpade kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
		Manomeetrite ja temp.andurite kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
		Ventillide, ajamite ja lekete kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Soojusvaheti		Kalorifeeri puhtuse kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Roor: pöörmise ja laagrite kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>	Isolatsiooni korrasoleku kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Roor: reduktori, rihma ja tihendite kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>		
Roor: sisend ja väljundpindade kontroll, puhastus	<input checked="" type="checkbox"/>	Elekter ja automaatika	
Plaat: klappide vabaliikumise kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>	Sagedusmuunduri/kiiruste kontroll ja puhastus	<input checked="" type="checkbox"/>
Plaat: klapiajami/te kontroll, puhastus	<input checked="" type="checkbox"/>	Mootori elektriühenduste pingutamine	<input checked="" type="checkbox"/>
Plaat: sisend ja väljundpindade kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>	Seadme piires kaablite korrasoleku kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Glükool: lekete kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>	Külmakaitse test	<input type="checkbox"/>
Glükool: kalorifeeri kontroll, puhastus	<input checked="" type="checkbox"/>		
Glükool: pumba ja ventiilajami kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>	Tuletõkkeklapid	
Glükool: mudafiltri kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>	Tuletõkkeklappide kontroll ja hooldus	<input type="checkbox"/>
Sulgklapid			
Klapiajamite sulgemise/avamise kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>		
Klappide õhutiheduse kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>		
Klappide puhastus	<input checked="" type="checkbox"/>		

MÄRKUSED:
Katuseel peetakse survepuhastiga kõik duycoolerd, veejalajad kiptuolliidid lekkedmisse. Veit SV 104, 105, 205, 206 ventilatsioonide mootoritel teevad laagrid kaitst. JAH 101 on kompressoril C1K1 karterisõltumise katki.

Lisa 7. 2020. aasta iga-aastane hooldustegevuse väljavõte

**PRISTIS****GARANTII / HOOLDUSTEENUSE AKT
927425**

Objekt Lõõtsa 8A Tallinn (I,II,III torn)	Leping 13000604	Telefon 6101109, 6101120
Firma AS Technopolis Ulemiste	Address Lõõtsa 6 11415 Tallinn	
Vajakute edastanud Telefonilt 1552		
	Tehnik saabus 02.04.2020	Valmis 09.04.2020
Valvetechniku nimi Aaur Mustalilikas - PRISTIS	Tööloendi nr 800	
Voitlud isiku teinud/ probleemi sisu Kvartaalsed hooldustegevused		
Teinud/ probleemi lahendamise käik Teostatud kvartaalne hooldus. 2.04 JAH201 ja JAH202 hooldus. Mõlemad kontrollitud lekkeotsijaga. JAH201 leidsin ühe nioli vahelt lekke, korda tehtud. Puhastasin L8A. A sissepääsu kaks fancoili ja kaks õhkkardinat. Puhastamiseks tein tolmuimejale spetsiaalse harja. Katusel tehnosüsteemide hooldus. Ohutasin drycoolerid. Avastasin, et JAH112 drycooler ei tööta, kuna puudub elekter. Tegin selle korda tegemiseks sündmuse. 3.04 L8B, EMTA 1.korrusel puhastatud fancoolid ja neli õhkkardinat. 06.04 L8C vent SV301, 302, 303, 204, 205, 206, 207 hooldus. SV205 teevad ventilaatorite mootoritel laagrid häält. Veesõlmede hooldus. veefiltrid puhastatud. 07.04 L8B SV201, 202, 203 ja L8A SV101, 102, 103, 104, 105 hooldus. SV104 ja SV105 teevad ventilaatorite mootorite laagrid häält. 08.04 L8A JAH101, JAH102 hooldus. Kontrollitud lekkeotsijaga, lekkeid ei ole. 09.04 L8A ja L8C soojasõlmede hooldus, puhastatud sooja tarbevee süsteemides 6 mudafiltrit. L8A soojasõlmes on tsirk.pumbal P1/0 kuullaagri kulumise info. L8C. JAH111 ja 112 hooldus. Kontrollitud lekkeotsijaga, lekkeid ei ole. Teostatud tööd ja kasutatud materjalid (seadmed) Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 5 Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 4 Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 4 Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 3.5 Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 1 Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 3		
Väljakutsetasu a. Lepinguline klient: hind vastavalt kehtivale hinnakirjale c. Lepinguta klient: hind vastavalt kehtivale hinnakirjale Nimetatud hindadele lisandub EV käibemaks		Kuulub tasumisele: Jah
Tehtud tööd: Töö - süsteem töökorras		
Märkused 		

Lisa 8. 2020. aasta kvartaalse hooldustegevuse väljavõte



VENTILATSIOONISEADME HOOLDUSTÖÖDE AKT

PRISTIS

Sündmus nr. 927425

Hooldustööde intervall:	Kuu <input type="checkbox"/>	Kvartal <input checked="" type="checkbox"/>	Poolaasta <input type="checkbox"/>	Aasta <input type="checkbox"/>
Objekt	Address			
<u>TLN 13000528, 13000604</u>	<u>Lõuna 8A Tallinn</u>			
Tööde algus	Tööde lõpp	Kuupäev		
<u>02.04.2020</u>	<u>09.04.2020</u>			

HOOLDATUD SEADMETE NIMEKIRI

Vahetun - SV101, SV102, SV103, SV104, SV105, SV201, SV202, SV203, SV204, SV205, SV206, SV207, SV301, SV302, SV303 - JAH101, JAH102, JAH201, JAH202, JAH111, JAH112

Filterid	Jahutuse sõlm		
Filterite rõhuvahe manomeetrite kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>	Tsirkulatsioonipumpade kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Filterite vahetus	<input type="checkbox"/>	Manomeetrite ja temp.andurite kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Filteriseksiooni puhastus	<input type="checkbox"/>	Täiturmeahhanismide ja lekete kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Ventilaator		Kalorifeeri puhtuse kontroll	<input type="checkbox"/>
Laagrite kulumise kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>	Isolatsiooni korrasoleku kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Mootori ja ventilaatori sidesuse kontroll (s.h rühmade pingutamine ja joondatuse kontroll)	<input checked="" type="checkbox"/>	Küttesõlm	
Soojusvaheti		Tsirkulatsioonipumpade kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Rootor: pöörlemise ja laagrite kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>	Manomeetrite ja temp.andurite kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Rootor: reduktori, rihma ja tihendite kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>	Ventiilide, ajamite ja lekete kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>
Rootor: sisend ja väljundpindade kontroll, puhastus	<input checked="" type="checkbox"/>	Kalorifeeri puhtuse kontroll	<input type="checkbox"/>
Plaat: klappide vabaliikumise kontroll	<input type="checkbox"/>	Isolatsiooni korrasoleku kontroll	<input type="checkbox"/>
Plaat: klapiajami/te kontroll, puhastus	<input type="checkbox"/>	Elekter ja automaatika	
Plaat: sisend ja väljundpindade kontroll	<input type="checkbox"/>	Sagedusmuunduri/kiiruste kontroll ja puhastus	<input type="checkbox"/>
Glükool: lekete kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>	Mootori elektriühenduste pingutamine	<input type="checkbox"/>
Glükool: kalorifeeri kontroll, puhastus	<input checked="" type="checkbox"/>	Seadme piires kaablite korrasoleku kontroll	<input type="checkbox"/>
Glükool: pumba ja ventiilajami kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>	Külmakaitse test	<input type="checkbox"/>
Glükool: mudafiltri kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>	Tuletõkkeklapid	
Sulgklapid		Tuletõkkeklappide kontroll ja hooldus	<input type="checkbox"/>
Klapijamite sulgemise/avamise kontroll	<input checked="" type="checkbox"/>		
Klappide õhutiheduse kontroll	<input type="checkbox"/>		
Klappide puhastus	<input checked="" type="checkbox"/>		

MÄRKUSED:

Vahetuninadel SV205, SV104, SV105 teevad vahetuninade uudestel klapid vahet.
JAH201, 202, JAH101, 102, JAH111, 112 kontrollitud leketeotsijaga. JAH201 leidsin lekete nipli
vahelt, tegin korda. Katusel õhutihted dehvandist. L8B, EMTA, 1. korrald puhastatud gaasideld.
Puhastatud L8A, L8B, L8C õhukandimad

Lisa 9. 2020. aasta kvartalse hooldustegevuse väljavõte



GARANTII / HOOLDUSTEENUSE AKT 915312

Objekt Lõotsa 8A Tallinn (I,II,III torn)	Leping 13000604	Telefon 6101109, 6101120
Firma AS Technopolis Ülemiste	Aadress Lõotsa 6 11415 Tallinn	
Väljakutse edastanud Telefonilt 1552		
	Tehnik saabus 21.02.2020	Valmis 28.02.2020
Valvetechnika nimi Agur Mustalilikas - PRISTIS	Töötõendi nr 800	
Võetatud isiku tellimus/ probleemi sisu		
Poolaasta hooldustegevused		
Tellimuse/ probleemi lahendamise käik		
<p>Teostatud poolaasta hooldus. 21.02.20 Katusel tehnosüsteemide hooldus „Jah112 drycooleri kummikompensaatoritel pindmised praod, info edastatud, ootan pakkumist, BMS alarmide seadistamine. Jahutusmasinate hooldus. JAH202 lisatud vett, kuna süsteemist on läbi katkiste jahutuspaikide torude vett lekkinud. Veesõlmede hooldus. Soojasõlmede hooldus. 26.02 A,B,C korpuse korruste kilbiruumide kontroll ja FC filtrite puhastus. Ventmasinate hooldus. Ventmasinate pingutatud rootorsoojusvahetite rihmad. 28.02 L8A soojasõlme hooldus. Radiaatorsüsteemis tõstetud rõhku. Pump P1/0on häire, kuna mootori laagrid vajavad vahetust. Kalorifeerkütte toru puhastatud soojusvaheti juures rooste ja värvilud.</p>		
Teostatud tööd ja kasutatud materjalid (seadmed)		
Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 7		
Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 6		
Töö regulaarse hoolduse objektil - Pristis kogus: 1		
Väljakutsetasu		
a Lepinguline klient: hind vastavalt kehtivale hinnakirjale		Kuulub tasumisele: Jah
c Lepinguta klient: hind vastavalt kehtivale hinnakirjale		
Nimetatud hindadele lisandub EV käibemaks		
Tehtud tööd:		
Töö - süsteem töökorras		
Märkused		

Lisa 10. 2020. aasta poolaastase hooldustegevuse väljavõte



VENTILATSIOONISEADME HOOLDUSTÖÖDE AKT

PRISTIS

Sündmus nr. 915312

Hooldustööde intervall:	Kuu <input type="checkbox"/>	Kvartal <input type="checkbox"/>	Poolaasta <input checked="" type="checkbox"/>	Aasta <input type="checkbox"/>
Objekt	Address			
<u>TLN 13000528, 13000604</u>		<u>Loostea 8A, Tallinn</u>		
Tööde algus	Tööde lõpp	Kuupäev		
<u>21.02.20</u>	<u>28.02.20</u>			

HOOLDATUD SEADMETE NIMEKIRI

A, B, C korpuse vent' ja jahutusmuundjad

Filtrid	Jahutuse sõlm
Filtrite rõhuvahe manomeetrite kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Tsirkulatsioonipumpade kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
Filtrite vahetus <input type="checkbox"/>	Manomeetrite ja temp.andurite kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
Filtrisektsiooni puhastus <input type="checkbox"/>	Täiturmehhanismide ja lekete kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
	Kalorifeeri puhtuse kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
	Isolatsiooni korrasoleku kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
Ventilaator	
Laagrite kulumise kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	
Mootori ja ventilaatori sidesuse kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Küttesõlm
(s.h rihmade pingutamine ja joondatuse kontroll)	Tsirkulatsioonipumpade kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
	Manomeetrite ja temp.andurite kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
	Ventilide, ajamite ja lekete kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
	Kalorifeeri puhtuse kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
	Isolatsiooni korrasoleku kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
Soojusvaheti	
Rootor: pöörlemise ja laagrite kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Elekter ja automaatika
Rootor: reduktori, rihma ja tihendite kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Sagedusmuunduri/kiiruste kontroll ja puhastus <input checked="" type="checkbox"/>
Rootor: sisend ja väljundpindade kontroll, puhastus <input checked="" type="checkbox"/>	Mootori elektriühenduste pingutamine <input checked="" type="checkbox"/>
Plaat: klappide vabaliikumise kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Seadme piires kaablite korrasoleku kontroll <input checked="" type="checkbox"/>
Plaat: klapiajami/te kontroll, puhastus <input checked="" type="checkbox"/>	Külmakaitse test <input checked="" type="checkbox"/>
Plaat: sisend ja väljundpindade kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Tuletõkkeklapid
Glükool: lekete kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	Tuletõkkeklappide kontroll ja hooldus <input type="checkbox"/>
Glükool: kalorifeeri kontroll, puhastus <input checked="" type="checkbox"/>	
Glükool: pumba ja ventiiliajami kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	
Glükool: mudafiltri kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	
Sulgklapid	
Klapiajamite sulgemise/avamise kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	
Klappide õhutiheduse kontroll <input checked="" type="checkbox"/>	
Klappide puhastus <input checked="" type="checkbox"/>	

MÄRKUSED:

Ventilaatoritel pingutatud mootorijõu vahetite rihmad JAH 202 lõpetud sel juhul enneaegset korrasolekut on olemit leidnud. JAH 112 on täiendavalt kuumuskomponentidel pingutatud pöörd. A, B, C korpuse telu- ja jahutusmuundajate kontrollitud rihmadeid ja pühastatud FC-klappe.

Lisa 11. 2020. aasta pooleaastase hooldustegevuse väljavõte